

musées et monuments · XI

la préservation
des biens
culturels

unesco

Dans cette collection :

- I *Sites et monuments : problèmes actuels*
2^e éd., 1953, 100 pages, 115 illustrations, plans, index. (Bilingue : anglais-français.) Épuisé.
- II *Le traitement des peintures*
2^e éd., 1952, 164 pages, 87 illustrations, diagrammes, index. (Bilingue : anglais-français.) Épuisé.
- III *Cuzco. La reconstruction de la ville et la restauration de ses monuments*
1952, 47 pages, 59 illustrations et plans. (Publié également en anglais et en espagnol.) Épuisé.
- IV *Sainte-Sophie d'Ochrida. La conservation et la restauration de l'édifice et de ses fresques*
1953, 28 pages, 37 illustrations et plans. (Publié également en anglais.) Épuisé.
- V *Manuel des expositions itinérantes*
1953, 111 pages, 18 croquis, 70 illustrations. (Publié également en anglais.) Épuisé. [Voir vol. X ci-dessous.]
- VI *Liban. Aménagement de la ville de Tripoli et du site de Baalbek*
1954, 32 pages, 3 plans, 8 croquis, 44 illustrations. (Publié également en anglais.) Épuisé.
- VII *Syrie. Problèmes de conservation et de mise en valeur des sites et monuments*
1954, 35 pages, 61 illustrations, 3 plans. (Publié également en anglais et en arabe.) Épuisé.
- VIII *Les techniques de protection des biens culturels en cas de conflit armé*
1954, 222 pages, 112 figures, 117 illustrations. (Publié également en anglais.) Épuisé en français.
- IX *L'organisation des musées. Conseils pratiques*
1959, 202 pages, 18 figures, 8 tableaux, 91 illustrations. (Publié également en anglais.)
- X *Les expositions temporaires et itinérantes*
1965, 135 pages, 23 figures, 88 illustrations. (Publié également en anglais.)
- XI *La préservation des biens culturels, notamment en milieu tropical*
Ouvrage rédigé en coopération avec le Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, Rome (Italie).
1968, 61 figures, 42 illustrations. (Publié également en anglais et en espagnol.)

la préservation des biens culturels,

notamment en milieu tropical

Ouvrage rédigé en coopération
avec le Centre international d'études
pour la conservation et la restauration
des biens culturels,
Rome (Italie)

unesco



Publié en 1969
par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation,
la science et la culture, place de Fontenoy,
75 Paris-7^e
Presses Centrales Lausanne S.A. (Suisse)

© Unesco 1969
Imprimé en Suisse
SHC.68/X.11/F

Avant-propos

En publiant les volumes IX et X de sa collection « Musées et monuments », intitulés respectivement *L'organisation des musées. Conseils pratiques* et *Les expositions temporaires et itinérantes*, l'Unesco a voulu répondre aux besoins muséographiques des pays qui connaissent à l'heure actuelle un développement rapide.

Nombreux sont les pays qui sont devenus depuis dix ans des États indépendants et ce ne sont pas les seuls où l'évolution politique et sociale se soit accélérée. Aussi comprend-on le souci général de préserver les principaux éléments des traditions culturelles nationales et la tendance à confier aux musées et aux services qui s'occupent de la préservation des biens culturels des responsabilités croissantes qui mettent à rude épreuve le personnel et les ressources dont ils disposent. Il faut inscrire au crédit des gouvernements en cause qu'ils se sont souvent montrés disposés à augmenter les budgets et à renforcer le personnel de ces institutions, en dépit des multiples exigences prioritaires du développement et notamment de projets d'une plus grande portée économique.

La désignation générique de « biens culturels » embrasse des éléments de nature extrêmement diverse. Il est arrivé dans le passé, et il arrive malheureusement encore aujourd'hui, que les efforts déployés pour préserver et restaurer les biens culturels aboutissent à des catastrophes. Dans d'autres cas, les résultats, sans être absolument décevants, auraient pu être meilleurs si l'on

avait eu recours à des techniques et à des matériaux modernes. Constamment, et de plus en plus, on éprouve le besoin de conseils sur les soins qu'appellent les biens culturels confiés à la garde d'institutions ou de services publics.

Il existe déjà sur la question un certain nombre d'ouvrages techniques parmi lesquels il convient de citer en particulier l'important ouvrage de Plenderleith sur *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Diverses revues spécialisées ont également publié nombre d'articles sur les problèmes de cet ordre, mais leurs auteurs supposent naturellement que leurs lecteurs possèdent déjà de sérieuses connaissances en matière de conservation.

L'application de méthodes simples et répandues permet cependant de sauvegarder la plupart des objets qui réclament des soins, et c'est cette constatation qui a incité à rédiger le présent manuel. S'il répond en quelque mesure au dessein qui l'a inspiré, le mérite en reviendra à M. Harold J. Plenderleith, directeur du Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, dit « Centre de Rome ». C'est lui qui a choisi la plupart des collaborateurs, tous éminents spécialistes, et qui a minutieusement examiné leurs manuscrits. L'Unesco lui en est reconnaissante, ainsi qu'aux collègues qui l'ont aidé à mettre au point les textes reproduits ci-après. Le regretté Paul Coremans, du célèbre Institut royal du patrimoine artistique (Bruxelles) a également

contribué à fixer les grandes lignes de ce manuel, et les éléments qu'il y a apportés comptent parmi les dernières pages qu'il ait écrites avant sa mort prématurée. Il avait souvent travaillé pour l'Unesco à titre d'expert ou de consultant et sa disparition a été vivement ressentie.

L'objet essentiel du présent manuel est de répondre aux besoins des institutions des régions tropicales. Peut-être rendra-t-il service également aux spécialistes qui travaillent dans des pays où l'on s'occupe activement et depuis longtemps de la préservation des biens culturels, et qui disposent pour cela de laboratoires.

L'Unesco a contracté enfin une dette de reconnaissance envers le Centre de Rome qui a bien voulu l'autoriser à reproduire, en annexe à ce manuel, la brochure numéro V de sa collection *Works and publications*, qui traite des « Matières synthétiques employées pour la conservation des biens culturels ». Les spécialistes de la conservation savent par expérience combien il est souvent difficile de se procurer sur place certaines matières synthétiques qui, bien que d'apparition

récente, ont déjà fait leurs preuves. Cette difficulté se trouve encore accrue du fait que les produits de composition analogue se vendent selon les pays sous des noms différents. Il faut encore ajouter que, dans nombre de pays tropicaux, la réglementation des changes rend impossible l'importation de certains produits tandis que d'autres produits disponibles sur place risquent d'être négligés par manque d'informations sur leurs utilisations possibles et leurs propriétés spécifiques. La brochure du Centre de Rome, qui énumère les qualités de la plupart des produits synthétiques et donne la liste des principaux fabricants, dans les diverses parties du monde, constitue donc un complément des plus utiles au présent ouvrage. Il convient de mentionner que le Conseil international des musées (Icom) a accordé une subvention au centre pour l'aider à publier cette brochure sous sa forme initiale et que, parmi les personnes qui ont participé à la rédaction du présent manuel, figurent divers membres du Comité de l'Icom pour les laboratoires de musée.

Table des matières

| | | |
|--|----|---|
| <i>Liste des illustrations</i> | 12 | |
| <i>Collaborateurs</i> | 15 | |
| 1 L'intérêt des biens culturels par Hiroshi DAIFUKU | 19 | Définition, 19. Valeur attachée aux biens culturels, 19. Le problème du choix, 21. Législation, 21. Personnel, 22. La conservation et le public, 23. Programmes bilatéraux et internationaux, 24. Conservation et restauration, 25. Constitution des dossiers, 26. Résumé, 26. Bibliographie, 27. |
| 2 Climat et microclimat par Paul COREMANS | 29 | Climat : définition, types et répartition, 29. Répartition historique des premières civilisations, 32. Climat, végétation, sol et occupation humaine, 32. Le climat et la détérioration des biens culturels, 33. Du climat au microclimat : sites anciens et musées, 38. Résumé et conclusions, 41. <i>Annexe</i> : Causes de dégradation des objets de musée, 43. Bibliographie, 43. |
| 3 Comment lutter contre les moisissures qui se développent sur les biens culturels en climat tropical par Roger HEIM, Françoise FLIEDER et Jacqueline NICOT | 45 | Introduction, 45. Mesures préventives, 45. Mesures curatives, 47. Conclusion, 48. <i>Annexe 1</i> : Classement par genres des principales moisissures attaquant les matériaux en climat tropical, 49. <i>Annexe 2</i> : Note sur d'autres organismes végétaux destructeurs, 54. Bibliographie, 55. |
| 4 L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre par J. J. H. SZENT-IVANY | 57 | Considérations générales, 57. <i>Identification et moyens de lutte</i> , 58. Thysanoures (« queues à crin »), 58. Orthoptères (grillons, sauterelles et insectes apparentés), 59. Dictyoptères (blattes et mantidés), 60. Isoptères (termites), 65. Psocoptères (poux des livres et insectes apparentés), 68. Lépidoptères (papillons et mites), 69. Hyménoptères (fourmis, guêpes |

| | | | |
|---|--|-----|--|
| | | | et abeilles), 69. Coléoptères (scarabées et autres), 71. <i>Annexe</i> : Quelques formules d'ingrédients, 73. Remerciements 74. Bibliographie, 74. |
| 5 | Organisation d'un service national de préservation des biens culturels par Paul COREMANS | 77 | Introduction, 77. Nécessité d'une organisation nationale, 77. Exemples d'organisations nationales, 77. Objectifs et organisation d'un service national, 78. Étude scientifique, conservation et restauration, 80. Formation de personnel, 83. Bibliographie, 84. |
| 6 | L'équipement du laboratoire | | |
| | 6a Matériel et opérations de base par H. W. M. HODGES | 86 | Introduction, 86. Boîtes et récipients, 86. Mesures: opérations de pesée et solutions, 87. Eau, 89. Lavage, 90. Appareils de chauffage, 90. Opérations de chauffage, 91. Réglage de la température, 92. Séchage, 92. Humidificateurs, 92. Fumigation, 93. Vision, 93. Mesures de sécurité, 94. Matériel personnel, 95. Examen préalable, 96. Quelques matériels spéciaux, 96. Sièges et tables de manipulation, 97. Administration, 97. Bibliographie, 98. |
| | 6b Exemples de l'aide apportée par l'Unesco aux musées des pays tropicaux par Hiroshi DAIFUKU | 99 | Introduction, 99. Le laboratoire du Musée national de Bangkok, 99. Genres de matériel fournis par l'Unesco, 100. Bibliographie, 102. |
| 7 | Moulage et galvanoplastie par B. A. F. NIMMO et A. G. PRESCOTT | 103 | Introduction, 103. Matières à mouler, 103. La coloration des moulages en plâtre, 115. Galvanoplastie, 116. Résines employées pour les moulages et la restauration, 117. Bibliographie, 117. |
| 8 | Céramique et verre par Ione GEDYE | 119 | Introduction, 119. <i>Céramique</i> , 119. Lavage, 119. Contamination par les sels, 120. Marquage des poteries, 121. Réparation des poteries, 121. Peinture des poteries, 123. <i>Verre</i> , 124. Conservation, 124. Réparation et comblement des lacunes, 124. Bibliographie, 124. |
| 9 | La conservation des spécimens entomologiques en climat tropical par J. Linsley GRESSITT | 125 | Introduction, 125. Traitement des spécimens sur le terrain, 125. Méthodes de conservation, 127. Collections spéciales, 131. Pièges, 131. |

Comment tuer les animaux de petite taille, 132.
Récolte et préparation des ectoparasites, 132.
Les « hôtes », 133. L'étiquetage, 133.
Bibliographie, 134.

10 Les monuments

- 10a Les problèmes de la conservation des monuments par H. J. PLENDERLEITH 136 Introduction, 136. Fondations et pavements, 138. Murs, 138. Dommages causés par les sels solubles, 139. Utilité des dispositifs de protection extérieure, 140. Consolidation, 141. Anastylose, 142. Les mortiers, 143. Ciment de Portland et béton, 144. Parasites organiques, 145. Sauvetage et transport, 145. Les musées de site, 146. Principaux problèmes posés par les monuments tropicaux, 146.
- 10b Exemples de problèmes rencontrés *in situ* par Paul COREMANS 148 Indonésie: le sanctuaire de Borobudur, 148. Birmanie: le site de Pagan, 148. Thaïlande: le site d'Ayoudhya, 149. Iran: Persépolis, 149. Irak: le site de Hatra, 150. Pérou: le site de Chan-Chan, 150. Mexique: le site et les peintures murales de Bonampak, 151.
- 10c Exemples de sauvegarde de monuments en Inde par T. R. GAIROLA 152 Introduction, 152. Les causes de détérioration, 152. Méthodes de traitement, 153. Exemples caractéristiques de monuments indiens, 154.
Annexe: Organisation d'un service de protection des monuments, par H. J. Plenderleith, 165. Bibliographie, 166.
- 11 La conservation des sites urbains par Rodrigo M. F. de ANDRADE 167 Introduction, 167. Législation, 168. Administration des sites, 168. Causes de détérioration, 169. Régime de protection, 170. Lois et règlements spéciaux, 171. Conflits de compétence, 171. Surveillance des sites, 172. Inventaire et catalogage, 172. Planification, 172. Mesures pratiques de conservation, 179. Limitation de la publicité commerciale, 180. Circulation routière et stationnement, 180. Critères architecturaux, 182.
- 12 La conservation des peintures murales par Paul PHILIPPOT et Paolo MORA 183 L'inventaire, 183. Principes fondamentaux, 183. Examen préliminaire, 184. Nettoyage des peintures murales, 184. Consolidation des peintures murales, 186. Transfert des peintures murales, 190.
Annexe: Formules, 204.

- | | | | |
|----|---|-----|---|
| 13 | La conservation et la restauration des peintures de chevalet par William BOUSTEAD | 205 | Introduction, 205. La conservation des peintures de chevalet, 207. Peintures sur panneaux de bois, 218. Emploi d'un verre protecteur, 218. Mesures à prendre dans les climats secs, 219. Quelques observations au sujet des aquarelles, 219. Restauration, 221. Bibliographie, 224. |
| 14 | La conservation de la pierre par R. V. SNEYERS et P. J. de HENAU | 225 | Introduction, 225. <i>Roches et minéraux</i> , 226. Le matériau et son origine, 226. Classification des roches, 226. Classification des minéraux, 229. Méthodes d'identification des roches et minéraux, 230. Phénomènes de porosité, 231. Facteurs d'altération de la pierre, 231. <i>Guide pratique pour le traitement des objets en pierre</i> , 234. Entretien et conservation, 234. Préservation, 236. Consolidation, 245. Restauration, 249. Entreposage, emballage et transport, 251. Surveillance et contrôle, 251. Bibliographie, 252. |
| 15 | La conservation des métaux sous les tropiques par H. J. PLENDERLEITH et G. TORRACA | 255 | Introduction, 255. <i>Réactions électrochimiques des objets métalliques</i> , 256. Galvanoplastie : pile sèche, 257. Galvanoplastie et corrosion, 257. <i>Procédés courants de nettoyage et de stabilisation d'objets métalliques</i> , 259. Nettoyage électrochimique, 259. Nettoyage par électrolyse, 260. Méthodes mécaniques de traitement d'objets métalliques, 261. Lavage intensif et séchage, 262. Imprégnation, 263. <i>Procédés spéciaux de traitement d'objets métalliques</i> , 264. L'argent et ses alliages, 264. Le cuivre et ses alliages, 265. Fer, 265. Plomb, 266. Bibliographie, 268. |
| 16 | La préservation des textiles par E. R. BEECHER | 269 | Introduction, 269. Identification des textiles, 269. Nettoyage des textiles, 270. Stérilisation et protection contre les mites, 275. Protection des textiles exposés, 279. Renforcement des textiles, 281. Bibliographie, 283. |
| 17 | La préservation du cuir, du bois, de l'os, de l'ivoire et des documents d'archives par A. E. WERNER | 285 | <i>Cuir</i> , 285. Introduction, 285. Développement des moisissures sur les peaux, 285. Attaque des peaux par les insectes, 285. Traitement des cuirs cassants, 286. <i>Bois</i> , 288. Adhésifs et agents de consolidation, 288. Enduits protecteurs, 290. Bois gorgés d'eau, 291. Pièces de bois peintes, 294. |

Os et ivoire, 298. Introduction, 298. Méthodes de consolidation sur place, 298. Traitement de l'os et de l'ivoire en laboratoire, 299. *Documents d'archives*, 301. Introduction, 301. Lutte contre les insectes nuisibles, 302. Moisissures, 304. Méthodes pratiques de traitement, 306. Bibliographie, 310.

18 Éclairage, climatisation, 311
présentation, mise en réserves,
manutention et emballage
par N. S. BROMMELLE

Introduction, 311. La lumière et son action sur les objets de musée, 312. Moyens de limiter les dommages causés par la lumière, 315. Conditions atmosphériques défavorables, 316. Climatisation, 319. Emballage des objets pour le transport, 321. Bibliographie, 323.

Annexe

Matières synthétiques employées 325
pour la conservation des biens culturels

Introduction, 327.
I. Vernis thermoplastiques, 331.
II. Feuilles transparentes, 339.
III. Adhésifs et consolidants, 342.
IV. Matières diverses, 347.

Index des noms commerciaux 352

Index des producteurs 355

Index des sujets 359

Liste des illustrations

Planches

1. Livres endommagés par la blatte australienne, *Periplaneta australasiae* F. (p. 63).
2. Pied de bureau endommagé par le calotermite *Incisitermes*, à Port Moresby (p. 63).
3. Panneau d'une porte peinte. Le calotermite *Cryptotermes* s'est propagé sous les boursofflures (p. 63).
4. Mobilier endommagé par le calotermite *Cryptotermes*. On remarquera les excréments accumulés sur le contre-plaqué (p. 63).
5. Insecte monté (de la famille des sésiidés) rongé par le pou du livre, *Psocotropus microps* (p. 63).
6. Œufs, larves, nymphes et adultes de la vrillette domestique, *Anobium punctatum* (p. 63).
7. Bois tendres endommagés par l'hylotrupe européen, *Hylotrupes bajulus* (p. 63).
8. Moule d'un lion de bronze, en gutta-percha, comprenant trois éléments (p. 109).
9. Reproduction par galvanoplastie (p. 111).
10. Étapes successives de la reproduction galvanoplastique d'une cuiller romaine (p. 112).
11. Bhubaneshwar (État d'Orissa). Éléments d'un temple envahi par des arbustes et des arbres (p. 157).
12. Le temple de Mukteshwar, État d'Orissa (Inde).
 - a) Envahi par les mousses et les lichens (p. 158).
 - b) Après traitement aux fongicides (p. 159).
13. Le temple du Soleil à Konarak (Inde).
 - a) Après les travaux de préservation (p. 161).
 - b) Détail des phénomènes de lixiviation (p. 161).
14. Gol Gumbad, dans l'État de Maharashtra (Inde). Renforcement de l'intérieur du dôme à la gunite, 1949-1951 (p. 162).
15. Réparation du dôme du Taj Mahal Agra (p. 163).
16. Salle creusée dans le roc à Ellora dans l'État de Maharashtra (Inde).
 - a) Pilier porteur fortement désagrégé (p. 164).
 - b) Pilier restauré (p. 164).
17. Ouro Preto. Vue du quartier historique de la ville (p. 173).
18. Ouro Preto. Assemblage de maisons appartenant à des propriétaires différents, mais ayant des toits communs (p. 173).
19. Ouro Preto. Arrière de maisons de bois menacées par la décomposition (cryptogames) et les termites (p. 174).
20. Ouro Preto. Utilisation de la place comme zone de stationnement (p. 175).
21. L'un des monuments historiques d'Ouro Preto (p. 176).
22. Peinture murale dans une grotte montrant les effets de la délitescence et l'apparition de micro-organismes et de végétaux (p. 193).
23. Peinture murale.
 - a) Après remise en place des fragments préservés (p. 195).
 - b) Après restauration par retouche des éléments disparus (p. 195).
 - c) Parties retouchées d'une peinture murale, qui ont été striées (p. 195).
24. *Stacco*.
 - a) Exemple de *Stacco*, transfert de la peinture avec son support (p. 197).
 - b) Passage creusé dans le mur derrière la surface peinte (p. 197).

- c) Après avoir été détachée du mur, la dalle qui porte la peinture est amincie pour être, éventuellement, transportée et remontée ailleurs (p. 197).
25. Moisissures de *Penicillium* sur un tableau (p. 209).
26. Déshumidificateur.
a) Vue latérale (p. 210).
b) Vue de face (p. 211).
27. Une des méthodes utilisées pour réparer un panneau fendu et gondolé (p. 212).
28. Gravure déshumidifiée placée dans une enveloppe de polyéthylène hermétiquement fermée (p. 213).
29. Ancienne aquarelle australienne.
a) Avant restauration [« piqûres » de rouille, taches d'humidité et jaunissement] (p. 214).
b) Après restauration (p. 215).
30. Presse à chaud et à vide de type simple, dans lequel l'orifice d'aspiration d'un compresseur d'air est utilisé comme pompe à vide (p. 216).
31. Sculpture d'Amaravati défigurée par la décomposition de cristaux de pyrite et de marcassite, Inde (p. 227).
32. Plaque de marbre déformée par la chaleur (p. 228).
33. Détail d'un camée de corail partiellement incrusté d'une efflorescence hydratée d'acétate de calcium due à l'utilisation de vinaigre au moment du nettoyage et du montage (p. 237).
34. Détail d'un madrépore recouvert d'une efflorescence d'acétate de calcium (p. 238).
35. Microphotographie d'une fine lamelle d'un grès calcaire prélevé dans la cathédrale Saint-Michel à Bruxelles (p. 239).
36. Tête en calcaire égyptien.
a) Avant traitement (p. 240).
b) Après imprégnation à la cire (p. 240).
37. Cuve portative utilisée pour le lavage des textiles (p. 277).
38. Modèle de photomètre (p. 278).
39. Évaluation de l'action contractile qu'exercent différents types d'adhésifs en séchant (p. 295).
40. Masque de cérémonie (sud-est du Nigeria) consolidé à l'aide d'une résine époxyde: Araldite (p. 295).
41. Développement de moisissures sur des livres, par suite de l'humidité de l'air qui stagne dans des rayonnages métalliques sans ventilation (p. 296).
42. Méthode utilisée pour aplatir une feuille de parchemin (p. 296).

Planches

1. *Myrothecium verrucaria* (p. 50).
2. *Cladosporium* (*Hormodendrum*) *cladosporioides* (p. 50).
3. *Pullularia pullulans* (p. 50).
4. *Stachybotrys atra* (p. 50).
5. *Gliomastix convoluta* (p. 50).
6. *Curvularia lunata* (p. 51).
7. *Fusarium solani* (p. 51).
8. *Tritirachium roseum* (p. 51).
9. *Trichoderma viride* (p. 51).
10. *Cephalosporium acremonium* (p. 51).
11. *Gliocladium roseum* (p. 51).
12. *Aspergillus versicolor* (p. 53).
13. *Aspergillus glaucus* (p. 53).
14. *Penicillium chrysogenum* (p. 53).
15. *Penicillium frequentans* (p. 53).
16. *Spicaria violacea* (p. 53).
17. *Scopulariopsis brevicaulis* (p. 53).
18. *Chaetomium globosum* (p. 54).
19. *Myxotrichum chartarum* (p. 54).
20. *Eidamella spinosa* (p. 54).
21. Thysanura. Poisson d'argent (*Lepisma saccharina* L.) [p. 61].
22. « Grillon des arbres » (famille des gryllacrididae), espèce non décrite en provenance de la Nouvelle-Guinée (p. 61).
23. Blatte orientale (*Blatta orientalis* L.), femelle (p. 61).
24. Blatte orientale (*Blatta orientalis* L.), mâle (p. 61).
25. Blatte australienne (*Periplaneta australasiae* F.), femelle (p. 61).
26. Blatte allemande (*Blattella germanica* L.), femelle (p. 61).
27. Oothèque de la blatte allemande (*Blattella germanica* L.) (p. 64).
28. Blatte allemande (*Blattella germanica* L.). Nymphes, première métamorphose (p. 64).
29. Dégâts caractéristiques causés par les termites au bois de construction (p. 64).
30. *Mastotermes darwiniensis* F., termite souterrain géant extrêmement nuisible (p. 64).
31. Soldat de *Cryptotermes havilandi* (Sjostedt), termite du bois sec vivant aux abords des tropiques (p. 64).

Figures

- Figures*
32. Soldat de *Coptotermes niger* Snyder, termite souterrain (p. 64).
 33. Pou des livres (*Liposcelis* sp.) [p. 64].
 34. Mite commune des vêtements (*Tineola biseliella* H.) [p. 70].
 35. *Sceliphron laetum* S., guêpe de la famille des sphécidés, qui bâtissent souvent des nids de boue sur les dos des livres en Nouvelle-Guinée. (p. 70)
 36. *Anthrenus verbasci* L., coléoptère parasite des musées (se rencontre dans de nombreuses régions du monde) [p. 70].
 37. *Attagenus gloriosae* F., membre de la famille des dermestidés; s'attaque aux spécimens d'insectes desséchés en Nouvelle-Guinée (p. 70).
 38. *Heterobostrychus aequalis* Waterh., parasite nuisible s'attaquant au bois de construction (p. 70).
 39. *Lyctus brunneus* Steph., lycte, parasite cosmopolite du vieux bois (p. 70).
 40. *Carpophilus dimidiatus* F., insecte cosmopolite sévissant dans les entrepôts (p. 70).
 41. Aménagement proposé pour le laboratoire du Musée national de Bangkok (Thaïlande) [p. 101].
 42. Exemple de fiche signalétique pour la collecte de spécimens entomologiques (p. 130).
 43. Carte indiquant l'emplacement des monuments importants de la zone tropicale dont il est question dans le texte (p. 147).
 44. Plan d'Ouro Preto (Brésil) [p. 177].
 45. Plan d'Ouro Preto indiquant l'emplacement des principaux monuments (p. 178).
 46. Plan d'Ouro Preto: voies d'accès et voies de passage (p. 181).
 47. Peintures murales. Évaluation par tapotement du degré d'adhérence au mur de la surface peinte (p. 185).
 48. Consolidation de la surface peinte sur le mur de soutien (p. 187).
 49. Diverses méthodes permettant d'exercer une pression sur la surface d'une peinture murale pendant le durcissement du caséinate (p. 188).
 50. Profondeur des entailles exigées par chacune des méthodes utilisées pour détacher une peinture murale de son support (p. 191).
 51. *Strappo*: comment détacher la surface peinte du mur (p. 198).
 52. Coupe d'une peinture murale après application sur un nouveau support (p. 198).
 53. *Stacco a massello*: comment détacher la dalle du mur de soutien avec le plâtre et les surfaces peintes (p. 199).
 54. Représentation schématique de la répartition de l'eau dans un matériau poreux (p. 232).
 55. Extracteur de sels d'Olson (p. 243).
 56. Croquis représentant l'appareil utilisé pour imprégner des objets sous vide partiel (p. 247).
 57. Coupe d'une pile primaire (p. 257).
 58. Corrosion du métal et processus inverse (p. 258).
 59. Nettoyage électrolytique d'un métal corrodé (p. 261).
 60. Traitement de la « maladie du bronze » à l'oxyde d'argent (p. 264).
 61. Traitement du bois gorgé d'eau au Carbowax 4000 (p. 294).

Collaborateurs

ANDRADE, R. M. F. de

Études de droit à l'Université de Rio de Janeiro. Rédacteur en chef de la *Revista do Brasil* (1926), directeur de *O Jornal*, Rio de Janeiro (1929-1930), directeur du cabinet du ministre de l'éducation (1931), directeur du Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (1936-1966), professeur honoris causa des universités de Recife, Minas Gerais et Bahia. Auteur de : *Brasil. Monumentos históricos e arqueológicos* (Mexico, 1952); *Artistas coloniais*, (Rio de Janeiro, 1958). Participe aux activités de l'Instituto histórica brasileiro, de l'Icom et d'autres organisations.

BEECHER, E. R.

Trois années d'études comme boursier au Shoreditch Technical Institute (1919-1921). Nommé au Département de restauration des œuvres d'art du Victoria and Albert Museum (1922-1945). Fonctions de direction à partir de 1945. En 1955, des travaux expérimentaux et recherches sur les matériaux et les méthodes de conservation; chargé d'une mission itinérante (étude des méthodes de diverses autres institutions). Études spécialisées sur la conservation des textiles. Chargé de recherches au Département de conservation. Membre de l'IIC.

BOUSTEAD, William

Conservateur de l'Art Gallery de la Nouvelle-Galles du Sud (Australie), conservateur consultant du gouvernement du Commonwealth australien, de la Queensland Art Gallery, de la Western Art Gallery, de la Newcastle Art Gallery et de la Tasmanian Art Gallery. A spécialement étudié la présentation des œuvres

d'art et des documents historiques dans les régions tropicales. Participe aux activités de l'IIC et de l'Icom. A publié divers travaux sur la conservation, en particulier dans *Studies in conservation*.

BROMELLE, N. S.

A étudié la physique au University College, Oxford (diplômé en 1936), puis fait des recherches sur les compteurs Geiger-Muller. Après onze ans de recherche industrielle sur la métallographie des alliages légers, est devenu restaurateur de peintures à la National Gallery (1949-1960). Nommé en 1960 chef du Département de conservation au Victoria and Albert Museum. Participe aux activités de l'Icom et de l'IIC.

COREMANS, Paul

Docteur ès sciences de l'Université libre de Bruxelles. Fondateur et ancien directeur de l'Institut royal du patrimoine artistique de Bruxelles, directeur du Centre national de recherche « Primitifs flamands » (1951-1965). Professeur à l'Université de Gand (1948-1965). Auteur de nombreuses publications sur les méthodes scientifiques de préservation des œuvres d'art, par exemple, Van Eyck: *L'adoration de l'agneau mystique* (1946), en collaboration avec M. A. Janssens de Bisthoven; *Van Meegeren's Faked Vermeers and De Hooghs: a scientific examination* (1949); *L'agneau mystique au laboratoire: examen et traitement* (1953). A publié de nombreux articles dans diverses revues scientifiques et spécialisées. Membre de l'IIC, de l'Icom et d'autres organisations professionnelles. Décédé le 11 juin 1965.

DAIFUKU, Hiroshi

Ph. D. (Université Harvard). Chargé d'enseignement au Département de sociologie et d'anthropologie de l'Université du Wisconsin (1942-1952). Conservateur des collections d'anthropologie du State Historical Society Museum du Wisconsin (1952-1954). Administrateur (programme) à la Division des monuments et musées de l'Unesco (1954-1966). A publié des articles sur l'anthropologie, la conservation et la muséographie. Depuis 1967, chef de la section de la mise en valeur du patrimoine culturel dans le cadre du développement de l'Unesco.

FLIEDER, Françoise

Diplômée de biochimie du Conservatoire national des arts et métiers (Paris). Chargée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, chargée du Centre de recherches sur la protection des documents graphiques au Muséum national d'histoire naturelle (Paris).

GAIROLA, T. R.

B. Sc. (Université d'Agra); M. Sc. (Université de Lucknow). Attaché au Département d'archéologie indien et chargé de la préservation des biens culturels (1937-1957). Chimiste et chef du laboratoire de conservation du Musée national de New Delhi depuis 1957. A publié des articles sur la conservation en Inde et à l'étranger. Membre du Conseil des études de muséologie de l'Université de Baroda depuis 1958. Membre de l'ICC et du Conseil du Centre de Rome depuis 1963.

GEDYE, Ione

Diplômé d'archéologie classique de l'University College de Londres; bourse Gilchrist à l'École britannique de Rome. Études au London Museum de 1933 à 1936; fait partie de l'Institut d'archéologie du museum depuis 1936. A servi dans la Croix-Rouge britannique pendant la deuxième guerre mondiale. Fait actuellement des cours et des recherches sur la conservation au London Museum.

GRESSITT, J. Linsley

Ph. D. (Université de Californie, Berkeley). Membre du personnel de l'Université Lingnan pendant près de dix ans, entre 1939 et 1951. A fait à la même époque des travaux sur la lutte contre les agents biologiques, pour l'Université de Californie (Riverside) ainsi que des recherches au Japon, à Taïwan et à Hong-kong. A étudié l'*Oryctes rhinoceros* du cocotier et les insectes organisés de Micronésie pour le Pacific Science Board (1951-1952). Entré au Bishop Museum d'Honolulu en 1953 et nommé chef du Département d'entomologie en 1955. Missions en Nouvelle-Guinée, en Asie du Sud-Est et dans les îles antarctiques et subantarctiques. Titulaire de la chaire L.A. Bishop de zoologie depuis 1964. Rédacteur en chef de *Pacific insects* et du *Journal of medical entomology*. Publications sur les coléoptères, les diptères, la zoogéographie et l'écologie.

HEIM, Roger

Ingénieur de l'École centrale des arts et manufactures de Paris. Nommé conservateur de l'Institut botanique du Lautaret (Hautes-Alpes) en 1923. A travaillé ensuite à l'Institut Pasteur. Nommé sous-directeur du laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris en 1932, et professeur titulaire en 1945; directeur du Muséum depuis 1951. Membre de diverses académies et associations scientifiques, commandeur de la Légion d'honneur, médailles Darwin et Geoffroy Saint-Hilaire. Publications sur la mycologie (anatomie systématique, biochimie, biologie) en particulier la mycologie tropicale.

HENAU, P. J. de

Licencié en sciences généalogiques, minéralogiques et pétrographiques de l'Université de Bruxelles. Attaché scientifique à l'Institut royal du patrimoine artistique et spécialiste des problèmes de minéralogie.

HODGES, H. W. M.

Diplômé de préhistoire européenne (Université de Londres). Membre du personnel du Département d'archéologie de la Queen's University

(1953-1957). Maître de conférences de technologie archéologique, Institut d'archéologie de l'Université de Londres, depuis 1957. Conseiller pour l'aménagement et l'équipement du laboratoire de conservation du Musée hittite d'Ankara (1964-1965). Recherches sur les problèmes de technologie primitive, en particulier ceux de la céramique et de la métallurgie. Auteur de *Artifacts: an introduction to the study of early materials and technology*. Participe aux activités de l'IIC.

MORA, Paolo

D'abord étudiant à l'Istituto Centrale del restauro de Rome (1944), puis membre du personnel de cette institution. Nommé restaurateur principal en 1965. A publié des articles dans le *Bolletino dell' Istituto Centrale del Restauro*, l'*Enciclopedia universale dell'arte* et d'autres revues. Recherches et publications sur les solvants utilisés pour le nettoyage des détrempe et des peintures murales.

NICOT, Jacqueline

Docteur ès sciences de l'Université de Lille. Maître de conférences et sous-directeur du laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris. A enseigné les sciences naturelles puis est entrée au Muséum en 1946. Spécialisée dans l'étude systématique et écologique des moisissures saprophytes du sol. Nombreuses missions au Sahara pour étudier la microflore (fongicide).

NIMMO, B. A.

Études d'orfèvrerie, de joaillerie et de composition décorative à la Central School of Arts and Crafts de Londres. Entre comme technicien stagiaire au Département des monnaies et des médailles du British Museum en 1929. Transféré en 1949 au laboratoire de recherche du British Museum pour s'occuper de la reproduction galvanoplastique des trésors du musée, à l'intention des autres musées. Actuellement, restaurateur en chef, chargé en outre du service de galvanoplastie. Travaux de réparation, de restauration et de conservation, notamment des bronzes et autres objets de métal.

PHILIPPOT, Paul

Docteur en droit et en histoire de l'art de l'Université de Bruxelles. Professeur d'histoire de l'art à l'Université de Bruxelles (depuis 1957) et sous-directeur du Centre de Rome (depuis 1959). Articles sur l'histoire de la peinture flamande, la formation des restaurateurs de peintures, l'analyse technique et la restauration des peintures publiés dans le *Bulletin des Musées royaux des beaux-arts*, le *Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique*, etc.

PLENDERLEITH, H. J.

Ph.D., docteur en droit de l'Université St. Andrews. Chef du Laboratoire de recherches du British Museum (1924-1959); président du Comité consultatif scientifique de la National Gallery (1944-1958). Professeur de chimie à la Royal Academy (1936-1958). Directeur du Centre de Rome depuis 1959. A publié des travaux sur la conservation, notamment *The conservation of prints, Drawings and manuscripts*, *The conservation of antiquities and works of art*, etc. Nombreux articles parus dans des revues scientifiques. Membre de l'Icom et de l'IIC.

PRESCOTT, A. G.

A commencé à travailler au Département des moulages du Victoria and Albert Museum (1925-1929). Transféré au British Museum (1929) pour la préparation de reproductions. Nommé en 1949 au Laboratoire de recherches du British Museum, chargé de dessiner les moules destinés à la reproduction par galvanoplastie d'objets appartenant aux collections du musée. S'occupe également de la conservation et de la réparation des antiquités, ainsi que des cours sur la conservation.

SNEYERS, R.

Licencié en sciences chimiques de l'Université libre de Bruxelles, chef de laboratoire aux Archives centrales iconographiques d'art national de Bruxelles et du Laboratoire central des musées (1941-1961). Nommé en 1961 directeur du Département des matériaux pierreux à l'Institut royal du patrimoine artistique. A collaboré avec le comité de l'Icom et le Centre de Rome au sujet des méthodes de

préservation des matériaux pierreux des monuments historiques.

SZENT-IVANY, J. J.

Docteur de l'Université Peter Pázmány de Budapest. Assistant scientifique au Musée hongrois d'histoire naturelle (1936-1939), conservateur adjoint (1939-1942), conservateur (1942-1943). Maître de conférences honoraire de zoogéographie (1943). Entomologiste au Département de l'agriculture, de l'élevage et des pêches, Port-Moresby, Nouvelle-Guinée (1954-1959); entomologiste principal (1959-1966). Entomologiste principal honoraire du Musée public de Papua et de la Nouvelle-Guinée depuis 1966. Membre de diverses sociétés, dont la Royal Entomological Society (Londres). Publications sur la systématique, la distribution, l'écologie et l'éthologie des insectes, des pseudoscorpions et des oiseaux; zoogéographie, entomologie agricole, techniques entomologiques, etc.

TORRACA, Giorgio

Docteur en chimie de l'Université de Rome, M.Sc. en chimie du Case Institute of Technology de Cleveland. Chargé à l'Université de Rome de l'enseignement concernant les matières utilisées en électrotechnique. Conseiller scientifique auprès de l'Istituto Centrale del Restauro, Rome (1954-1958), chef du Département d'étude des matériaux et de technologie à la société Selenia, Rome (1958-1965); assistant scientifique (depuis 1965) au Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, Rome.

WERNER, A. E.

Docteur de l'Université de Fribourg. Maître de conférences de chimie organique à l'Université de Dublin (1937-1948). Chimiste à la National Gallery de Londres (1948-1954). Attaché scientifique principal au Laboratoire de recherches du British Museum (1954-1959); nommé conservateur en 1959. Professeur de chimie à la Royal Academy of Arts, à Londres, depuis 1962. Recherches sur la conservation et l'utilisation des matières synthétiques et la mise au point de nouvelles méthodes de conservation.

L'intérêt des biens culturels

I

DÉFINITION

L'expression « biens culturels », forgée pour désigner commodément toutes sortes d'objets matériels associés aux traditions culturelles, entre peu à peu dans l'usage courant. On distingue généralement deux catégories de biens culturels :

1. Les biens meubles : livres, manuscrits, autres objets d'intérêt artistique, historique ou archéologique, y compris les collections scientifiques.
2. Les biens immeubles : monuments d'architecture, d'art ou d'histoire, sites archéologiques, constructions présentant un intérêt historique ou artistique.

VALEUR ATTACHÉE AUX BIENS CULTURELS

La distinction ci-dessus n'est pas d'une rigueur absolue, car un édifice ou autre monument classé parmi les biens immeubles peut, en fait, être déplacé, lorsqu'on a des raisons assez impérieuses de le faire.

Les attitudes adoptées devant les objets considérés comme biens culturels sont extrêmement variées. Il arrive que des objets hautement prisés par certaines personnes, ou à une certaine époque, soient plus tard tenus pour sans valeur. L'inverse peut également se produire : des objets d'usage courant dans un certain peuple à une certaine époque peuvent apparaître comme de précieuses raretés aux yeux d'un autre peuple ou de générations ultérieures.

Dans toutes les cultures connues, cependant, les hommes attachent toujours de la valeur à certains objets naturels ou fabriqués. Il se peut fort bien que nos ancêtres lointains aient fait de même. Il n'est pas improbable, par exemple, qu'à l'âge de la pierre taillée et des haches de silex, tel ou tel « coup-de-poing » ait semblé supérieur par sa facture à tous les autres de même tradition. De même, à une époque moins reculée, on personnalisait parfois une épée, qui recevait un nom et à laquelle on attribuait des qualités qui la distinguaient de toutes les autres. Au moyen âge, ce même coup-de-poing a pu être pris par les Européens pour une pierre de foudre ; aujourd'hui, il risque de passer inaperçu du profane s'il repose sur un lit de gravier, perdu parmi d'autres cailloux ; mais l'archéologue qui le trouvera lui reconnaîtra un intérêt scientifique. Pour ce spécialiste, le lieu de la découverte, la date probable de l'objet, sa parenté avec d'autres objets fabriqués seront autant d'indices importants, propres à faire mieux comprendre les cultures primitives. L'objet pourra être alors placé parmi les réserves d'une collection et, sauf une brève mention ou une photo dans une monographie scientifique, il retombera à peu près complètement dans l'oubli. Dans certains cas, il sera exposé comme spécimen représentatif des objets fabriqués selon une certaine tradition. La plupart des visiteurs ne lui accorderont peut-être qu'un coup d'œil superficiel, mais certains l'examineront avec plus d'attention,

essayant d'apprécier l'immense laps de temps qui sépare notre culture de celle des premiers hominidés.

L'existence de ce simple objet et sa localisation dans le temps et dans l'espace peuvent être les seuls renseignements dont nous disposons. Il ne nous révélera rien de l'organisation sociale ou du langage, et ne nous renseignera guère sur les aspects non matériels de la culture humaine où sont nées les traditions qui ont conduit à fabriquer l'objet en question. En revanche, nous disposons d'une énorme masse de renseignements sur de nombreuses cultures appartenant au passé ou encore vivantes. Les livres, les archives, les collections privées ou conservées dans des institutions, les sites et les monuments du domaine public semblent, à première vue, constituer une source inépuisable de documentation. Néanmoins, un examen, même superficiel, nous révélera que notre savoir présente des lacunes. Il est fréquent qu'une personne intelligente, mais non spécialisée, soit incapable d'identifier par son nom ou sa fonction un objet qui était d'usage courant au XIX^e siècle.

Dans de nombreuses régions du monde, on constate des lacunes analogues dans la connaissance des cultures qui coexistent dans un même pays. En Afrique occidentale, par exemple, l'abîme culturel qui sépare le citadin instruit de l'homme de la brousse peut équivaloir à des siècles d'évolution. Il n'est pas rare de trouver, assez près d'une grande route, un groupe de paysans dont l'existence est demeurée essentiellement semblable à celle de leurs ancêtres : ils ont des huttes spéciales pour abriter leurs idoles ; les adultes cultivent leurs champs au moyen d'outils semblables à ceux qu'on employait il y a un siècle ou davantage. Pourtant, des signes d'évolution se manifestent partout parmi ces groupes ruraux. Parfois, les enfants vont à l'école et apprennent à se servir d'une langue autre que celle de leurs parents. Certains jeunes gens ont peut-être déjà quitté le village pour chercher ailleurs un travail pour lequel

ils reçoivent une rétribution en espèces et non plus en nature. Il arrive qu'on soit très mal renseigné sur les groupes de ce genre, que la documentation dont on dispose se réduise à quelques notes succinctes dans un rapport officiel, quelques photographies dispersées çà et là, peut-être un ou deux objets recueillis et conservés, sous une épaisse couche de poussière, dans la baraque qu'une ville voisine appelle pompeusement musée. Il est évident qu'une tradition culturelle, un mode de vie qui a évolué au cours des générations, est sur le point de sombrer dans l'oubli.

La civilisation moderne est la somme de nombreux éléments. La rapidité des transports, les bouleversements qui résultent de l'industrialisation, la diffusion rapide des connaissances technologiques ont partout suscité de nouveaux besoins et éveillé de nouvelles aspirations. Parmi les éléments du passé qui ont donné sa forme à la civilisation contemporaine, beaucoup ont disparu des pays fortement industrialisés.

Il en résulte que les générations présentes et à venir ignoreront toujours beaucoup des éléments dont sont faites leurs traditions. La création de musées et de services chargés de sauvegarder les monuments et les sites est simplement un moyen d'assurer la conservation de certains témoins importants du passé. Dans les pays tropicaux, les traditions culturelles risquent encore plus de disparaître. Au lieu d'un développement progressif, l'industrialisation y provoque des changements brutaux et souvent de véritables bouleversements ; aussi est-il indispensable et urgent de réunir des documents sur leurs biens culturels et d'assurer leur conservation avant que tous ceux qui sont significatifs n'aient disparu. En outre, étant donné que beaucoup de changements sont dus à des influences extérieures plutôt qu'à une évolution interne, la discontinuité entre le passé récent et l'époque actuelle est beaucoup plus marquée dans ces pays que dans ceux dont l'industrialisation est plus ancienne.

La croissance démographique et la nécessité de construire des habitations ont souvent aussi modifié le milieu. En fait, de nombreuses espèces biologiques adaptées à un milieu particulier ont presque disparu et sont menacées d'extinction. Il ne sera pas question dans le présent ouvrage de la conservation des espèces menacées ; mais il incombe aux responsables de constituer des collections complètes qui puissent être conservées.

LE PROBLÈME DU CHOIX

Il est clair qu'il n'est ni possible ni souhaitable de conserver tous les témoins du passé. Les techniques modernes, qui ont permis d'accroître la production, d'améliorer la santé publique et l'éducation, etc., contribuent à relever le niveau de vie. C'est pourquoi, dans leur désir d'atteindre ces objectifs, les gens considèrent souvent le passé comme un « poids mort » ; pour mieux profiter de l'industrialisation, on détruit inconsciemment ou de propos délibéré beaucoup de vieilles traditions pourtant précieuses.

Que faut-il donc conserver ? Dans l'idéal, la réponse serait : au moins un spécimen de chaque type d'objet. Les musées d'histoire naturelle, et notamment ceux qui s'occupent des petites espèces animales, devraient tenter de constituer une collection aussi complète que possible de spécimens types (taxonomie), accompagnée d'une documentation détaillée sur leur répartition et leurs rapports avec le milieu. Il est également justifié, à des fins scientifiques et dans certains domaines spécialisés, d'ajouter à cette collection de spécimens types des variétés que comprend un même espèce. Les musées d'ethnographie et des beaux-arts peuvent également viser ainsi des buts complémentaires ; mais en ce qui concerne les objets volumineux, et notamment ceux que l'on classe parmi les biens immeubles, il serait peu réaliste d'avoir tant d'ambition.

La première décision à prendre doit donc

porter sur le problème du choix, qui est relativement simple dans le cas des collections ethnographiques et d'histoire naturelle. Lorsqu'il s'agit de biens immeubles, qui d'ordinaire occupent beaucoup de place, et coûtent cher à protéger et à entretenir, le problème est beaucoup plus ardu. Dans les pays où il existe un système de classement des monuments et édifices, les plus beaux spécimens sont sans doute déjà placés sous la protection de la loi. Mais dans ceux qui n'ont aucune législation de ce genre, la question est beaucoup plus complexe : c'est alors à un individu ou à un groupe qu'il incombe de prendre les mesures nécessaires pour préserver, protéger et entretenir tel ou tel monument. Le choix est alors difficile et exige une juste appréciation des traditions culturelles du pays et une certaine connaissance des cultures étrangères. Malheureusement, les normes courantes ne sont pas à cet égard des guides infaillibles. Les estampes japonaises du XIX^e siècle ont été négligées au Japon même, par la grande majorité de l'élite, et n'y sont appréciées que depuis leur « découverte » par l'Europe. De même, en Europe occidentale et aux États-Unis d'Amérique, la révolte contre le « style victorien » a pris une forme si extrême que de nombreux objets de cette période, auxquels on s'intéresse à nouveau aujourd'hui, furent mis au rebut ou détruits. Des dangers analogues menacent les biens culturels des régions tropicales où un désir bien compréhensible de récolter les bénéfices de l'industrialisation contemporaine conduit à laisser perdre nombre d'objets précieux ou intéressants, qualifiés péjorativement de « primitifs » ou de « barbares ».

LÉGISLATION

La protection des biens culturels exige une législation appropriée ; à cet égard, la création de musées nationaux où sont réunis, conservés et exposés les biens culturels meubles constitue un progrès notable. Ces musées doivent être dotés d'un personnel

compétent et disposer de crédits suffisants pour atteindre leur objectif: préserver les objets confiés à leur garde et exécuter des programmes de recherches, de publication et d'exposition.

Les biens immeubles ont également besoin d'être protégés par la loi. Pour des raisons économiques et sociales, on a souvent pris, au nom du progrès, des mesures à courte vue qui ont abouti à la destruction d'édifices et à la disparition de sites. Le manque d'entretien peut également aboutir à la destruction, et le vandalisme irréflecti ou volontaire constitue un autre danger.

De nombreux pays ont adopté une législation destinée à protéger les sites et les monuments importants; dans certains cas, les petites communautés qui ont un style architectural à elles, ou encore les quartiers historiques des villes, bénéficient d'une protection analogue.

Les législations les mieux conçues à cet égard contiennent également des dispositions imposant la réparation de tout dommage ou prévoyant des peines d'amende pour le vol ou la destruction de biens culturels. Lorsqu'un quartier historique est « classé », il est généralement permis de rénover et de moderniser les bâtiments qui s'y trouvent, mais à la condition d'en respecter le caractère et celui des bâtiments voisins qui présentent un intérêt historique. En outre, l'État peut aider le propriétaire, soit indirectement par des exemptions fiscales, soit directement en prenant à sa charge une partie des dépenses ou en lui fournissant des conseils techniques.

PERSONNEL

Aucune institution ne peut mener à bien un programme de conservation des biens culturels si elle ne dispose pas d'un personnel compétent et suffisamment nombreux. Le manque de connaissances techniques et l'emploi de méthodes périmées risquent de faire souvent plus de mal que de bien. Certaines mesures de conservation appli-

quées au début du siècle ont causé aux biens culturels plus de dommages que ceux-ci n'en auraient subis s'ils avaient été simplement mis sous abri et laissés en paix. Même des spécialistes qualifiés doivent pouvoir rester en contact avec des collègues étrangers, avoir avec eux des échanges de vues et se tenir ainsi au courant des derniers progrès. L'isolement intellectuel n'est plus une excuse aujourd'hui qu'il existe tant de moyens de faire circuler l'information. On sait le rôle que jouent à cet égard le Centre international pour la conservation et la restauration des biens culturels (dit « Centre de Rome ») ainsi que diverses organisations internationales non gouvernementales telles que le Conseil international des musées, (Icom), le Conseil international des monuments et des sites (Icomos), l'Institut international pour la conservation (IIC), etc. Dans de nombreux pays, l'administration des biens culturels est centralisée dans un même ministère. Dans d'autres, des services distincts sont chargés des biens culturels meubles (c'est-à-dire essentiellement des collections des musées, mais aussi des bibliothèques de livres rares, des dépôts d'archives, etc.), d'une part, et des biens culturels immeubles (sites et monuments, parcs nationaux, etc.), d'autre part.

Dans certains pays, pour des raisons historiques, plusieurs administrations indépendantes se partagent le soin de conserver, de sauvegarder et de restaurer les biens culturels et il arrive que la coordination ou la coopération entre ces services laisse à désirer. Or, si l'on veut atteindre des buts communs, un certain degré de coordination est souhaitable, et on a eu recours pour cela à diverses solutions, notamment, dans certains cas, à la création, auprès du ministre, d'une commission ou d'un organisme consultatif au sein duquel sont représentés les directeurs des diverses institutions et services.

Il est certain que la mise en commun de certains services, comme les laboratoires de conservation, permet parfois de réaliser

d'importantes économies en matière d'équipement et de personnel. Dans tous les pays, quel que soit le service considéré, le recrutement d'un personnel compétent pose des problèmes. Les architectes diplômés, par exemple, peuvent tirer du libre exercice de leur profession un revenu très supérieur à un traitement de fonctionnaire. La solution adoptée par la France est intéressante. Ce sont des inspecteurs, fonctionnaires de la Direction de l'architecture (Sous-Direction des monuments historiques et des sites) qui dirigent les travaux de restauration. Quant aux architectes, ils peuvent soumissionner, à titre privé, pour l'exécution de certains travaux à condition d'avoir été agréés à la suite d'un examen spécial organisé par cette direction. Dans la plupart des pays tropicaux qui connaissent un développement rapide, le recrutement de personnel qualifié est particulièrement difficile. On peut essayer de mettre à la tête d'un laboratoire central de conservation un chimiste ou un physicien (de préférence docteur ès sciences), mais il est infiniment probable que les personnes qualifiées pourraient trouver dans une entreprise commerciale un emploi beaucoup mieux rémunéré. Il arrive aussi que le rang attribué au fonctionnaire chargé de diriger le laboratoire de conservation soit inférieur à celui du chef d'un laboratoire agricole. On pourrait résoudre cette difficulté en créant un laboratoire national central qui s'occuperait à la fois des monuments et des musées et prendrait de ce fait une ampleur suffisante pour justifier le reclassement des postes de direction à un niveau concurrentiel.

LA CONSERVATION ET LE PUBLIC

Les menaces naturelles qui pèsent sur les biens culturels (effets des intempéries, croissance de la végétation, action des insectes) ne constituent qu'un aspect du travail incessant de destruction et de construction qui se fait sur la terre. Moins réguliers, mais également nuisibles, sont les

effets des tremblements de terre, des ouragans, des inondations et des éruptions volcaniques. Mais si graves que soient les dangers naturels, ils paraissent insignifiants auprès des destructions causées ou provoquées par l'homme lui-même. Les guerres, le vandalisme, la croissance même de la civilisation humaine, qui entraîne la construction de barrages, de routes, d'aéroports et d'oléoducs en même temps que l'exécution de programmes de rénovation urbaine peuvent avoir et ont en fait le plus souvent des conséquences néfastes pour les biens culturels.

La menace que tous ces facteurs font peser sur les biens culturels est extrêmement grave et peu de services et organismes nationaux ou gouvernementaux disposent de ressources suffisantes pour mener à bien par leurs propres moyens des programmes de conservation. Le succès de ces programmes dépend donc de l'intérêt que leur porte et du soutien que leur accorde le public, et l'une des manières les plus efficaces d'obtenir cet appui est de travailler à l'éducation du public, soit directement, soit en l'associant à l'œuvre de conservation.

De nombreuses institutions ont mis au point des programmes éducatifs étroitement liés aux programmes scolaires. Les élèves viennent au musée pour examiner les collections, acquérir un fonds de connaissances sur les objets exposés et apprendre à les apprécier. Ces contacts peuvent également avoir des avantages indirects, par exemple, lorsque les informations fournies au conservateur lui permettent de procéder à de nouvelles acquisitions. Les services de protection des sites et des monuments ont également la possibilité d'organiser des visites dirigées à l'intention de groupes d'élèves, en liaison avec les cours d'histoire locale ou nationale.

L'organisation de groupes de travail bénévoles est un autre moyen de stimuler l'intérêt et d'obtenir l'appui du public. En France, sous la direction de fonctionnaires de la Sous-Direction des monuments histo-

riques et des sites, un groupe de jeunes (composé surtout de jeunes gens travaillant à proximité immédiate du monument et de quelques étudiants) s'occupe de restaurer à Paris, dans le quartier du Marais, un vieux bâtiment qu'a rendu célèbre le roman d'Alexandre Dumas, *Les trois mousquetaires*. D'autres groupes de volontaires se sont organisés pour reconstruire des châteaux, des abbayes, des forteresses et d'autres monuments historiques anciens dans différentes régions de France et dans d'autres pays d'Europe.

Des clubs ou des associations se sont formés, sous des noms tels que « Les amis du musée », pour soutenir et aider les musées, ou contribuer à protéger les monuments et les sites qui présentent un intérêt historique ou artistique. Ce sont souvent des groupes locaux, qui se consacrent à une institution donnée, à un certain édifice, ou qui concentrent leurs activités sur leur propre communauté. On peut également réunir ces groupes au sein d'organisations nationales (fondations, sociétés pour la protection des monuments historiques, etc.).

La publicité, sous forme d'articles de journaux et de programmes radiophoniques ou télévisés, peut également permettre d'obtenir l'appui du public, et elle constitue sans doute le moyen le plus efficace de lutter contre le vandalisme. Les musées qui offrent au public des programmes d'exposition et d'autres services bien organisés, ainsi que les monuments et les sites bien conservés, attirent un nombre de visiteurs qui justifie, du point de vue économique, le coût des travaux de conservation. La construction de routes d'accès aux monuments importants, celle d'hôtels pour les touristes, etc., tendent à stimuler l'agriculture et l'industrie locales tout en créant de nouveaux emplois.

PROGRAMMES BILATÉRAUX ET INTERNATIONAUX

Les pays tropicaux peuvent bénéficier de divers programmes bilatéraux qui prévoient l'octroi de bourses et permettent souvent d'obtenir les services de consultants, les arrangements nécessaires étant pris par l'entremise des ambassades des pays intéressés. Dans certains cas, des subventions sont également accordées pour aider à développer des musées ou à reconstruire des monuments importants.

Au niveau international, le Centre de Rome, en coopération avec l'École d'architecture de l'Université de Rome, a organisé, sur la conservation des monuments et des édifices historiques, un enseignement de niveau supérieur qui s'adresse aux architectes. Cet enseignement est confié à des spécialistes, recrutés dans divers pays, qui viennent à Rome pour y donner, pendant une quinzaine de jours ou un mois, des conférences sur tel ou tel aspect de la conservation ou de la restauration. Des travaux pratiques et des visites aux principaux monuments font partie du programme. Le Centre de Rome projette actuellement (1967-1968) de créer, en coopération avec le gouvernement italien, un important laboratoire de formation où les spécialistes de la conservation pourront enrichir leur expérience.

L'Unesco aide également ses États membres, sur leur demande, en leur envoyant des experts ou des consultants, en leur offrant des bourses et du matériel scientifique et technique. Le financement de cette aide est assuré au titre du Programme de participation aux activités des États membres ou du Programme élargi d'assistance technique (aujourd'hui incorporé au Programme des Nations Unies pour le développement). Un projet pilote pour la formation de techniciens des musées a été mis en place à Jos (Nigeria), en coopération avec le gouvernement fédéral de ce pays. Les cours sont ouverts aux étudiants des

pays africains situés au sud du Sahara, qui peuvent ainsi passer deux mois à étudier, notamment les techniques fondamentales de la conservation des objets de musée. En 1967, avec le concours du gouvernement mexicain, un second projet régional sur la conservation a été lancé à Mexico. Un troisième projet, concernant l'Asie du Sud, est en cours d'élaboration et sera ultérieurement mis à exécution à New Delhi.

CONSERVATION ET RESTAURATION

Lorsqu'un bien culturel, meuble ou immeuble, est en bon état, il suffit de l'entretenir convenablement. Les biens meubles emmagasinés ou exposés avec suffisamment de précaution peuvent être conservés pendant de longues années. Les biens immeubles, naturellement, risquent beaucoup plus de se détériorer, mais, si l'on en prend soin, les monuments peuvent durer très longtemps. Au Japon, le Pavillon d'or (Kondo), la pagode, une galerie couverte et la grande porte du monastère de Horyuji ont plus de mille deux cents ans. Ce monastère a été fondé en 607 de notre ère par l'impératrice Suiko (selon certains documents, il fut détruit par un incendie en 670 et reconstruit en 780; mais la plupart des statues d'origine purent, paraît-il, être préservées) et le Kondo est sans doute aujourd'hui l'un des deux seuls bâtiments de style T'ang encore existants, et le plus ancien bâtiment de bois du monde.

Lorsqu'un objet n'est pas en bon état, le problème se pose de savoir dans quelle mesure il convient de lui appliquer un traitement. On peut se borner au minimum nécessaire pour l'empêcher de disparaître. Mais que faire si un tel traitement doit le rendre méconnaissable? Dans quelle mesure faut-il entreprendre de le restaurer? Sur ce point les opinions varient. Nous lisons sous la plume de Coremans (1965): « Il est certes bien malaisé de tracer les grandes lignes d'une histoire de la restauration. Sans remonter à ses tout premiers pas, on

peut dire que la restauration se manifeste localement lors de la formation des premières grandes collections privées... Au début, le restaurateur travaille seul dans son atelier privé: il y applique seul son métier, met au point de nouvelles recettes dont il garde jalousement le secret. Plus tard, lorsque les pouvoirs publics se réveilleront, il se verra entouré d'un « comité de sages », vénérables mais généralement incompétents, qui se déclareront satisfaits lorsqu'une certaine chirurgie esthétique aura rendu bonne apparence à une œuvre, même si la dégradation de celle-ci en a été accélérée. »

En Europe, l'exemple donné par Viollet-le-Duc (1814-1879) explique pour beaucoup l'intérêt que l'on a porté de bonne heure à la restauration des monuments historiques. Toutefois, l'importance de ses restaurations (qui vont parfois jusqu'à l'insertion d'éléments structurels peut-être prévus dans les plans originaux, mais certainement absents de l'édifice historique) a provoqué une réaction contre la restauration et en faveur de la stabilisation des sites et des monuments.

On relève dans la pratique des différences semblables en ce qui concerne la sauvegarde des biens culturels meubles. Il est arrivé, dans le passé, qu'un vase trouvé dans des fouilles soit si soigneusement restauré que seul un examen minutieux permettait de distinguer les parties originales des parties restaurées. On a même souvent vu d'habiles restaurateurs assembler des fragments de différents vases ou de sculptures pour en faire un objet composite qui n'était finalement qu'une contrefaçon. Par réaction, pendant une certaine période, on a réparé les vases et les statues de manière à mettre en évidence la partie restaurée (plaques de plâtre blanc sur un vase polychrome par exemple). La même méthode a été appliquée à la restauration des bâtiments.

Avec le temps, toutefois, une méthode intermédiaire s'est, plus ou moins, imposée. Les tableaux, par exemple, ne sont plus « restaurés » de la façon dénoncée ci-dessus par Coremans. Cependant, on n'hésite pas

à éliminer les couches de vernis anciens qui, en noircissant, obscurcissent l'œuvre d'art à un point que n'aurait pas imaginé l'artiste. Dans un vase, les parties restaurées sont maintenant teintées de manière à ne pas faire un contraste trop violent avec les parties originales. Toutefois, un simple coup d'œil doit permettre à l'observateur de voir où s'arrête la partie originale et où commence la restauration.

CONSTITUTION DE DOSSIERS

Du point de vue scientifique et administratif, il faudrait prendre pour règle de conserver une documentation minutieuse sur tous les travaux de conservation, de réparation ou de restauration de biens culturels. Cette documentation devrait comprendre, d'une part, la date du travail et le nom des personnes qui en ont été chargées et, d'autre part, des reproductions photographiques. Lorsque la conservation ou, plus encore, la restauration exige des travaux importants qui risquent de modifier l'apparence de l'objet, on doit prendre des photographies avant, pendant et après le traitement. Lorsqu'il s'agit d'une reconstruction, en particulier, il est nécessaire de prendre des photographies pendant l'exécution des travaux. Quand la personne responsable peut recourir aux services d'un laboratoire et consulter des spécialistes de nombreuses autres disciplines, elle n'a plus à assumer seule l'entière responsabilité du traitement à appliquer. Les suggestions et remarques formulées à propos d'un problème que pose un objet rare ou de grande importance devraient figurer dans le dossier de l'objet en question. Par exemple, dans l'intérêt de la recherche historique et scientifique, toutes les modifications subies par l'objet devraient être enregistrées et les informations de cet ordre rester facilement accessibles. De nombreux services nationaux disposent aussi de bulletins ou d'autres publications où peuvent paraître des articles décrivant les travaux accomplis. Pour les

objets importants, il est parfois possible de rendre compte des travaux dans des périodiques spécialisés, nationaux ou internationaux, de grande diffusion.

RÉSUMÉ

Les rapports de l'homme avec les biens culturels et la valeur qu'il leur attribue résultent du jeu de facteurs nombreux et variés. Mais le fait d'attacher du prix, pour une raison quelconque, à un objet d'intérêt culturel, entraîne l'obligation de sauvegarder cet objet, quelles qu'en soient les dimensions.

S'il n'est ni possible ni même souhaitable de sauvegarder tout ce qui nous vient du passé, il semble raisonnable de vouloir conserver les objets les plus importants dans l'intérêt de la postérité et de réunir si possible des échantillons représentatifs de biens culturels extrêmement variés. C'est pourquoi l'un des problèmes clés que pose l'établissement d'un programme bien conçu est celui du choix. Celui-ci doit répondre en partie aux exigences de la science (taxonomie, études de répartition, etc.) et en partie à l'échelle des valeurs esthétiques et historiques. Dans un service national bien organisé, des spécialistes de disciplines diverses devraient avoir leur mot à dire sur l'importance relative des objets entre lesquels un choix s'impose. Très souvent, on peut créer des commissions, comprenant parfois des représentants d'autres professions (professeurs d'université, fonctionnaires d'autres administrations, membres des organisations nationales ou régionales qui s'occupent de conservation, etc.), dont les conseils, l'aide et l'influence faciliteront l'exécution du programme.

La condition *sine qua non* du succès d'un programme est le recrutement d'un personnel suffisant, groupé autour de spécialistes compétents. Dans les pays où les services de conservation n'existent pas ou sont encore embryonnaires, il existe divers moyens de contribuer à la constitution de ces services. L'intérêt et l'appui du grand public seront

d'un secours inestimable si l'on s'attache à les obtenir par un effort d'éducation et de propagande. Dans certains pays, les collaborateurs bénévoles jouent également un rôle important dans la conservation.

Enfin, pour citer encore Coremans, la conservation doit avoir priorité sur la restauration, « ... et cela avec d'autant plus de raisons que les principes en matière de restauration varient autant suivant la nature des œuvres que selon leur état de conservation... et de façon plus absolue encore, lorsque le patrimoine des pays en voie de développement est en cause. Les temps sont révolus où la restauration était confinée à

l'Occident et à quelques rares pays de l'Orient. Aujourd'hui, des dizaines de pays neufs et des centaines de nouveaux musées des cinq continents sont en quête de directives précises à cet égard. Dans ces pays, le problème de loin le plus urgent dans le domaine culturel est celui de la conservation de leur patrimoine archéologique et artistique. Ces pays sont désormais responsables des témoins d'un passé dont ils sont fiers. »

Les chapitres ci-après énoncent un certain nombre de principes de base où le lecteur puisera, espère-t-on, des indications utiles sur la marche à suivre pour atteindre ce but.

BIBLIOGRAPHIE

COREMANS, P. 1965. *La formation des restaurateurs*.

Rapport présenté à la septième conférence générale de l'Icom, New York.

La Charte de Venise. *Vieilles maisons françaises* (Paris), n° 22, octobre 1964, p. 33-35.

PLENDERLEITH, H. J. 1966. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Paris, Édition Eyrolles. (Traduit de l'anglais.)

UNESCO. 1967. *Rapport sur le projet de recommandation aux États membres concernant la préservation des biens culturels mis en péril par des travaux publics ou privés* (Unesco/ SHC/4). Paris, 31 mars 1967.

Climat et microclimat

CLIMAT : DÉFINITION, TYPES ET RÉPARTITION

Le climat est la conséquence d'un grand nombre d'éléments et de facteurs divers. Les principaux éléments à considérer sont la température, l'ensoleillement et l'humidité (précipitations, condensation et état hygrométrique). Ils subissent l'influence de facteurs comme la latitude, l'altitude, les masses terrestres et les masses d'eau, les barrières montagneuses, les courants océaniques, les vents dominants et, dans le cas des surfaces terrestres, la topographie locale et la couverture de la surface (absence ou présence de végétation, nature de cette végétation, fait qu'elle est sèche ou mouillée, couleur).

Les spécialistes de la géographie physique et les climatologues ont proposé de nombreuses classifications des climats. Mais ils se sont tous fondés à peu près uniquement sur les variations de la température et de l'humidité, leurs mots clés étant équatorial, tropical, subtropical, de mousson, désertique, marin, littoral, continental, sub-polaire et polaire.

Nous pouvons adopter, dans ce manuel, la classification climatique simplifiée de Koeppé. Un coup d'œil sur la carte climatique de la zone tropicale — c'est-à-dire, théoriquement, de la zone comprise entre le tropique du Cancer (23°5' de latitude N) et le tropique du Capricorne (23°5' de latitude S) — montre que le climat est

constamment chaud et humide près de l'équateur, qu'en s'éloignant de cette ligne, il reste chaud, mais peut être humide ou sec, selon la saison (climat de mousson) et qu'à des latitudes plus élevées, les températures s'abaissent et l'état hygrométrique diminue davantage encore jusqu'à ce que règne le climat désertique. Toutes ces nuances correspondent à cinq des seize types que distingue Koeppé : les trois premiers (climat équatorial humide, littoral alizé et tropical humide-sec) peuvent être appelés des climats chauds et humides, tandis que les deux derniers (tropical semi-aride et tropical désertique) sont des climats chauds et secs qui appartiennent encore à la zone tropicale. Pour plus de clarté, nous ajouterons au tableau 1 deux autres types de climats secs (continental semi-aride et désertique de transition), bien qu'ils n'appartiennent plus à la zone tropicale.

Du point de vue géographique, les trois premiers types climatologiques de Koeppé couvrent 90 % de la zone tropicale, à savoir : L'Amérique centrale et la région des Antilles ;

La majeure partie de l'Amérique du Sud, au nord d'une ligne traversant le Pérou, la Bolivie, l'Argentine, le Paraguay et le Brésil méridional ;

L'Afrique au sud du Sahara et l'Afrique méridionale, y compris Madagascar ;

L'Asie du Sud, cette région étant limitée au nord par l'Himalaya et le plateau du Yunnan et à l'ouest par la vallée de l'Indus et comprenant les Philippines ;

TABLEAU 1. Principales caractéristiques des climats chauds et secs et des climats secs.

| Caractéristiques | Tropical semi-aride | Tropical désertique | Continental semi-aride | Désertique de transition |
|--------------------------------------|--|---|--|---|
| Température moyenne annuelle | Au moins 21 °C ^a | Au moins 21 °C ^a | Supérieure à 15,5 °C pendant 5 mois au moins Inférieure à 4,5 °C pendant le mois le plus froid | Supérieure à 15,5 °C pendant 3 mois au moins Inférieure à 4,5 °C pendant le mois le plus froid |
| Variation annuelle de la température | Moins de 13 °C, sauf dans les régions à régime de mousson accentuée | Généralement forte | Supérieure à 20 °C | Supérieure à 20 °C |
| Hauteur annuelle des précipitations | De 250 à 900 mm Inférieure à 25 mm pendant 5 mois au moins ^a | Inférieure à 250-350 mm selon la température ^a | De 150 à 400 mm dans les régions marginales côté pôle; de 300 à 560 mm dans les régions marginales côté équateur Maximum en été | Inférieure à 150 mm dans les régions marginales côté pôle et à 300 mm dans les régions marginales côté équateur Maximum en été ou maximum dédoublé |

^a. Y compris les régions où l'altitude peut réduire la température (en principe de 1 °C tous les 200 mètres) et les précipitations annuelles.

TABLEAU 2. Principales caractéristiques des climats chauds et humides.

| Caractéristiques | Équatorial humide | Littoral alizé | Tropical humide - sec |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Température annuelle moyenne | Tous les mois 21 °C minimum ^a | Au moins 21 °C | Au moins 21 °C |
| Variation annuelle de la température | Inférieure à 3 °C | Généralement inférieure à 10 °C | Inférieure à 8 °C, sauf dans les régions à régime de mousson accentuée |
| Hauteur annuelle des précipitations | Au moins 1 500 mm Tous les mois sont humides ^a | Supérieure à 900 mm Aucun mois n'est sans pluie ^a | Supérieure à 900 mm Saison sèche hivernale caractérisée ^a |

^a. Y compris les régions où l'altitude peut réduire la température (en principe de 1 °C tous les 200 mètres) et les précipitations annuelles.

TABLEAU 3. Quelques régimes climatiques ^a.

| Station | Altitude <i>b</i> | | Janv. | Fév. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Année | Variations de la température |
|----------------|-------------------|---|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------------------------------|
| Asunción | 150 | T | 28,3 | 27,7 | 26,6 | 23,7 | 17,7 | 16,6 | 17,2 | 17,7 | 21,6 | 23,7 | 25,0 | 27,7 | 23,7 | 11,6 |
| | | P | 13,9 | 12,8 | 9,9 | 13,1 | 10,7 | 6,9 | 5,6 | 2,7 | 7,9 | 13,9 | 14,9 | 20,2 | 132,5 | |
| Bagdad | 36,5 | T | 9,4 | 11,5 | 19,0 | 21,6 | 27,7 | 31,6 | 33,9 | 33,9 | 30,6 | 24,4 | 17,7 | 11,5 | 22,8 | 24,5 |
| | | P | 2,3 | 2,5 | 2,8 | 1,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 2,0 | 2,5 | 14,9 | |
| Bangkok | 2,3 | T | 25,5 | 27,2 | 28,9 | 30,0 | 29,5 | 28,3 | 28,3 | 28,3 | 27,7 | 27,2 | 26,2 | 25,0 | 27,2 | 5,0 |
| | | P | 0,76 | 2,0 | 3,5 | 5,8 | 19,5 | 16,0 | 16,0 | 17,5 | 30,5 | 20,6 | 6,6 | 0,5 | 139,3 | |
| Djakarta | 8,5 | T | 26,2 | 26,2 | 26,6 | 27,2 | 27,2 | 26,6 | 26,6 | 26,6 | 27,2 | 26,6 | 26,6 | 26,2 | 26,6 | 1,0 |
| | | P | 29,7 | 45,6 | 21,2 | 14,1 | 9,9 | 9,1 | 6,6 | 3,8 | 7,1 | 10,4 | 14,4 | 19,3 | 192,2 | |
| Khartoum | 420,7 | T | 23,7 | 25,0 | 28,3 | 31,6 | 33,3 | 33,3 | 31,6 | 30,6 | 32,2 | 32,2 | 28,3 | 25,0 | 29,5 | 9,6 |
| | | P | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,76 | 5,3 | 7,1 | 1,8 | 0,5 | 0,25 | 0,0 | 16,9 | |
| Lima | 109,7 | T | 22,8 | 23,7 | 23,7 | 21,6 | 17,7 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 17,7 | 18,8 | 21,1 | 20,0 | 6,5 |
| | | P | 0,25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,25 | 0,5 | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,25 | 0,25 | 0,0 | 3,6 | |
| Mexico | 2 162 | T | 12,2 | 13,3 | 16,0 | 17,7 | 18,8 | 19,4 | 17,2 | 17,2 | 17,2 | 15,5 | 13,9 | 12,8 | 15,5 | 5,5 |
| | | P | 1,26 | 0,50 | 0,9 | 2,0 | 5,3 | 10,9 | 17,0 | 15,2 | 12,9 | 5,0 | 1,78 | 0,76 | 73,5 | |
| New Delhi | 234,8 | T | 13,9 | 16,6 | 22,2 | 27,7 | 33,3 | 33,3 | 31,1 | 30,0 | 28,9 | 26,2 | 20,0 | 15,0 | 25,0 | 19,4 |
| | | P | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 0,8 | 1,3 | 7,4 | 18,0 | 17,3 | 10,7 | 0,9 | 0,25 | 0,9 | 63,0 | |
| Rangoon | 5,9 | T | 25,0 | 26,2 | 28,3 | 30,0 | 28,9 | 27,2 | 26,6 | 26,6 | 27,2 | 27,7 | 26,6 | 25,0 | 27,2 | 5,0 |
| | | P | 0,25 | 0,5 | 0,76 | 5,0 | 30,5 | 48,0 | 58,2 | 52,8 | 39,4 | 18,0 | 6,8 | 2,0 | 262,2 | |
| Rio de Janeiro | 66,0 | T | 25,0 | 25,5 | 25,0 | 23,9 | 22,2 | 21,1 | 20,5 | 20,5 | 21,1 | 21,6 | 22,8 | 23,9 | 22,8 | 5,0 |
| | | P | 12,6 | 10,4 | 13,9 | 9,7 | 8,4 | 5,8 | 4,6 | 4,8 | 6,6 | 8,5 | 9,4 | 13,9 | 108,6 | |
| Stanleyville | 450 | T | 25,5 | 25,5 | 25,5 | 26,2 | 25,5 | 25,0 | 23,9 | 23,9 | 24,4 | 25,0 | 24,4 | 25,0 | 25,0 | 2,3 |
| | | P | 5,3 | 8,4 | 17,8 | 15,7 | 13,5 | 10,4 | 13,1 | 16,5 | 18,3 | 21,8 | 19,8 | 8,4 | 169,0 | |

^a. Adapté de W. G. Kendrew, *The climates of the continents*, Oxford, 1961.*b*. En mètres.

T = Température moyenne en °C.

P = Hauteur des précipitations en centimètres.

L'Indonésie et les îles du Pacifique sud, ainsi qu'une bande de territoire australien située le long des côtes septentrionale et orientale de ce continent, jusqu'à la latitude de la Nouvelle-Calédonie.

Ces trois régions climatiques chaudes et humides sont limitées du côté du pôle par des régions appartenant aux deux types climatiques chaud et sec, dont l'ensemble couvre 10 % environ de la zone tropicale, notamment dans les régions suivantes :

Plateau central du Mexique septentrional ;
Bande côtière à l'ouest des Andes (le climat des régions de haute altitude du Pérou et du Chili septentrional étant tout à fait différent) ;

Région désertique des parties septentrionale et centrale de l'Afrique orientale et la quasi-totalité de l'Afrique méridionale ;

Régions désertiques de l'Arabie, de la Jordanie, de la Syrie et de l'Irak ; plus à l'est, une bande de terre située le long du golfe Persique et la majeure partie du Pakistan-Occidental ;

Une grande partie du désert australien.

Quant aux deux derniers types de climat sec, ils n'appartiennent pas à la zone tropicale, mais se situent dans son voisinage immédiat et s'étendent principalement de la Turquie et de la mer Noire à l'Asie centrale.

L'ensemble de ces régions climatiques correspond à un peu moins de 60 % de la surface terrestre du globe et groupe environ 45 % de la population mondiale ; on y trouve presque tous les pays relativement peu développés du point de vue économique.

RÉPARTITION HISTORIQUE DES PREMIÈRES CIVILISATIONS

Du point de vue historique, ces régions climatiques ne comprennent ni les civilisations de l'Amérique du Nord et de l'Europe, ni celles de l'Extrême-Orient riveraines du Pacifique nord. Elles comprennent la civilisation précolombienne d'Amérique, les royaumes noirs de l'Afrique centrale, la

civilisation de l'Asie centrale, les civilisations du Nil, ainsi que celles de l'Euphrate et du Tigre et des plaines et plateaux situés à l'ouest et à l'est de ces fleuves, les civilisations hindoues et indianisées de l'Asie du Sud et du Sud-Est. A bien des égards on pourrait même dire que les climats chauds et humides-secs correspondent à toutes les civilisations et cultures du monde à l'exception de celles qui sont nées sur les rives de l'Atlantique nord, du Pacifique nord et de la Méditerranée septentrionale.

CLIMAT, VÉGÉTATION SOL ET OCCUPATION HUMAINE

Il y a interaction constante entre le climat, la végétation, le sol et l'occupation humaine.

Végétation

Dans le milieu constamment chaud et humide qui règne près de l'équateur, la végétation caractéristique correspond à la forêt pluviale équatoriale (forêt luxuriante et composée de grands arbres). A des latitudes plus élevées de la zone tropicale, où apparaît une saison sèche, la savane domine (graminées hautes et dures, souvent associées à des arbres). Dans les climats secs, qu'il s'agisse encore de la zone tropicale ou de régions situées à de plus hautes latitudes, il y a beaucoup de steppes et de déserts ; la couverture végétale est soit réduite à des plantes basses et à des graminées (steppe), soit pratiquement inexistante (désert). Plus près des pôles et très loin de la zone tropicale, on trouve la toundra (arbres nains, lorsqu'il en existe, et certains autres végétaux) ou la calotte glaciaire (à peu près aucune vie végétale).

Sol

La latérite rougeâtre est le sol résiduel le plus commun dans la zone tropicale. La température élevée et l'humidité provoquent

une désintégration chimique et biologique considérable du sol original, qui prive la couche superficielle de ses composants minéraux et de son humus et aboutit, dans les cas extrêmes de latéritisation, à la formation d'une roche rougeâtre poreuse formée principalement d'hydrates insolubles d'aluminium et de fer. Parfois, la partie du sol relativement moins désagrégée des bords des rivières est emportée au loin dans les plaines inondables et les deltas, où l'on trouve des dépôts alluviaux très fertiles : par exemple, dans certaines parties de l'Asie du Sud. A de plus hautes latitudes et en climat sec, l'action météorique est essentiellement mécanique et non plus chimique ou biologique, et la couche superficielle de sol résiduel dit « podzolique » contient beaucoup plus de substances minérales. La présence d'humus et l'existence de ressources en eau déterminent la capacité de production de ce sol argileux. L'irrigation devient alors un facteur très important, non seulement pour assurer une répartition acceptable de l'eau, mais aussi pour permettre l'extraction de la chaux et du gypse en excès dans le sol : le déclin de la civilisation en Mésopotamie a commencé lorsque le sol est devenu trop salé parce que la situation générale ne permettait plus d'entretenir convenablement les nombreux canaux d'irrigation de la vallée de l'Euphrate et du Tigre.

Sans négliger les diverses pierres naturelles (roches volcaniques, métamorphiques et sédimentaires), les anciennes civilisations de la zone tropicale ont tiré de leurs sols locaux les matériaux de construction de leurs monuments. On employait très souvent l'argile, séchée au soleil ou cuite, ainsi que la roche latéritique poreuse (surtout pour les fondations construites dans les plaines inondables, afin de protéger les bâtiments contre les remontées d'eau par capillarité).

Occupation humaine

La densité de la population est généralement faible dans les régions tropicales, où la

température et l'humidité sont élevées et uniformes et où l'activité humaine est réduite au strict minimum : la nature fournit de quoi vivre, le climat est débilitant, les maladies sont nombreuses ; il faut souvent parcourir de grandes distances presque sans moyens de transport et les sols sont rarement fertiles. Les établissements humains ont été plus nombreux dans les régions de mousson à saison sèche, qui donne à l'organisme humain un certain répit, et à saison humide, pendant laquelle l'homme doit travailler pour assurer son existence pendant la période improductive. Aux époques où l'agriculture était la principale occupation de l'homme, les grandes densités de population se trouvaient surtout le long des fleuves et dans les plaines alluviales et les deltas, ce qui explique en partie l'essor précoce des civilisations de l'ancienne Égypte et de la Mésopotamie, ainsi que de l'Asie du Sud et de la Chine.

LE CLIMAT ET LA DÉTÉRIORATION DES BIENS CULTURELS

Des objets de cuivre et de bronze qui sont restés pendant de nombreux siècles dans une caverne où l'air était stable et non corrosif ont été retrouvés avec une surface à peu près intacte. Il n'est pas rare que des peintures anciennes ayant toujours appartenu à la même collection et n'ayant jamais voyagé soient restées exemptes des craquelures caractéristiques. Il arrive que des vestiges archéologiques retirés en excellent état d'un sol où les conditions physiques étaient constantes se détériorent et soient définitivement perdus après quelques minutes d'exposition à l'air. Il est universellement admis que la meilleure façon de préserver les objets culturels est de climatiser les salles de musée, ce qui assure des conditions de température et d'humidité uniformes avec un degré acceptable de pureté atmosphérique.

Tout cela montre l'importance du climat, qu'il faut considérer comme la cause

principale de la détérioration ou de la conservation des biens culturels. Ses effets sont encore plus marqués dans la zone tropicale qu'à des latitudes plus élevées.

Nous allons maintenant examiner brièvement l'influence générale de la température, de l'humidité et des impuretés atmosphériques considérées comme agents climatiques destructeurs, séparément ou en combinaison, avant de passer à l'étude de ces influences dans les milieux plus localisés (microclimat) où sont conservés des biens culturels — que ceux-ci soient à l'air libre ou abrités dans le local clos d'un musée, d'une collection ou de tout autre bâtiment.

*Combinaison d'une température élevée
et d'une grande humidité*

Ces caractéristiques définissent le climat de la zone tropicale. Elles favorisent à la fois la désintégration chimique et les attaques d'agents biologiques: la désintégration chimique, parce que la plupart des réactions dépendent d'un certain degré d'humidité et sont normalement accélérées par une élévation de la température, et les attaques d'agents biologiques parce que les conditions du développement des cryptogames (champignons, algues, mousses et lichens) aux températures tropicales de 25 à 30 °C sont optimales à partir de 70 % d'humidité relative. Ces conditions sont également idéales pour le développement des bactéries et des insectes, notamment des termites qui sont à redouter non seulement dans la zone tropicale, mais même au-delà.

*Combinaison d'une température basse
et d'une grande humidité*

De nombreuses substances sont hygroscopiques, c'est-à-dire qu'elles prélèvent de l'humidité environnante pour l'intégrer à la structure physique de leurs molécules, ou tout simplement qu'elles l'absorbent méca-

niquement puis la libèrent comme le ferait une éponge.

Comme la température s'abaisse en moyenne de 1 °C tous les 200 mètres d'altitude, le point de congélation peut être atteint à des altitudes relativement hautes dans la zone tropicale (par exemple, dans les Andes ou l'Himalaya). Le gel fait augmenter sensiblement de volume l'humidité contenue dans les objets anciens, qui se crevassent et s'émiettent. Ce phénomène est appelé l'« action du gel »; après la sulfatation, c'est le pire ennemi des monuments historiques dans les régions climatiques à hiver froid.

*Combinaison d'une température élevée
et d'une faible humidité*

Cette combinaison est caractéristique des terres sèches, qui se définissent par un excès d'évaporation par rapport aux précipitations. Ces régions sont en outre souvent exposées à des vents violents, car la végétation y est généralement clairsemée. Le soleil y brille dans un ciel clair et chauffe rapidement le sol et les matériaux de construction, surtout lorsqu'ils sont de couleur sombre; mais les nuits sont fraîches, de sorte que les écarts quotidiens de température sont considérables. Il en résulte une succession de dilatations et de contractions de la couche externe des matériaux, qui les rend fragiles et friables.

L'éclatement de nombreuses statues de grande taille comme celles du désert de Nubie, peut s'expliquer de cette façon. En plus de cette altération mécanique des matériaux, on constate une certaine action chimique lorsqu'une pluie se produit: les sels solubles affleurent la surface des pierres poreuses par suite de l'évaporation due au soleil; ils s'y cristallisent et détériorent la couche externe de la pierre.

La température considérée isolément

Température moyenne annuelle. Aux latitudes voisines de l'équateur et au niveau de la

mer, la température moyenne annuelle est de 26 °C: par exemple, à Djakarta (Indonésie), situé à 6° 11' de latitude S. A de plus hautes latitudes, les chiffres moyens sont naturellement moindres: New York (40° 25' N), 12 °C; Paris (48° 48' N), 10,5 °C; Moscou (55° 45' N), 4 °C. Théoriquement, donc, l'influence de la température sur les matériaux est la plus grande dans la zone tropicale.

Variation annuelle. Dans la zone tropicale, la variation annuelle de la température est de l'ordre de 0,5 à 2,5 °C près de l'équateur; elle augmente avec la latitude; bien entendu, elle dépend aussi d'autres facteurs. Voici quelques exemples de cette variation annuelle: Djakarta (6° 11' S), 1 °C; Lima (12° 02' S), 7 °C; Rangoon (16° 47' N), 11 °C; New Delhi (28° 39' N), 19 °C; Bagdad (35° 15' N), 24 °C; New York (40° 25' N), 23 °C; Paris (48° 48' N), 16 °C; Moscou (55° 45' N), 30 °C.

Tandis que la température moyenne annuelle est un chiffre théorique, l'écart annuel donne une idée des variations au cours de l'année, ce qui est une indication plus importante pour notre propos étant donné que les matériaux sont plus sensibles aux variations qu'à un niveau absolu, quel qu'il soit.

Variation diurne. Dans la zone tropicale, la variation diurne est, de façon caractéristique, plus grande que la variation annuelle. De forts et brusques changements diurnes sont beaucoup plus nuisibles que les variations saisonnières en raison de leur fréquence et de leur effet cumulatif. Une dilatation et une contraction continuelle de la structure cristalline ou amorphe des matériaux de construction, surtout au voisinage de la surface qui est alternativement chauffée et refroidie, aboutit nécessairement à la « fatigue » et à la rupture. En fait, très souvent, notamment dans le cas des monuments exposés à un climat continental où les variations diurnes sont fortes, on

admet que les changements de température constituent le principal facteur de dégradation. Il est difficile d'avoir des données exactes sur des variations diurnes, et encore plus sur les extrêmes quotidiens qui servent à établir ses données.

A titre de comparaison, Kendrew note à In-Salah (Sahara) un maximum de 52 °C et un minimum de 21 °C. Les surfaces du sable et de la pierre atteignent des températures encore plus élevées que l'atmosphère, comme l'indiquent les relevés faits sur des surfaces rocheuses:

Borobudur (Indonésie): de 25 à 45 °C en quatre heures.

Abou Simbel (Soudan égyptien): de 15 à 41 °C en moins de huit heures.

Persépolis (Iran): de 2 à 34 °C en six heures.

Mais cette chaleur excessive ne pénètre pas très loin: à 5 cm environ de la surface, la température de la pierre est très proche de la moyenne. Il ne faut toutefois pas oublier que la couche superficielle de la pierre ne peut résister indéfiniment à des réchauffements et à des refroidissements répétés. Telle est la principale raison pour laquelle à Musti (Tunisie) une inscription gravée sur une pierre calcaire est devenue presque illisible six mois après qu'une fouille l'eut fait découvrir; cela explique aussi pourquoi certains des merveilleux bas-reliefs calcaires de Persépolis ont perdu la plus grande partie de leur netteté trente ou quarante ans seulement après avoir été dégagés du sol qui les avait conservés intacts pendant deux millénaires et demi.

L'humidité considérée isolément

Par l'humidité, on entend toutes les formes de précipitations et de condensations (pluie, brouillard, grêle, neige), ainsi que l'état hygrométrique. Bien entendu, la grêle et la neige sont exceptionnelles dans les régions tropicales.

Humidité relative ¹. Ce que nous avons dit de la température pourrait être répété pour l'humidité relative: la moyenne annuelle donne le niveau général qui sert de point de départ, mais elle est moins importante que les variations saisonnières et bien moins encore que les variations et les extrêmes quotidiens. Il convient aussi de noter que les maximums d'humidité relative se produisent un peu avant le lever du soleil et les minimums au début de l'après-midi (c'est à peu près l'inverse de ce qui se passe pour la température): la période la plus favorable pour la croissance de cryptogames sur les monuments qui se trouvent à l'air libre commence au coucher du soleil; cette période est d'ailleurs la même pour la corrosion des objets de musée, comme les bronzes, qu'ils soient exposés en plein air ou à l'intérieur.

Près de l'équateur, l'humidité relative n'est jamais inférieure à 80 % pendant toute l'année. Les variations annuelles augmentent avec la latitude, mais même dans les régions où apparaît une saison sèche, l'humidité relative reste constamment élevée. Aux confins de la zone tropicale, où les terres continentales ont un climat chaud et sec, l'humidité relative peut être faible pendant toute l'année, ou peut varier de 10 ou 20 % jusqu'à 80 % et davantage. Ces changements incessants dégradent les matériaux anciens, notamment lorsque leur structure cellulaire est sensible à l'humidité.

Précipitations. Là encore la moyenne annuelle a moins d'importance que la répartition des précipitations (le plus souvent sous forme de pluies dans la région tropicale) au cours de l'année. La dégradation est moindre lorsque la répartition est uniforme — que la hauteur totale des précipitations soit élevée ou faible — car les matériaux sont maintenus dans un certain état d'équilibre. Tel n'est pas le cas lorsque la mousson d'hiver apporte quelque 80 % de la hauteur totale des précipitations annuelles en moins de quatre à cinq mois et lorsque chaque chute

de pluie est suivie d'un soleil éclatant qui chauffe rapidement les monuments et évapore l'eau absorbée: le passage continu du mouillé au sec, du froid à la chaleur, combiné à l'effet mécanique de la pluie qui bat les toits, les voûtes et les murs, aboutit finalement à une dégradation considérable. Outre cet effet essentiellement mécanique de la pluie, il ne faut pas oublier non plus que l'eau de pluie a un pouvoir dissolvant appréciable sur de nombreux bâtiments et, de façon générale, sur les matériaux anciens. L'eau de pluie contient toujours du gaz carbonique absorbé dans l'atmosphère ainsi que d'autres impuretés. Si elle n'est pas rapidement évacuée son action dissolvante est accrue.

Le temple bouddhiste de Borobudur nous fournit une bonne illustration de ce phénomène: depuis sa restauration (1907-1911), l'exposition aux intempéries a rendu friable la surface de ses pierres d'andésite et a dénudé de nombreux joints; des analyses ont montré que les composés initiaux de calcium, de fer, de silicium et d'aluminium se désintègrent localement en éléments, dont la plupart sont des oxydes de calcium et de fer, du carbonate de calcium, de la silice et du kaolin. Ces sels se cristallisent à la surface en formant ce qu'on appelle des efflorescences. Trop souvent, dans beaucoup de pays, faute de crédits ou par simple négligence, on laisse dans un état déplorable des monuments anciens de grande valeur exposés à la pluie qui y pénètre de toutes parts et les condamne à l'effritement et à une disparition rapide. Tel est surtout le sort des bâtiments construits en pierres tendres naturelles, en briques cuites à une température trop basse ou en briques crues. C'est un spectacle trop fréquent que ces coulées d'eau de pluie qui abîment complètement

1. Humidité relative: rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume donné d'air à une température donnée avec la quantité de vapeur d'eau que contiendrait ce même volume d'air à la même température s'il était saturé.

de précieuses fresques ornant les murs intérieurs de bâtiments d'une valeur historique ou artistique.

Action capillaire. De nombreux sites anciens se trouvent dans des plaines inondables. Chaque année, à la saison des pluies, d'énormes quantités d'eau dévalent des hauts pays situés dans l'intérieur des terres, ce qui a souvent pour effet de relever le plan d'eau jusqu'à la surface du sol ou même à un niveau supérieur. L'eau pénètre alors dans les murs des bâtiments et s'élève par action capillaire jusqu'à plus de 2 ou 3 mètres au-dessus du plan d'eau. Cette alternance annuelle incessante d'humectation et de séchage des fondations et des murs diminue la cohésion des matériaux, les affaiblit considérablement et amorce souvent une grave détérioration des édifices.

Les eaux souterraines contiennent presque toujours des sels en solution ou en suspension : chlorure de sodium (près de la mer), carbonate de sodium et sulfate de sodium (gypse), et maints autres composants du sol ou des roches que les crues transportent parfois fort loin. Pendant la saison sèche, l'eau salée passe progressivement dans les couches extérieures des murs et des édifices, où elle s'évapore en abandonnant des dépôts salins (efflorescences) à la surface ou à son voisinage. Il s'agit là d'une autre cause de dégradation aussi bien de bâtiments entiers que des peintures murales, des sculptures, etc., qu'ils abritent.

La pollution atmosphérique

Du fait de sa composition chimique et surtout de l'oxygène qu'il contient, l'air est un agent actif de détérioration. Cette action peut être notablement accrue par diverses impuretés d'origine humaine ou naturelle.

Sulfatation. La sulfatation est un phénomène caractéristique des grandes villes et des régions industrielles où se consomment des

combustibles sulfureux. Les huiles minérales et le charbon peuvent contenir jusqu'à 1 ou 2 % de soufre. Celui-ci s'oxyde facilement en formant de l'acide sulfureux, puis de l'acide sulfurique, associés au dépôt de fines particules, surtout de suie. Dans les pays d'Occident, la plupart des églises portent des traînées alternativement noires et blanches et même des musées comme la National Gallery de Londres doivent prendre des précautions spéciales contre l'infiltration de la suie dans les salles d'exposition et les vitrines. Les matériaux de construction, surtout lorsque le calcaire en est un élément essentiel, sont très sensibles à l'acide sulfurique. Des coupes permettent de constater qu'au voisinage immédiat des dépôts superficiels de suie noire, le carbonate de calcium se transforme en sulfate de calcium, en provoquant un gonflement qui fait apparaître des fissures au-dessous. Remplacer constamment les pierres délabrées par de nouvelles est une solution facile, mais aussi très onéreuse et qui a pour effet de transformer systématiquement le monument original et sa décoration en une copie. Le Royaume-Uni, la Belgique, et la France ont entrepris de laver les façades et l'on espère que l'Unesco et les organisations internationales spécialisées encourageront les recherches de laboratoire pour découvrir de bons stabilisants chimiques. Le chauffage domestique est à peu près inexistant dans les régions tropicales, mais l'industrialisation commence à s'y développer en maints endroits et la contamination sulfureuse n'y est plus un danger lointain. De plus, l'activité volcanique libère des gaz sulfureux et les exemples ne manquent pas (le plateau de Dieng, à Java, mérite ici d'être cité) des graves dégâts qui peuvent ainsi être causés à des bâtiments anciens.

Chloruration. De nombreux sites et monuments anciens (par exemple, Carthage, en Tunisie) sont proches de la mer et exposés aux vents du large et aux brouillards

porteurs de minuscules particules de chlorure de sodium. Ces particules se déposent sur les murs et les toits ; elles s'y cristallisent et s'y dissolvent et sont entraînées à des niveaux inférieurs ou plus profonds du bâtiment, où elles se recristallisent en créant de puissantes tensions mécaniques. Le chlorure de sodium est aussi un puissant réactif chimique ; il attaque de nombreux matériaux (les alliages de cuivre en sont l'exemple le mieux connu) et il est souvent la cause de la corrosion continue des objets conservés dans les musées des régions côtières.

Érosion. Lorsqu'elles étaient en plein essor, bien des grandes villes et des communautés religieuses de l'antiquité étaient protégées contre les vents dominants et la poussière par des ceintures d'arbres ou d'autres sortes de végétation. Le visiteur qui se rend aujourd'hui dans ces sites anciens est frappé surtout de découvrir des ruines aussi nombreuses et importantes au milieu d'un désert où se déchaîne le vent, chassant des myriades de particules de sable contre ce qui reste des murs, des toits et des voûtes. Ainsi Baalbek au Liban, Palmyre en Syrie, Hatra en Irak, Persépolis en Iran, Pagan en Birmanie, et maints sites d'Égypte ou de l'Inde trop nombreux pour être tous cités. Très souvent la cause presque unique de tant de destructions n'est autre que l'érosion.

Les cyclones tropicaux qui prennent naissance dans la zone des basses pressions équatoriales (doldrums ou calmes équatoriaux), les vents qui descendent des hautes vers les basses terres et les vents locaux dominants ont érodé de nombreux sites historiques. Cette situation est à peu près sans remède, à moins qu'un département archéologique bien organisé dispose du personnel et des moyens financiers nécessaires pour s'attaquer systématiquement à ce problème.

Tectonique. Les spécialistes commencent maintenant à localiser avec quelque précision

les régions séismiques de la surface terrestre où l'activité volcanique et les tremblements de terre sont les plus fréquents. Dans une large mesure, ces régions se trouvent dans la zone tropicale : l'éruption du Gunung Agung, à Bali, est venue nous le rappeler récemment. Ce qui est moins connu, c'est qu'un certain nombre de sites anciens de ces régions sont sujets à des vibrations volcaniques très fréquentes, bien que d'amplitude très limitée, et que cela peut expliquer l'instabilité des fondations. De façon générale, cependant, le mauvais état de ces fondations relève de plusieurs facteurs, y compris notamment l'action de l'eau par capillarité et les modifications sensibles de la teneur en eau du sous-sol provoquées par l'urbanisation et les travaux publics, la construction de barrages, etc.

DU CLIMAT AU MICROCLIMAT : SITES ANCIENS ET MUSÉES

Étant donné que les conditions climatiques peuvent être la cause de la dégradation des matériaux de tout genre, un expert que l'on enverra dans un pays déterminé pour faire rapport sur les causes principales de détérioration des sites et des objets d'importance culturelle et sur les méthodes propres à en assurer la préservation commencera par définir les caractéristiques générales du climat, afin d'appliquer ces connaissances aux cas particuliers, c'est-à-dire aux conditions que subissent à l'air libre les sites historiques ou aux conditions qui règnent à l'intérieur des musées. Ce faisant, il passe du climat au microclimat.

En d'autres termes, le terme « climat » et le classement des types climatiques généraux ne sont applicables qu'à de vastes régions du globe. Ainsi, on dit que les « climats chauds et humides » correspondent en gros à la zone tropicale. Cependant, même cette constatation très générale n'est pas absolument vraie pour toutes les régions du monde. Par suite surtout de la répartition et de l'orientation irrégulières des vastes

masses continentales, la limite septentrionale des climats chauds et humides ne coïncide avec le tropique du Cancer qu'en Amérique centrale; elle se trouve à une latitude sensiblement plus élevée en Asie du Sud et à une latitude beaucoup plus basse (approximativement 10 à 15° N) en Afrique.

Subdivisions climatiques

Il faut faire encore plus de réserves lorsqu'on en vient à définir le climat d'un seul pays. Au Mexique, étroite bande de terre entre de vastes masses océaniques, le climat est loin d'être le même dans tout le pays. De façon générale, on peut dire qu'il est chaud et humide sur les côtes orientale et occidentale, mais il tend nettement vers un climat « tropical humide-sec » à l'ouest et vers un climat « littoral alizé » à l'est, tandis que le climat du plateau septentrional intérieur est entièrement différent et correspond au type « tropical semi-aride ». L'altitude joue aussi un rôle; les zones qui se succèdent depuis le niveau de la mer jusqu'à 2 000 mètres ou plus sont appelées *tierra caliente* (terre chaude), *tierra templada* (terre tempérée) et *tierra fria* (terre froide).

La ville comme microclimat

En réduisant encore son champ d'étude, l'observateur constate que les caractéristiques climatiques propres à une région limitée donnée prennent une importance particulière par rapport aux conditions climatiques générales de la région environnante. C'est là que commence l'étude du microclimat.

L'un des meilleurs exemples de ce phénomène est le microclimat d'une grande ville. Par comparaison avec les caractéristiques climatiques générales de la région environnante, une ville comme Paris reçoit un rayonnement solaire direct moindre, mais a plus de chaleur artificielle provenant des foyers domestiques et industriels; les

précipitations y sont plus fortes, mais l'humidité relative est plus faible et la pollution atmosphérique est beaucoup plus prononcée. Pour ces raisons, le microclimat parisien influe sur la dégradation des monuments historiques et des objets de musée d'une façon entièrement différente de ce qui se passe, par exemple, à Versailles, distante seulement de 20 kilomètres

Les sites historiques

De même, on peut dire de beaucoup de sites historiques qu'ils ont un microclimat propre.

Au Mexique, les nombreux sites mayas des basses terres septentrionales du Yucatán ont un climat général qui diffère du microclimat de Bonampak (aux célèbres peintures murales mayas); ce site domine la plaine, mais est orienté vers l'ouest et abrité par les pentes montagneuses et par une couverture forestière typique.

Comme beaucoup d'autres ensembles monumentaux d'Asie méridionale, le célèbre site khmère d'Angkor, au Cambodge, est un espace découvert au milieu d'une immense forêt. Son microclimat est donc très différent de celui de sites qui n'ont pas une barrière naturelle de ce genre pour les protéger contre l'érosion des vents violents et des tempêtes de sable. L'érosion la plus active est celle qu'on observe dans les régions désertiques, comme sur le site parthe de Hatra (Irak), les sites romains de Palmyre (Syrie) ou de Baalbek (Liban) et de nombreux sites de l'Inde. Les dégradations sont moins graves, bien que sensibles encore, lorsqu'une certaine végétation a subsisté, comme à Ayudhya (Thaïlande) ou, dans une moindre mesure, à Pagan (Birmanie).

L'un de sites bouddhiques les plus importants du monde est Pagan, à quelque 400 kilomètres au nord de Rangoon, la capitale de la Birmanie. Pourtant, malgré leur proximité, les microclimats respectifs de Pagan et de Rangoon sont entièrement différents (la pluviosité annuelle est environ

quatre fois plus forte à Rangoon) si bien que la préservation des monuments anciens doit faire l'objet dans chacun de ces deux cas de mesures particulières.

Bien qu'elles se trouvent dans une région où les précipitations moyennes annuelles sont inférieures à 50 mm, beaucoup de ruines pré-incas ou incas en adobe ou brique crue qui parsèment l'étroite plaine côtière du Pérou souffrent des vents du large qui apportent vers l'intérieur des terres une brume chargée de scl. Les sites archéologiques des pentes adjacentes ou des hautes terres andines (Machu Pichu et le Cuzco) sont soumis à des conditions entièrement différentes.

Le haut-plateau d'Iran est considéré comme ayant un climat de type « continental semi-aride ». Pourtant, sur ce plateau, le site achéménide de Persépolis a un microclimat très caractérisé. A l'est, une colline cache le soleil levant pendant une ou deux heures, puis soudain le plein soleil illumine le site et, en une demi-heure, la température des pierres blanches s'élève d'environ 16 °C.

Le sol où se trouvent ensevelis des objets archéologiques a son propre climat, et il est parfois extrêmement dangereux d'exposer brusquement ces objets à l'air. Après avoir passé de nombreux siècles dans un milieu stable — humide ou sec — ces objets sont en effet parvenus à un état d'équilibre, que rompt le contact soudain avec l'atmosphère dont le degré d'humidité est différent. Dans ces conditions, la structure cellulaire d'une matière organique peut s'effondrer et provoquer rapidement une pulvérisation totale.

L'un des meilleurs exemples qu'on puisse citer en ce qui concerne les rapports entre le microclimat et la conservation est celui des grottes profondes sous une grande épaisseur rocheuse qui stabilise les conditions physiques régnant à l'intérieur. C'est pour cette raison que, pendant la dernière guerre mondiale, de nombreuses œuvres d'art et objets anciens ont été parfaitement conservés dans des dépôts souterrains de ce genre :

par exemple, à Festiniog (pays de Galles) et à Alt Ausec (Autriche), que caractérisent une température généralement basse mais égale et une humidité relative élevée, mais égale elle aussi. Mais il peut arriver que l'entreposage en milieu souterrain se trouve compliqué par des facteurs tels que les infiltrations d'eau, les efflorescences de sels, de développement de cryptogames et la présence de certains genres d'insectes. On sait que beaucoup des vestiges culturels les plus anciens se trouvent dans des cavernes, comme à Altamira (Espagne), Lascaux (France) et Bagh (Inde), ainsi que dans des milliers d'autres sites moins célèbres d'Amérique, d'Europe, d'Afrique, d'Asie et d'Océanie. L'effet des conditions extérieures locales doit alors être évalué uniquement en fonction du microclimat souterrain, base de toutes les études à effectuer ou des mesures à prendre.

Emmagasinage

De même, la préservation des trésors archéologiques et artistiques à l'intérieur de bâtiments (comme c'est le cas pour de nombreux musées) doit être étudiée en fonction du microclimat clos que constitue l'espace compris entre des murs, un toit, des voûtes ou des vitrines.

Bien entendu, l'effet détériorant du climat est moins à craindre à l'intérieur d'un bâtiment, notamment dans les régions de climat tempéré ou froid, où les salles d'exposition et les réserves des musées sont presque complètement isolées de l'extérieur. M. H. J. Plenderleith (1966) donne un exemple frappant de l'action protectrice des murs extérieurs et des vitrines. Sous le titre « Variations synchroniques de la température et de l'humidité relative dans l'atmosphère en différents lieux » (p. 21), il montre les grandes variations de température et d'humidité relative enregistrées en plein air à Londres, les variations beaucoup moins fortes enregistrées à l'intérieur d'une salle d'exposition du British Museum

et la courbe presque uniforme qui caractérise l'atmosphère à l'intérieur d'une vitrine. Comme la stabilité de l'atmosphère est le facteur le plus important de la conservation, les conditions qui règnent à l'intérieur d'un musée sont évidemment beaucoup plus sûres que l'exposition continue en plein air à laquelle sont soumis la plupart des sites anciens. Or, vers les tropiques et l'équateur, on construit généralement les musées avec des matériaux relativement peu isolants, si bien que, souvent, la pureté, le degré d'humidité et la température de l'atmosphère intérieure diffèrent à peine des conditions atmosphériques extérieures. Et comme les climats tropicaux ont normalement des températures et une humidité relative élevées, la désintégration chimique, physique et biologique y est à craindre plus que partout ailleurs.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

De nombreux aspects de la conservation sont étudiés dans le manuel de l'Unesco intitulé *L'organisation des musées. Conseils pratiques* (1959)¹. D'un autre côté, les principales causes de dégradation des objets qui se trouvent dans les collections des musées sont résumées dans le tableau de Plenderleith (1966, p. 27) joint en annexe. On peut tirer de tout ce qui précède un certain nombre de conclusions générales, concernant notamment les conditions qui règnent dans les régions tropicales.

1. Il est possible le plus souvent d'éliminer les impuretés atmosphériques, si bien que la température et l'humidité restent les causes principales de détérioration des biens culturels.
2. Dans les régions tropicales, l'influence de la température est particulièrement marquée (beaucoup plus que ne l'indique le tableau de Plenderleith, qui analyse les conditions régnant à des latitudes plus froides). Il n'est guère possible d'assurer à peu de frais une protection contre les températures élevées; très

souvent, à défaut de climatisation, on peut recourir à des murs et à des toits protecteurs épais, à des doubles murs renfermant une couche d'air, ou à un corridor extérieur parallèle aux salles d'exposition (comme dans les constructions anciennes des pays musulmans).

3. Lorsque l'humidité relative est constamment élevée, comme dans le climat « équatorial humide », des précautions spéciales doivent être prises contre le développement des cryptogames et l'action des insectes. Une circulation d'air et une ventilation satisfaisantes associées à des appareils de réfrigération constituent un moyen simple de protection contre la condensation.
4. Lorsque le degré d'humidité varie au cours de l'année, comme dans les climats « tropicaux humides-secs », c'est précisément cette alternance d'humidité et de sécheresse qui détériore les matériaux anciens et fait apparaître des efflorescences sur les objets contenant des sels. L'excès d'humidité dans les vitrines peut être absorbé par du gel de silice.
5. En s'éloignant encore de l'équateur, par exemple dans les régions de climat « désertique tropical » ou « tropical semi-aride », la principale cause de préoccupation devient la sécheresse excessive constante de l'atmosphère, surtout lorsqu'il s'agit de matières organiques hygroscopiques dont la structure cellulaire risque de se désintégrer dans de telles conditions. On pourra remédier à cette situation en imprégnant ces matières de substances protectrices ou en vaporisant de l'eau dans les salles d'exposition; mais il ne faut pas oublier que cette diffusion d'humidité doit toujours se faire sous forme de vapeur et non de gouttelettes qui retombent sur les objets

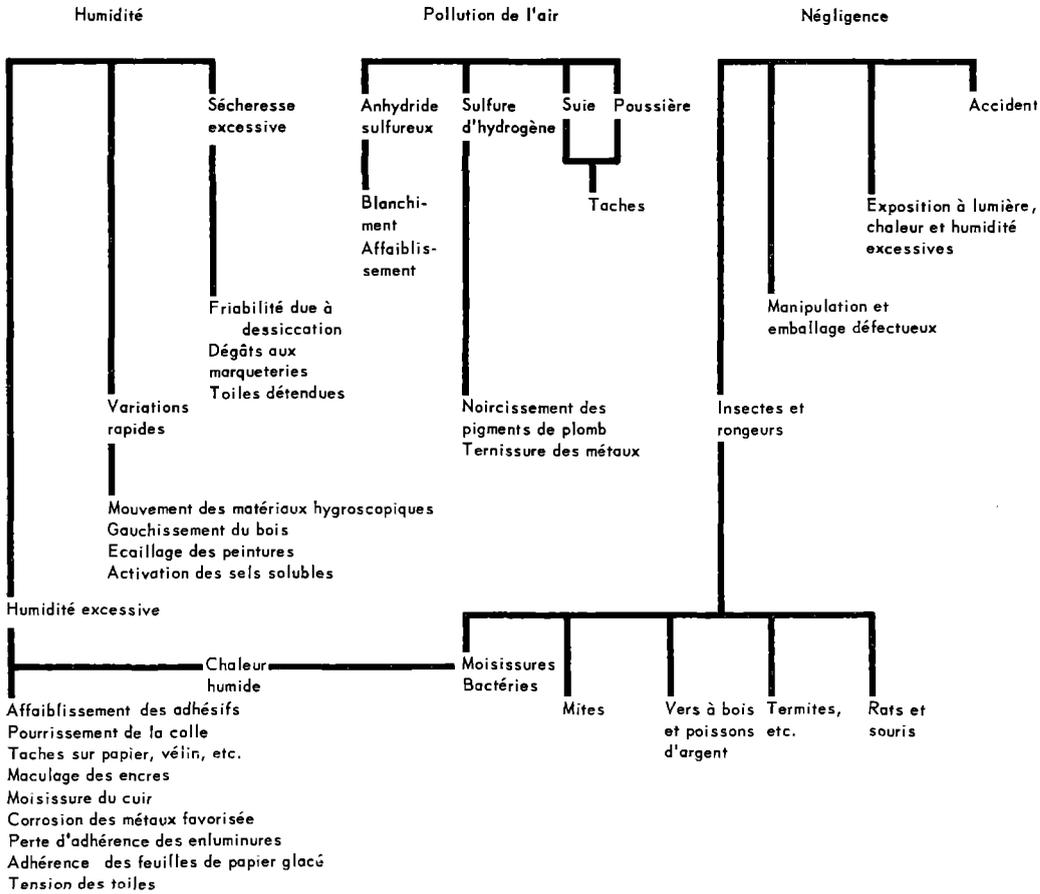
1. Chap. VII: « Le laboratoire et sa mission », par Paul Coremans; chap. VIII: « Les collections: entretien et mise en réserve », par H. Daifuku.

où elles constituent le point de départ d'une nouvelle dégradation.

Toutes ces mesures sont certes très simples et peuvent être prises par un technicien intelligent ayant reçu une formation de base ordinaire. Ce technicien doit avoir une connaissance approfondie des conditions climatiques locales qui règnent tant à l'air libre que dans les diverses sections du musée, y compris les réserves. La température et l'humidité relative doivent être mesurées régulièrement, non au moyen de

l'habituel thermohygromètre à cheveu, qui est très incertain, mais avec le psychromètre rotatif mouillé et sec, de beaucoup préférable. En commençant par faire des relevés réguliers, le technicien se familiarisera vite avec les phénomènes de sécheresse, d'humidité et de condensation, et avec la manière dont les diverses matières réagissent à ces phénomènes, et il se rendra compte que des mesures de simple bon sens peuvent souvent être plus utiles que bien des solutions plus complexes et coûteuses.

ANNEXE

CAUSES DE DÉGRADATION DES OBJETS DE MUSÉE ¹

1. D'après H. J. PLENDERLEITH, 1966, p. 17. (Reproduit avec l'autorisation de l'Oxford University Press.)

BIBLIOGRAPHIE

- KENDREW, W. G. 1961. *The climate of the continents*. Oxford.
- KOEPPE, C. E.; DE LONG, G. C. 1958. *Weather and climate*. New York.
- MARTONNE, E. DE. 1955. *Traité de géographie physique*. Paris, 3 vol.

- PÉGUY, Ch. P. 1961. *Précis de climatologie*. Paris.
- PLENDERLEITH, H. S. 1966. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Paris, Eyrolles.
- UNESCO. 1959. *L'organisation des musées. Conseils pratiques*. Paris. 202 p., fig., ill. (Musées et monuments, IX.)

Comment lutter contre les moisissures qui se développent sur les biens culturels en climat tropical

INTRODUCTION

Les taches colorées que l'on trouve souvent sur les vieux documents de bibliothèque et d'archives proviennent la plupart du temps de pigments sécrétés par certaines moisissures. Cette flore est donc très importante pour la conservation et elle a fait l'objet de divers travaux de recherche auxquels nous avons directement collaboré. Nous nous proposons, dans le présent chapitre, de passer en revue et de décrire succinctement les champignons que l'on trouve sur divers genres de biens culturels conservés dans des climats tropicaux et que le Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle de Paris a, depuis une quinzaine d'années, réussi à isoler. Nous avons ajouté à cette liste quelques-unes des espèces qui s'attaquent à des matériaux de construction, parfois employés dans des édifices de caractère artistique. C'est ainsi que nous avons brièvement mentionné plusieurs espèces de micro-organismes récemment isolés par P. Fusey et G. Hyvert sur des grès provenant de ruines khmères, notamment celles d'Angkor, au cours d'une étude menée conjointement par l'École française d'Extrême-Orient et le Muséum national d'histoire naturelle de Paris.

MESURES PRÉVENTIVES

Dans les pays tropicaux, il importe de prendre des mesures préventives au moment de la construction de tout bâtiment destiné

à abriter des biens culturels. Ces dispositions peuvent se résumer comme suit :

Implantation du bâtiment

L'emplacement doit être choisi de manière à assurer les meilleures conditions climatiques à l'intérieur du bâtiment ainsi qu'une protection permanente contre la lumière, les insectes et la poussière.

Le choix du lieu où le bâtiment sera construit est d'une importance extrême. S'il s'agit d'un musée, il ne devrait pas se trouver dans une agglomération industrielle, être aussi éloigné que possible des régions côtières et situé en un lieu où les variations climatiques soient faibles.

Comme il est souvent difficile de trouver un emplacement qui remplisse toutes ces conditions, des dispositions spéciales seront à envisager pour les musées forcément situés dans des régions où les conditions climatiques risquent fort de nuire aux spécimens des collections.

Matériaux de construction

Les matériaux employés doivent être robustes et les bois toujours traités au préalable avec des fongicides et des insecticides ; toutes les parties métalliques doivent être recouvertes d'un vernis protecteur insecticide et fongicide, et les vitres enduites d'une substance qui absorbe une partie des rayons ultraviolets et infrarouges.

Architecture du bâtiment

Il faut que le soubassement soit suffisamment élevé pour assurer aux objets entreposés le maximum de protection. Les murs et toitures doivent être isolants et les fenêtres, munies de fins grillages, seront petites, étanches et suffisamment nombreuses.

Salubrité des locaux

Les locaux doivent être spacieux et équipés de nombreux ventilateurs. Les salles doivent être rigoureusement distinctes les unes des autres et ne pas dépasser un volume de 200 m³ afin qu'on puisse les désinfecter séparément en cas de besoin.

Les locaux doivent toujours être parfaitement propres. Il faut les nettoyer régulièrement, à l'aide de puissants aspirateurs plutôt que de plumeaux (qui remuent la poussière sans l'enlever). Il faut encore procéder au moins une fois par an à une désinfection préventive, qui ne nécessite aucune manipulation des objets, l'opération se faisant sur place, par pulvérisation de fongicides — de préférence une solution aqueuse, à 1 ou 2 % selon les cas, de bromure de lauryl-diméthyl-carbetoxy-méthyl d'ammonium. Les objets à traiter sont soumis pendant dix secondes à une pulvérisation extrêmement fine, sous une pression de 2,5 kg/cm² à 1,5 mètre de distance.

Le degré de pollution atmosphérique doit faire l'objet de contrôles périodiques. On peut y procéder aisément de la manière suivante : des boîtes de Petri, contenant un milieu de culture stérile solidifié (gélosé) sont disposées en un certain nombre de points et ouvertes pendant un bref laps de temps (10 à 15 minutes), pour que les spores en suspension se déposent sur le milieu de culture. On laisse ensuite les boîtes pendant une semaine, dans une étuve à 25 °C pour que les spores, en germant, donnent naissance à des colonies mycéliennes qui permettront de déterminer la nature et l'importance de la pollution. Il faut tenir

les portes et les fenêtres bien fermées pendant l'opération, afin d'éviter les courants d'air et les risques de contamination de l'extérieur. Si l'on constate qu'il y a pollution, il faut désinfecter les locaux.

Il importe de ne jamais mettre les objets en contact direct avec les murs extérieurs (afin d'éviter les risques de condensation), ni à proximité d'une source de chaleur.

Climatisation

Si efficace que soit l'isolation thermique d'un bâtiment, il sera toujours nécessaire de le climatiser à certaines périodes de l'année, du moins pour les objets les plus précieux de la collection.

Climatisation d'ensemble. Si l'on désire climatiser une grande partie du bâtiment, ou même le bâtiment entier, il faut en décider au moment où l'architecte établit ses plans et prévoir une centrale climatique d'où partiront les gaines, ce qui permettra de régler séparément les conditions atmosphériques de chaque salle. Si l'on voulait procéder à cette installation ultérieurement, le coût risquerait d'en être prohibitif.

Climatisation de certaines salles seulement. Si les crédits dont on dispose ne permettent pas de climatiser l'ensemble du bâtiment, ou si l'importance des objets à conserver ne justifie pas cette installation, on peut envisager une climatisation partielle.

Les dispositifs en usage ne sont en général ni encombrants ni onéreux ; mais ils ne sont pas très puissants. On peut les utiliser avec succès dans des pièces de dimensions réduites ; pour des salles plus vastes, il est parfois nécessaire d'employer conjointement plusieurs appareils. Malheureusement, ces appareils sont souvent inesthétiques et assez bruyants.

MESURES CURATIVES

Lorsque la présence de colonies de moisissures est évidente, des mesures précises s'imposent pour remédier au mal. Le prélèvement d'échantillons permet d'en observer la vitalité et d'identifier le champignon qui les a produites. Ces échantillons sont déposés, à l'aide d'une anse de repiquage, dans un tube à essais contenant un milieu de culture approprié (par exemple, de l'agar-agar additionné de glucose, ou contenant de 1 à 2 % de malt). Les tubes à essais sont ensuite placés pendant quelques jours (un mois au maximum) dans une étuve à une température comprise entre 18 et 25 °C, selon l'origine de l'échantillon, afin que les spores germent et que l'on puisse, après formation des champignons, les identifier.

Avant de commencer le traitement, il faut prendre grand soin d'enlever le mycélium en brossant vigoureusement l'objet pour qu'il puisse aisément absorber le fongicide. Cette opération doit toujours se faire en plein air, de manière à éviter tout risque de contamination.

Deux méthodes de désinfection nous ont donné satisfaction :

Désinfection en étuve

Cette méthode, que la Bibliothèque nationale emploie depuis près de six ans, n'exige pas de matériel coûteux, mais ne peut être pratiquée que sur un nombre limité de documents à la fois. Nous l'avons utilisée pour désinfecter des livres, des parchemins et même des pastels provenant du château de Versailles. On se sert pour cela de vapeurs de formaldéhyde. L'opération se fait dans une étuve hermétiquement close et maintenue à une température de 30 °C. On vaporise du formaldéhyde à l'intérieur de l'étuve, à raison de 250 g/m³, en même temps qu'une égale quantité d'eau, de manière à humidifier l'atmosphère et à empêcher le cuir ou le parchemin de se cra-

quelier. Les documents restent dans l'étuve pendant 24 à 48 heures, selon l'importance des dégâts. On prélève des échantillons quelques jours après la fin du traitement, pour s'assurer que celui-ci a été efficace.

Désinfection en autoclave sous vide

Cette méthode, qui exige un type spécial d'autoclave et un vide poussé de 10 à 60 mm de mercure, a l'avantage d'être rapide et de permettre la désinfection d'un grand nombre de documents à la fois. On l'emploie depuis des années pour combattre les insectes. Les gaz employés sont en général le bromure de méthyle et, parfois, l'oxyde d'éthylène en mélange.

Nous avons récemment essayé un procédé de lutte contre les champignons qui fait appel à l'oxyde d'éthylène (Flieder et Boissonnat, 1961). Ce gaz s'emploie, soit seul, soit en combinaison avec l'acide carbonique pour la désinfection des herbiers. Nous avons constaté qu'une dose de 333 grammes de gaz par mètre cube d'air, agissant pendant 12 heures, constitue un bon fongicide. En 1960, on a traité de la sorte, avec d'excellents résultats, certains documents des Archives nationales.

Désinfection des dépôts et des salles d'exposition

Si les conditions climatiques sont mauvaises, ou si des objets très moisissés ont séjourné dans le magasin, l'atmosphère peut être un foyer de contamination. Il faut donc en contrôler le degré de pollution avant le stockage des documents (voir ci-dessus « Salubrité des locaux »).

Si le degré de pollution est élevé, il faudra désinfecter les locaux, ce qui pourra se faire de deux manières :

On peut procéder à des *pulvérisations de fongicides* au moyen d'un compresseur d'air et d'un pistolet muni d'une grille à mailles très fines (afin de briser les gouttelettes et d'obtenir une pulvérisation très dispersée).

On peut aussi procéder à une *nébulisation*

de fongicides à l'aide d'un appareil à brouillard du type « va-et-vient ». Cette méthode est de loin la meilleure, car la dispersion du fongicide est bien supérieure et la substance choisie peut s'employer sous une forme moins concentrée avec une plus grande efficacité. C. Moreau (1952) a montré qu'« un millimètre cube de produit actif pulvérisé en gouttelettes de 50 microns de diamètre produit 92 000 gouttelettes lourdes retombant vite, alors qu'un millimètre cube de ce même produit, dispersé par un générateur à brouillard, en gouttelettes de 2 microns de diamètre, produit 500 000 gouttelettes légères restant plusieurs heures en suspension dans l'air ».

Produits fongicides actifs. Nous avons utilisé deux types de produits pour la désinfection des salles. Le premier est un sel d'ammonium quaternaire, le bromure de lauryl-diméthyl-carbethoxyméthyl d'ammonium, à 5% en solution alcoolique (afin de ne pas réhumidifier l'atmosphère par une pulvérisation de solution aqueuse), à raison de 5 cm³ par mètre cube à désinfecter. Pour réduire les risques d'incendie, on emploie de l'alcool dénaturé à 70°. Comme ce produit irrite les muqueuses, le masque est indispensable pendant toute l'opération. Employé en pulvérisations, il a donné de bons résultats depuis près de sept ans dans différentes bibliothèques et divers dépôts d'archives.

L'autre agent est un composé organique de bore, le décahydrate de diborolactate de triéthanolammonium, que l'on a utilisé jusqu'à présent en nébulisations, mais jamais en pulvérisations. Son action fongicide est presque analogue à celle du sel d'ammonium quaternaire, mais il n'est pas aussi irritant pour l'opérateur. On l'emploie en solution aqueuse à 80% de produit actif, à raison de 5 cm³ par mètre cube de volume atmosphérique. On l'a récemment utilisé avec succès en France, dans une grande salle de dépôt des Archives nationales. Un contrôle s'impose après chaque traitement, pour en vérifier l'efficacité.

CONCLUSION

Étant donné la multiplicité des matériaux dont sont faits les objets de caractère artistique et culturel et la diversité des agents destructeurs qui risquent de les attaquer, notamment dans les climats tropicaux, le problème de la conservation des biens culturels est évidemment fort complexe et délicat. Les mesures préventives et curatives prises contre les nombreux genres de destruction possibles peuvent donc avoir des résultats très variables allant du meilleur au pire. La lutte contre les agents destructeurs doit en conséquence être menée avec un soin extrême, beaucoup de bon sens et une grande patience. En effet, si une désinfection a été mal faite avec une trop forte concentration de produits pulvérisés, par exemple — ou si les substances désinfectantes ont été appliquées de trop près sur des objets délicats, documents ou autres, les résultats seront mauvais, voire catastrophiques. Il y a trop de moyens de préservation qui, appliqués à tort, risquent d'aller à l'encontre du but cherché. On pourrait citer quelques exemples d'erreurs regrettables, dont la plus grave est peut-être celle dont ont souffert les fresques des grottes de Lascaux. La première précaution à prendre contre les accidents de ce genre consisterait à doter tous les musées, toutes les bibliothèques, tous les services d'archives et de protection des monuments d'un personnel spécialisé connaissant à fond les techniques de conservation et ayant la haute compétence professionnelle poussée qu'exige ce genre de travail. Cette formation très poussée est absolument nécessaire pour que les méthodes brièvement exposées ci-dessus puissent être appliquées efficacement. De plus, dans certains cas particuliers, mais importants, il est indispensable que les commissions chargées de certains projets de conservation se composent essentiellement de spécialistes à la réputation bien établie, joignant à la connaissance des problèmes l'expérience pratique des méthodes à employer.

ANNEXE I

CLASSEMENT PAR GENRES DES PRINCIPALES MOISSURES
ATTAQUANT LES MATÉRIAUX EN CLIMAT TROPICAL

PÉRITHÈCES RARES, SPORES EXOGÈNES

AVEC SPOROCHIES

Spores bi- ou pluricellulaires, arquées (voir Fusarium)

Spores unicellulaires, non arquées (Myrothecium)

Myrothecium verrucaria. Colonies laineuses, d'abord blanches, puis ponctuées de petits amas glaireux verts, ensuite noirs, plus ou moins confluents, conidiophores hyalins, dressés, ramifiés, terminés par des phialides hyalines produisant les conidies; celles-ci sont elliptiques, à

base tronquée, à paroi lisse, presque hyalines à vert olive pâle, de $6-10 \times 2-4,5 \mu$; fortement cellulolytique; se trouvent sur produits manufacturés et matières plastiques (Nouvelle-Guinée, Floride, etc.).

SANS SPOROCHIES

Conidiophores et conidies bruns; colonies sombres (dématiées)

Conidies à 2-6 cellules, mûriformes, irrégulières: Ascropeira (sur document graphique dans les régions tempérées)

Conidies non caténulées, mais groupées en masses globuleuses et muqueuses: *Stachybotrys*.

Stachybotrys atra, sur matières plastiques en climats tempérés.

Conidies unicellulaires ou irrégulièrement septées: Cladosporium

Conidies caténulées: *Memnoniella*.

Cladosporium herbarum. Colonies vert sombre à revers bleu-vert, fuligineuses; mycélium et conidiophores sombres; spores 1-2-3 cellulaires, brunes, bourgeonnantes en chaînes ramifiées; buissonnantes; faiblement cellulolytique; sur bois, peintures, plâtre, cuirs, laine (cosmopolite).

Memnoniella echinata. Colonies d'abord pâles (blanches, roses), puis noirissant; conidiophore verruqueux, portant un bouquet de phialides (8-10 μ); conidies en chaînes, brunes, globuleuses ou ovoïdes, rugueuses, de $4-6 \times 4 \mu$; fortement cellulolytique; sur matières plastiques et nylon, produits manufacturés, matériaux divers (Pacifique, Inde, Madagascar, etc.).

Cl. (hormodendron) *cladosporioides*. Mêmes caractères, sauf que les conidies sont généralement unicellulaires plus ou moins ovoïdes et plus étroites.

Conidiophore simple, non renflé au sommet, donnant directement les conidies, à la fin caténulées, parfois groupées en chaînes contournées-spiralées: *Gliomastix*.

Gliomastix convoluta. Conidiophores naissant de cordons formés par la réunion d'hyphes mycéliennes; conidies brun clair, globuleuses ou ovoïdes, de $4-6 \mu$, à paroi lisse, isolées; cellulolytique; sur chaussures, cuirs, coton, pierres (Mexique, etc.).

Conidies toujours unicellulaires

Pas de conidiophores, spores bourgeonnantes, naissant latéralement: *Pullularia*

Pullularia pullulans. Colonies d'un blanc sale, céracées, puis bientôt verdâtres, enfin noires, fumigoides; conidies de forme variable; peu cellulolytique; se trouvent sur vernis, peintures (commun et associé à des *Phoma*), coton, cuirs (cosmopolite).

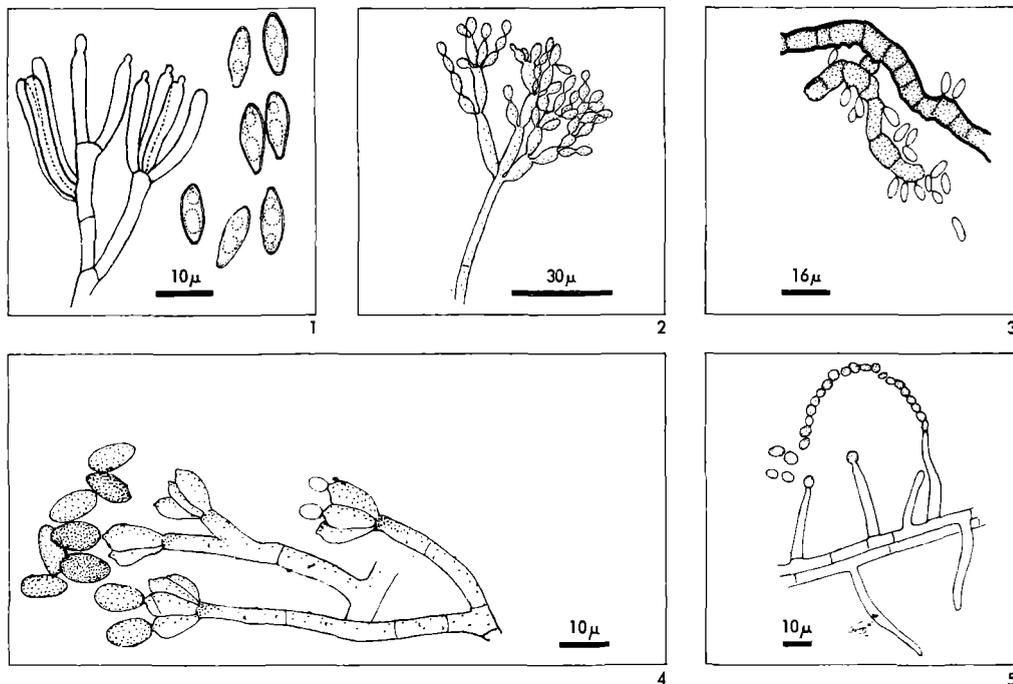
Conidiophore simple, s'accroissant par le sommet, terminé par un épi plus ou moins serré de conidies; spores ellipsoïdes recourbées, triseptées ou quadriseptées, les cellules centrales plus larges et plus sombres que les cellules distales: *Curvularia*.

Curvularia lunata. Colonies gris noir à fuligineux, triseptées; sur pierres (Angkor).

Conidiophore distinct

Conidiophore renflé au sommet en une vésicule portant des métules couvertes de phialides (voir *Aspergillus*).

Conidiophore non renflé au sommet en une vésicule, mais portant des phialides; pas de métules; espèces plus ou moins cellulolytiques.



Figures

1. *Myrothecium verrucaria*.
2. *Cladosporium (Hormodendrum) cladosporioides*.
3. *Pullularia pullulans*.
4. *Stachybotrys atra*.
5. *Gliomastix convoluta*.

Conidiophores et conidies hyalins; colonies de couleur claire ou vive (moniliales)

Spores pluricellulaires, arquées; souvent microconidies ovoïdes, non ou unicloisonnées, parfois chlamydo-spores: Fusarium.

Fusarium solani. Microconidies à paroi assez épaisse, s'amincissant peu vers les extrémités, macroconidies à courbure modérée; 4-6 cellulaires, de 22-43 × 3,6-4,6 µ; chlamydo-spores; cellulolytique; sur matières plastiques, caoutchouc (États-Unis d'Amérique, Afrique équatoriale). Nombreuses autres espèces, cellulolytiques également: *F. javanicum*, *semitectum*, *moniliforme*.

Spores unicellulaires

Conidies latérales, non caténulées, ni en tête globuleuse; conidiophore dressé, portant des ramifications verticillées terminées par un rachis sinueux-géniculé; conidies insérées de part et d'autre de ce rachis: *Tritirachium*.

Tritirachium roseum. Colonies rosées; sur matières plastiques, notamment nylon (États-Unis d'Amérique, régions tropicales).

Conidies en têtes globuleuses et muqueuses
Pas de métules

Conidiophores ramifiés en arbuscules, terminés par des phialides renflées; au sommet de ces phialides, conidies globuleuses ovoïdes, de 2,5-5,3 µ, groupées par 10-20 en têtes muqueuses sphériques; fortement cellulolytique: *Trichoderma*.

Trichoderma viride. Colonies vert mousse, puis vert foncé, grumeleuses, au revers jaune; sur tous les supports, produits manufacturés, papiers, bois, matières plastiques, notamment nylon (cosmopolite), cellulolytique, très répandu et très résistant.

Conidiophore simple et droit, atténué de la base au sommet: portant une tête muqueuse de spores: *Cephalosporium*.

Cephalosporium acremonium. Colonies blanches, puis roses; conidies ellipsoïdes de $4 \times 1-1,5 \mu$; cellulolytique; sur toiles, vêtements, coton, matières plastiques (régions tempérées).

Phialides et métules, appareil conidien en pinceau, conidies non caténulées, mais groupées en masse muqueuse (plus de 20 conidies par balle): *Gliocladium*.

Gliocladium roseum. Colonies roses, puis blanchissant; conidies ovoïdes-cylindroïdes de $5-7 \times 3-5 \mu$; cellulolytique; sur vêtements, laines, produits manufacturés (cosmopolite).

Gliocladium catenulatum. Mycélium blanc; conidies vert sale, en chaînes tenaces; cellulolytique; sur produits divers (cosmopolite).

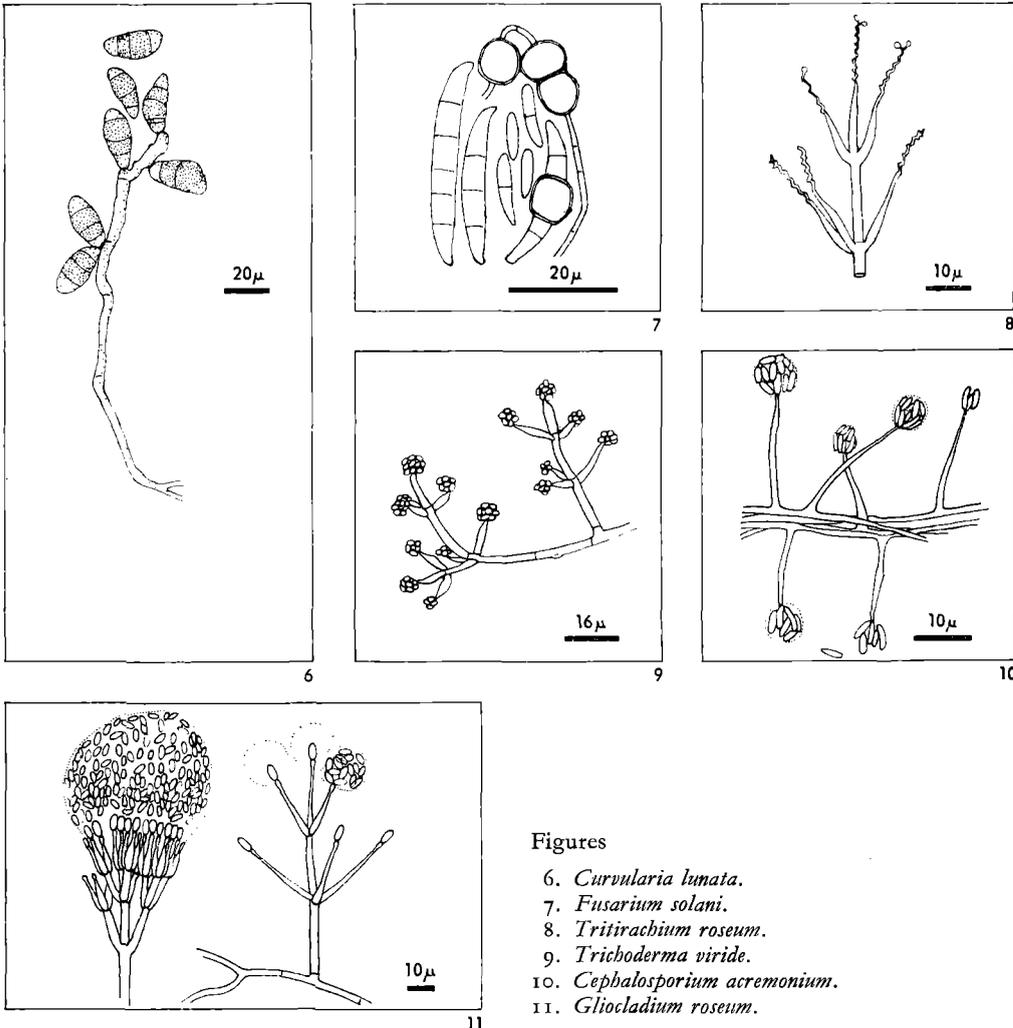
Conidies caténulées

Conidiophores renflés au sommet en une vésicule: *Aspergillus*

Une série de phialides serrées autour de la tête, métules intermédiaires, pas de périthèces.

Aspergillus terreus. Colonies ocre cannelle; conidiophores et conidies lisses, celles-ci très petites ($1,8-2,5 \mu$), globuleuses; fortement cellulolytique; xérophile, croit bien à 40°C sur plastiques, laines, cuirs (Afrique équatoriale); également climats tempérés.

Aspergillus flavus. Colonies vertes, conidiophores hyalins, rugueux; conidies variables; peu cellulolytique; sur matières plastiques, laines



Figures

6. *Curvularia lunata*.
7. *Fusarium solani*.
8. *Tritirachium roseum*.
9. *Trichoderma viride*.
10. *Cephalosporium acremonium*.
11. *Gliocladium roseum*.

(Amérique tropicale, Floride, Pacifique, notamment Australie, régions tempérées). Serait responsable de certaines affections cancéreuses.

Aspergillus niger. Colonies noires, conidiophores lisses, incolores; conidies brunes, verruqueuses, globuleuses, inférieures à 5 µ; fortement cellulolytique; sur de nombreux supports, dont matières plastiques, cuirs, laines, etc. (cosmopolite, notamment Afrique équatoriale et climats tempérés).

Aspergillus ustus. Colonies d'abord blanches, puis vertes, gris olive, brunes; conidiophores brun-fauve; conidies verruqueuses, 3-5 µ, à membrane épaisse; peu cellulolytique; sur objets manufacturés, chlorure de vinyle (cosmopolite, dont régions chaudes: Indochine).

Aspergillus versicolor. Colonies d'abord blanches, puis rapidement vertes, à revers jaune orangé à rouge carmin en culture; conidiophores hyalins; conidies verruqueuses, de 2,5-4 µ; sur matières plastiques, caoutchouc, chlorure de vinyle, pierres (Mexique).

Une série de phialides serrées autour de la tête, pas de métules intermédiaires.

Périthèces (d'apparition tardive)

Aspergillus glaucus. Colonies vert glauque; conidiophores lisses; conidies plus ou moins ellipsoïdes, verruqueuses, globuleuses, petites; peu cellulolytique, xérophile, osmophile; périthèces globuleux, de petite taille (75-100 µ de diamètre), jaune d'or, apparaissent sur les substrats desséchés.

Pas de périthèces

Aspergillus fumigatus. Colonies d'abord presque incolores, puis bleuâtres, verdâtres, enfin gris fumé foncé; conidiophores lisses, conidies globuleuses, à peine échinulées, vertes, de 2,5-3 µ; fortement cellulolytique, thermophile, pathogène de l'homme et des animaux; sur matériaux divers, papiers (Pacifique sud, Inde, États-Unis d'Amérique).

Conidiophores non renflés en vésicule au sommet, colonies généralement de couleur verte

Phialides non élancées. Appareil conidien en pinceaux plus ou moins complexes: *Penicillium*.

Phialides portées par des métules

Penicillium lilacinum. Colonies laineuses, de teinte lilas clair à rose vineux, revers dans les mêmes tons plus soutenus. Pinceaux

conidiens irréguliers; phialides isolées ou groupées en verticilles plus ou moins complexes, divergentes; conidies elliptiques, 3 × 2 µ. Sur pierres (grès d'Angkor).

Penicillium rubrum (et *purpurogenum*). Colonies vertes, d'aspect velouté; milieu de culture coloré en rouge pourpre intense; pinceaux conidiens biverticillés; conidies lisses ou verruqueuses, rondes, petites, 2-4 µ; pas de périthèces; sur nylon, chlorure de vinyle (Indochine, climats tempérés).

Penicillium citrinum. Colonies vertes veloutées, exopigment jaune; conidiophores non ramifiés au sommet; conidies petites, globuleuses à subglobuleuses, de 2,5-3 µ; cellulolytique; pigment antibiotique; ni périthèces, ni sclérotés (Pacifique sud, Amérique centrale, Floride).

Penicillium chrysogenum. Pinceaux conidiens asymétriques; diffère du *Penicillium citrinum* par le conidiophore au sommet ramifié, par les conidies de 3-4 µ; pigment pareillement antibiotique (penicilline); sur papiers et de nombreux substrats (cosmopolite).

Penicillium brevis-compactum, *cyclopium tardum*, *variabile*, *funiculosum*. *Penicillium puberulum*. Colonies tout d'abord vert-bleuâtre, puis verdâtre sale; conidiophores finement ponctués, à ramifications peu nombreuses; conidies sphériques, de 4-4,5 µ; sur chlorure de vinyle (Indochine).

Phialides non portées par des métules

Penicillium frequentans. Les chaînes de conidies restent assemblées en longues colonnes; sur caoutchouc, chlorure de vinyle (Afrique équatoriale).

Phialides élancées; les colonies ne sont jamais de couleur verte; appareil conidien plus simple: *Poecilomyces*.

Poecilomyces marquandii (*Spiracia violacea*). Colonies lilas-violacé pâle, exopigment jaune; conidiophores simples ou plus ou moins penicillés.

Phialides divergentes; sur sables, pierres (Mexique). Voisin du *Penicillium lilacinum*: s'en distingue aisément par la pigmentation jaune du revers et du milieu de culture: *Scopulariopsis*.

Scopulariopsis brevicaulis. Colonies de couleur beige, brun ocre conidiophores simples ou plus ou moins penicillés; la cellule produisant la conidie est un anellophore; sur substrats riches en protéines, sur parchemins (cosmopolite).

AVEC PÉRITHÈCES, SPORES ENDOGÈNES (ENFERMÉES DANS DES ASQUES)

PAROI DU PÉRITHÈCE NON FLOCONNEUSE

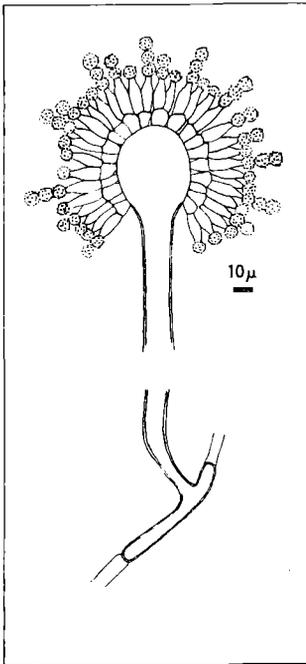
Paroi périthéciale dure et cassante; poils terminaux ampullacés: Ascotricha

Sur papiers, cartes, archives. Deux espèces:
A. erinacea et *A. chartarum*

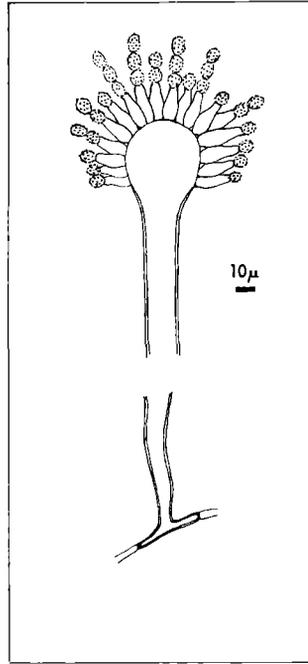
Paroi périthéciale fragile, poils terminaux non ampullacés: Chaetonium

Poils terminaux: droits, faiblement courbés ou ondulés.

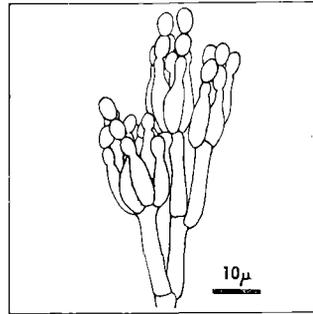
Chaetonium globosum. Périthèces bruns, 200-300 µ; à nombreux poils bruns, ondulés, finement rugueux, rarement cloisonnés; ascospores ovales, presque globuleuses, citriformes, 9-13 × 6-9,5 µ; fortement



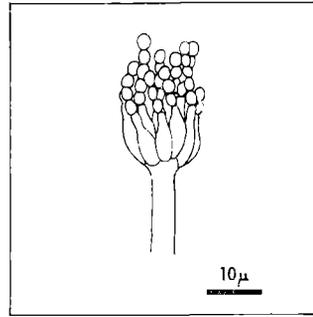
12



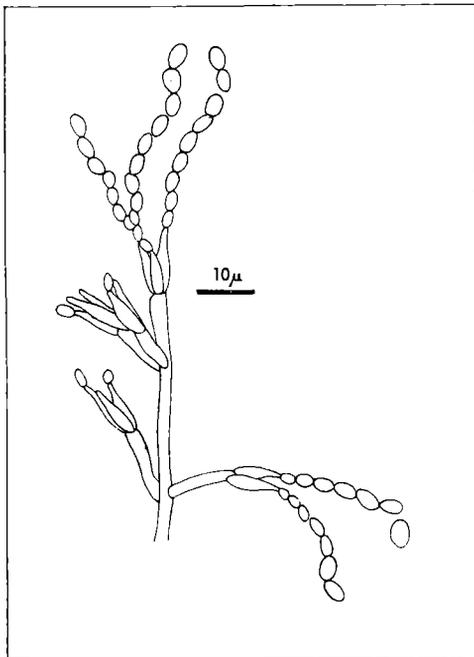
13



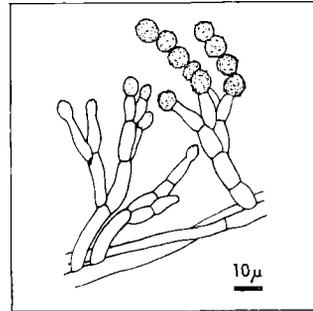
14



15



16



17

Figures

- 12. *Aspergillus versicolor*.
- 13. *Aspergillus glaucus*.
- 14. *Penicillium chrysogenum*.
- 15. *Penicillium frequentans*.
- 16. *Spicaria violacea*.
- 17. *Scopulariopsis brevicaulis*.

cellulolytique; sur matières plastiques (chlorure de vinyle) et produits manufacturés (cosmopolite, notamment Indochine et climats tempérés).

Poils terminaux ramifiés dichotomiquement

Périthèces de grande taille (< 300 μ)

Chaetomium elatum. Grandes ascospores brunes, citriformes, 11-13 \times 8,5-9,5 μ , apiculées aux extrémités; sur documents graphiques, laines (Pacifique sud, dont Australie; climats tempérés).

PAROI DU PÉRITHÈCE FLOCONNEUSE

Formée d'un lacs de filaments plus ou moins serrés et différenciés

Poils (fulcres) spirales

Myxotrichum chartarum. Périthèces 120-350 μ ; poils de 50-175 μ de long, à sommet enroulé en crosse; ascospores brun orange, 2,4-2,6 \times 4,3-5,2 μ ; chlamydo-spores; sur papiers, cartes indiennes peintes sur ivoire.

Périthèces de petite taille (< 200 μ)

Poils terminaux d'un seul type

Chaetomium indicum. Périthèces globuleux, 100-200 μ ; ascospores ovoïdes, légèrement apiculées, 5-7 \times 4,5-5,5 μ ; notamment cellulolytique; sur chlorure de vinyle, tissus (Inde, Nouvelle-Guinée).

Poils terminaux de deux types

Chaetomium funicolum. Poils dichotomes et poils simples, droits; périthèces 130-160 μ ; ascospores 5,5-6,5 \times 3,7-5 μ ; fortement cellulolytique; sur papiers, fibres, tissus (cosmopolite, surtout tropical: Nouvelle-Guinée, Australie, Inde, Floride).

Poils (fulcres) épineux: Eidamella

Eidamella spinosa. Fulcre également épineux; ascospores presque hyalines, jaune orangé, en masse, lenticulaires, 4,6-5,2 \times 2,6-2,9 μ , finement striés; colonies gris taupe, exopigments rouge vineux; sur papiers (métropole).

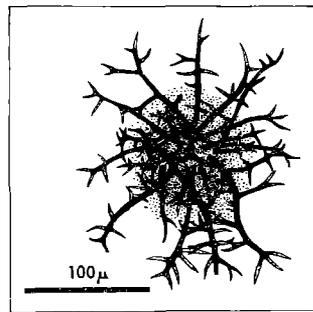
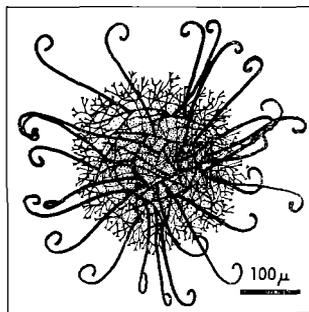
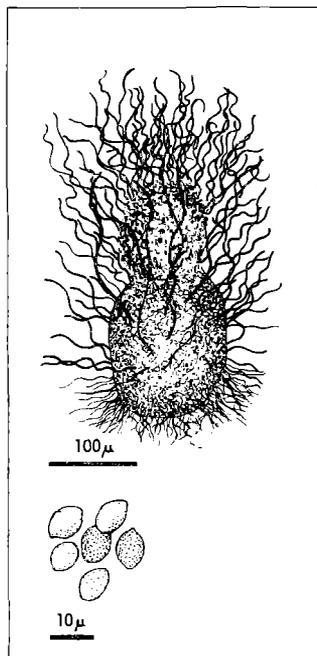
ANNEXE 2

NOTE SUR D'AUTRES ORGANISMES VÉGÉTAUX DESTRUCTEURS

MICRO-ORGANISMES ATTAQUANT LA PIERRE

Parmi les micro-organismes qui attaquent les monuments et les édifices de pierre, nous citons: les thiobactéries, les silicobactéries, les

bactéries nitrifiantes, les actinomycètes et les algues (chlorophycées comme *Pleurococcus*; cyanophycées comme *Scytonema*, *Tolypotherix*,



Figures

18. *Chaetomium globosum*.

19. *Myxotrichum chartarum*.

20. *Eidamella spinosa*.

Gloeocapsa, *Chloroglea*, *Porphyrosiphon*) [P. Fusey et G. Hyvert, Pochon, Kauffman].

Il faut mentionner particulièrement les actinomycètes qui attaquent les monuments de grès. Dans le cas des temples d'Angkor, on a isolé plusieurs espèces de *Streptomyces* (*S. griseus*, *S. fradiae*, *S. griseolutus*, etc.) dont on a pu déterminer les caractéristiques biochimiques

(G. Hyvert). La fréquence de ces micro-organismes sur ces pierres altérées semble indiquer qu'ils jouent un rôle dans le processus complexe de dégradation de ces matériaux. Ces espèces transforment les nitrates en nitrites et les sulfates en sulfures; elles sont souvent associées à des thiobactéries, et surtout à des bactéries nitrifiantes.

MICRO-ORGANISMES ATTAQUANT LES BOIS D'ŒUVRE

D'autre part, les bois d'œuvre sont exposés aux méfaits de champignons supérieurs lignivores appartenant pour la plupart aux porohydés, surtout aux formes inférieures de polypores. Ces dernières comprennent des champignons qui forment des croûtes recouvrant complètement le substrat, soit lisses, soit parsemées de protubérances variables et mal caractérisées (*Corticium*), ou à pores microscopiques multiples séparés par des émergences (*Porogramma* comme *P. borbonica*). Parfois, les protubérances simulent des aiguillons courts (*Odontia*) ou sont régulièrement aculées (*Radulum*). Chez les *Stereum* (*St. lobatum*) l'hyménium — lisse — est en partie séparé du support comme chez les *Hymenochaete* (*H. cacao*), dont la trame dure et cassante est jaune ou brune.

Les polypores peuvent être réduits à une surface hyménienne recouvrant le support et criblée de pores correspondant à des tubes plus

ou moins profonds: *Poria* (par exemple, *P. xantha*).

Les polypores tropicaux, si abondants sur les bois qui dépérissent ou pourrissent dans les forêts et les cultures, se trouvent également sur des bois œuvrés. Rappelons, à ce propos, les genres les plus communs: les mérules [Heim, 1942] (*Merulius* ou *Gyrophana lacrymans*), ennemis mortels des charpentes et des bibliothèques, n'existent que dans les régions tempérées; le *Gyrophana similis* tropical est moins dangereux; les *Trametes*, champignons épais et apodes, à tubes creusés dans la trame: *T. personii* (fréquents); les hexagones, à pores larges, souvent polygonaux (*Hexagona tenuis*); les leptopores, espèces charnues, puis dures, à trame pâle (*Leptoporus rufo albus*); *Phellinus*, épais, à trame subéreuse jaune (*P. extensus*); les unguines, à croûte rigide (*Ungulina melanapora*).

BIBLIOGRAPHIE

- FLIEDER, F.; BOISSONNAT, J. 1961. Étude des propriétés fongicides de l'oxyde d'éthylène. *Bulletin d'information sur la pathologie des documents et leur protection aux Archives nationales de France*.
- GALLO, F. 1957. Gli agenti biologici nemici della biblioteche e degli archivi. *Boll. Ist. Patol. Libro*. (Rome), vol. 16.
- HEIM, R. 1942. Les champignons destructeurs du bois dans les habitations. *Inst. tech. Bât. Trav. publ.*, série H, n° 1.
- JACQUIOT, C. 1958. Les ennemis du bois dans la construction et l'ameublement. *Cahiers Cent. tech. Bois*, série 11, n° 3.

- BIBLIOTHÈQUE D'ÉTAT LÉNINE, MOSCOU. 1958. Département de la protection et de la restauration des livres. *Collection d'articles sur la conservation des livres*, troisième partie.
- MOREAU, C. 1952. Pollution fongique de l'atmosphère et altération des denrées alimentaires. *Revue embouteill.*, vol. 12, fasc. 52, juin, p. 43-44.
- SACCAS, A. 1950. Un nouveau champignon ascomycète gymnoascé, l'*Eidamelia papyricola* nov. sp. *Bull. Soc. mycol. Fr. (Paris)*, vol. 16, n° 3.
- SEE, P. 1919. *Les maladies du papier piqué*. Paris.
- ZAMBETTAKIS, C. 1955. Un nouveau champignon papyricole. *Bull. Soc. bot. Fr.*, vol. 102.

L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les ravages causés par des insectes aux biens culturels sont mentionnés pour la première fois dans des écrits vieux de 2 300 ans ou presque (Weiss et Carruthers, 1937). Aristote parle en effet d'« animalcules ressemblant aux vers blancs qu'on trouve dans les vêtements » et d'« une petite bête ressemblant à un scorpion ». Sans doute s'agissait-il des larves de certaines espèces de mites (*tinéidés*) qui s'attaquent parfois aux livres et documents d'archives, et du scorpion des livres, le chélifère cancroïde, pseudo-scorpion cosmopolite qui passe pour se nourrir de poux des livres. Divers auteurs de l'antiquité et de l'époque classique recommandent l'emploi d'huile de cèdre, de safran et de coffres en cyprès poli pour protéger les livres contre les insectes. En fait, l'huile de cèdre a probablement été le premier produit utilisé pour repousser les ennemis des biens culturels.

Après quelques observations d'ordre général sur la lutte contre les insectes qui s'attaquent aux collections de biens culturels, nous passerons en revue les divers genres d'insectes en cause. Ceux dont il sera question dans le présent chapitre ont tous des pièces buccales broyeuruses (parfois seulement au stade larvaire) et appartiennent à huit ordres distincts.

Répartition des insectes

Beaucoup des insectes qui s'attaquent aux biens culturels des régions tropicales sont

des insectes cosmopolites ou tropicopolites polyphages. On peut combattre et même supprimer complètement la plupart de ces insectes nuisibles aux collections d'étude ou aux objets d'art à l'aide de produits chimiques.

Conception des bâtiments et du mobilier

On peut éviter bien des efforts inutiles et prévenir bien des ravages, en adoptant contre les insectes des méthodes préventives efficaces. Les plans de nouveaux musées, de nouvelles galeries d'art et bibliothèques devraient toujours être établis par les architectes avec le plus grand soin. Quand on construit dans des pays tropicaux des bâtiments destinés à abriter des biens culturels, il est bon, si l'on veut prévenir les ravages éventuels des termites et des xylophages, d'utiliser des matériaux que ces insectes n'attaquent pas, comme l'acier, le béton et la brique. Les armoires, meubles à tiroirs et rayonnages doivent de préférence être métalliques. Le bois utilisé dans la construction des bâtiments et pour la fabrication du mobilier ou du matériel doit être d'une essence qui résiste aux termites ou, à défaut, subir un traitement qui le garantisse contre leurs attaques. La climatisation des bâtiments et la régulation hygrométrique de l'ambiance, qui suffisent à faire disparaître un certain nombre d'insectes tropicaux thermophiles et hydrophiles, constituent en outre d'importants moyens de protection des biens culturels

contre les moisissures. Les filtres à air électrostatiques dont sont munis les appareils de climatisation absorbent la poussière et éliminent du même coup, dans une certaine mesure, les insectes pulvicoles comme les poux des livres.

Traitement par fumigation

Les fumigations de gaz toxique appliquées à toutes les nouvelles acquisitions constituent l'une des manières les plus sûres de mettre les collections et objets d'art à l'abri des insectes nuisibles. Il est donc indispensable de prévoir une salle de fumigation, spécialement conçue pour cet usage, où tous les spécimens soient traités dès leur arrivée.

La salle de fumigation peut également servir à désinfecter les collections d'étude et les objets qui ont été accidentellement infestés par les insectes nuisibles. Cela arrive rarement dans les bâtiments climatisés. Si la climatisation n'est pas possible, on peut interdire l'accès du bâtiment à de nombreux genres d'insectes en obturant toutes les portes et les fenêtres avec un treillis métallique à fines mailles.

Les méthodes modernes de fumigation peuvent être appliquées à de très grands bâtiments si on les recouvre de bâches de plastique (Page et Lubatti, 1963). Dans les climats tropicaux, il est recommandé de procéder fréquemment à la fumigation de tous les bâtiments qui abritent des biens culturels. Cette méthode est onéreuse mais on peut en réduire le coût si l'on dispose

d'un système de climatisation permettant de faire circuler dans les gaines un gaz comme le bromure de méthyle.

Produits recommandés pour fumigations

Parmi les produits fumigatoires recommandés pour combattre les insectes nuisibles dans les entrepôts, les musées et les bibliothèques on peut citer: le fluorure de sulfuryle, le bromure de méthyle, le cyanure d'hydrogène, l'oxyde d'éthylène, le tétrachlorure de carbone, le bichlorure d'éthylène et le dibromure d'éthylène (Page et Lubatti, 1963). Le bromure de méthyle est l'un des plus utiles. Il tue la plupart des insectes, quel que soit leur stade de développement. Il se décompose rapidement et n'endommage pas la plupart des matières. Des expériences ont montré, ces années dernières, que pour un certain nombre d'insectes le fluorure de sulfuryle est encore plus toxique que le bromure de méthyle (Kenaga, 1957).

La plupart des produits fumigatoires sont très toxiques pour les êtres humains; aussi les fumigations devraient-elles toujours se faire sous la direction d'un expert, d'un chimiste ou d'un représentant d'une entreprise de désinfection.

Nous nous proposons dans les pages qui suivent de répertorier les insectes qui causent le plus de dommages aux biens culturels et d'exposer les diverses manières de lutter contre eux. Chaque ordre d'insectes fait l'objet d'une rubrique séparée et les ordres sont classés philogénétiquement (Imms, 1957).

IDENTIFICATION ET MOYENS DE LUTTE

THYSANOURES (« queues à crin »)

Les plus primitifs des insectes appartiennent à cet ordre. Le nom populaire de « queues à crin » (*bristle-tails*) qui leur a été donné en anglais répond au fait que leur abdomen se termine par une paire de cerques et une

queue médiane en forme de cierge prolongeant le dernier segment abdominal. Les « queues à crin », comme tous les autres insectes de la sous-classe des aptérygotes, sont dépourvus d'ailes (aptères), ce qui passe pour correspondre à un état primaire.

Identification des espèces

Diverses espèces d'insectes de cet ordre hantent les bibliothèques et les musées. Le plus connu est le vulgaire « poisson d'argent » ou *Lepisma saccharina* L. (fig. 21), un insecte brillant, gris argenté, de 8 à 13 mm de long probablement originaire d'Europe mais devenu à peu près cosmopolite. Il se déplace très rapidement, se nourrit surtout la nuit et se cache pendant le jour. Une autre espèce très répandue est le *Ctenolepisma longicauda* Esch., insecte d'un blanc crémeux, avec une très longue queue. Originaire d'Afrique, il s'est propagé dans de nombreuses autres régions tropicales. Enfin, l'*Acrotelsa collaris* F. est tropicopolite.

Divers autres thysanoures pénètrent dans les maisons, les bibliothèques, les archives et les musées des pays tropicaux. Ce sont notamment le *Ctenolepisma urbana* S. à Hawaï, le *C. reducta* F. à Porto Rico, le *C. nigrum* O., le *Pielolepisma calvum* R. à Ceylan et le *Thermobia aegyptiaca* L. en Égypte et à Hong-kong.

Matières attaquées par les thysanoures

Les poissons d'argent et insectes voisins détériorent la surface du papier, les reliures de livres, les boîtes en carton ; ils mangent la colle et même l'encre de Chine des étiquettes des collections exposées. Ils s'attaquent aux épreuves photographiques, aux papiers dont on tapisse les murs et parfois aux spécimens de plantes séchées conservés en herbier. On a vu le *Ctenolepisma longicauda* se nourrir de spécimens séchés d'échinodermes. A Porto Rico, on a découvert des *Ctenolepisma reducta* à l'intérieur d'enveloppes contenant des insectes à écailles.

Lutte contre les thysanoures

Divers moyens chimiques ont été employés contre les poissons d'argent qui infestent des locaux habités, des bibliothèques, des archives, des herbiers et des musées. On

peut utiliser simplement un appât composé d'une partie de fluosilicate de sodium pour cinq à huit parties de farine (Marcovitch, 1933). La poudre de DDT, des pulvérisations de DDT à faible concentration (0,25 %) et la poudre de pyrèthre (Weiss et Carruthers, 1937) ont également été employées avec succès contre les lépismidés dans les musées, les bibliothèques et les herbiers.

Une nouvelle façon de lutter contre les poissons d'argent dans les bibliothèques a récemment été mise au point par des chercheurs de la Division d'entomologie de la CSIRO (Canberra) sous la direction de M. S. W. Bailey. Des feuilles de papier gris, format ministre, ont été traitées à la dieldrine, dont le dépôt devait augmenter de 0,3 à 0,4 % le poids initial du papier, chaque feuille portant très clairement l'indication « traité à la dieldrine ». Ces feuilles ont été utilisées avec un grand succès dans la lutte contre le poisson d'argent aux archives de la Bibliothèque nationale de Canberra. On en a mis au fond des casiers, sur les rayons de rangement des livres et dans les meubles à tiroirs pour les cartes. On pense que le produit chimique dont les feuilles sont imprégnées conservera son efficacité pendant au moins dix ans. L'avantage de cette méthode est que les insectes qui vont et viennent sur les rayons et dans les tiroirs se trouvent sans cesse en contact avec le papier imprégné de poison tandis que le personnel de la bibliothèque, une fois les feuilles mises en place, n'a pratiquement plus à y toucher.

ORTHOPTÈRES (grillons, sauterelles et insectes apparentés)

Identification des espèces

Seuls quelques insectes de cet ordre très vaste peuvent être considérés comme dangereux pour les biens culturels. On a signalé des Petites Antilles (Ballou, 1912) que le grillon domestique (*Amphiacusta*

carai-bea Sauss.) s'attaque aux livres. Un autre grillon cause, en Inde, des ravages dans les bibliothèques. En Nouvelle-Guinée, un insecte appartenant à une grosse espèce brune de la famille essentiellement tropicale des gryllacrididae (appelés parfois « grillons des arbres ») [fig. 22], pénètre dans les maisons la nuit, attiré par la lumière électrique. Il pratique des déchirures de longueur variable dans les vêtements, les rideaux, les tissus et parfois aussi le papier (périodiques, dossiers administratifs, etc.). Il cause ces ravages à l'aide de ses mandibules acérées et probablement aussi de ses tibias en dents de scie; il ne mange pas vraiment les tissus (la plupart des gryllacrididae passant pour prédateurs). En Papouasie, il est généralement connu sous le nom de « mangeur de calicot ». Une autre espèce, le *Paragryllacris combusta* Germ. s'est parfois attaqué à des rideaux en Australie. On pense que cet insecte déchire un morceau du tissu pour s'en faire une sorte de cachette (McKeown, 1944).

Mesures de protection

Les gros insectes comme les grillons et les insectes arboricoles causent rarement des dégâts dans les bâtiments climatisés (qui sont plus ou moins hermétiquement clos) ou dans ceux qui sont munis d'écrans en toile métallique et de portes à fermeture automatique rapide. Dans les bâtiments qui n'ont ni climatisation ni écrans moustiquaires, il est préférable de garder sous verre les spécimens ethnologiques. Les tissus seront ainsi protégés contre les ravages des gros orthoptères et des blattes.

DICTYOPTÈRES (blattes et mantidés)

Identification des espèces

Les mantidés sont des insectes prédateurs carnivores, qui ne s'attaquent pas aux biens culturels. Par contre, les blattes — et en

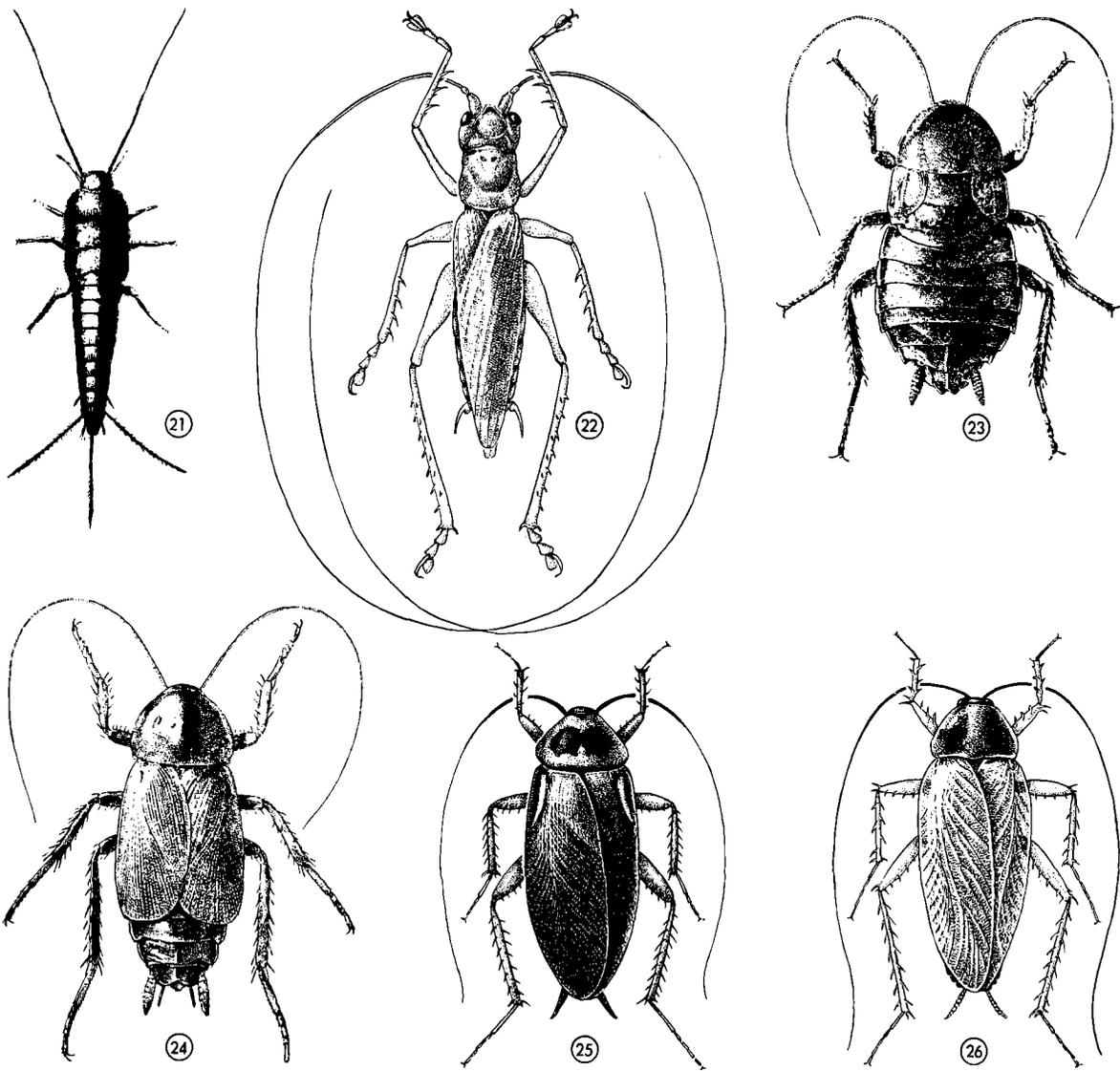
particulier les espèces dites « domestiques » — sont presque omnivores et il leur arrive d'endommager gravement des biens culturels, des livres en particulier. Elles ont un grand pronotum, sorte de bouclier qui, en général, leur recouvre partiellement la tête. Elles sont le plus souvent ailées, mais il existe aussi des espèces aptères et brachyptères. Chez certaines espèces, la forme et la dimension des ailes diffèrent selon le sexe. C'est le cas notamment de la blatte orientale (*Blatta orientalis* L.): les ailes des femelles (fig. 23) sont rudimentaires tandis que celles des mâles (fig. 24) sont plus longues mais ne couvrent que partiellement l'abdomen. Au contraire l'abdomen de la blatte australienne (*Periplaneta australasiae* F.) [fig. 25], de la blatte américaine (*Periplaneta americana* L.) qui lui est étroitement apparentée, et de la blatte allemande (*Blattella germanica* L.) [fig. 26], plus petite, est entièrement recouvert par les ailes.

La blatte allemande et diverses autres blattes déposent leurs œufs dans une oothèque (fig. 27) qui est d'ordinaire divisée par une cloison en deux rangées d'alvéoles, dont chacune contient un œuf. La blatte allemande est ovovivipare: la femelle porte ses œufs pendant la majeure partie de la période d'incubation. Peu avant l'éclosion des œufs (fig. 28), elle se débarrasse de l'oothèque qui se divise alors en deux.

Les blattes ont un long cycle de vie. La blatte américaine femelle subit 11 et le mâle 12 métamorphoses, correspondant à des mues successives. La durée du cycle, à une température de 29 °C (Griffiths et Tauber, 1942), est de 250 à 270 jours.

Répartition

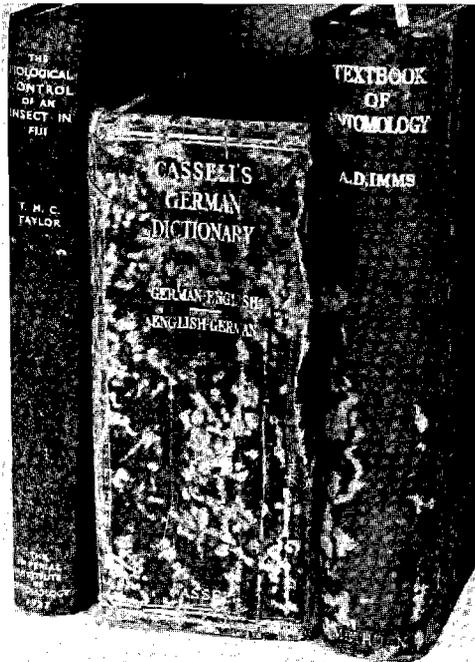
Toutes les blattes mentionnées ci-dessus sont à peu près cosmopolites. D'autres espèces sont très répandues, comme la blatte brune (*Periplaneta brunna* B.), la blatte brune rayée (*Supella suppelectilium* S.) et les espèces *Eoblatta notulata* Stal., *Stylophaga*



Figures

21. Thysanura. Poisson d'argent (*Lepisma saccharina* L.). [D'après Lubbock ; reproduit avec l'autorisation de la Royal Society, Londres.]
22. « Grillon des arbres » (famille des gryllacrididae), espèce non décrite en provenance de Nouvelle-Guinée.
23. Blatte orientale (*Blatta orientalis* L.), femelle. [Reproduit avec l'autorisation du conseil d'administration du British

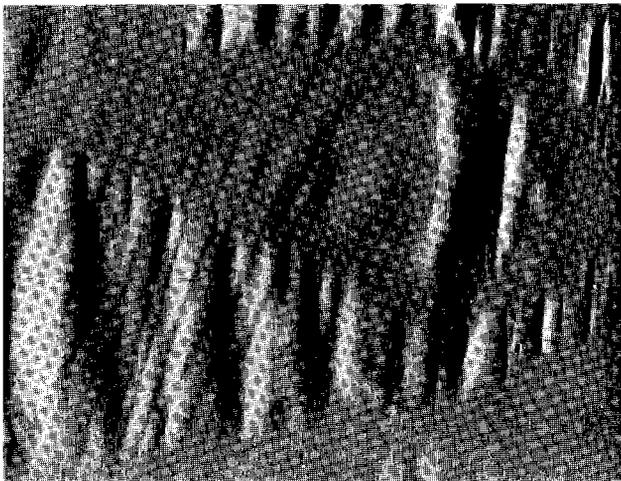
- Museum (Natural History) « Economic series », n° 12.]
24. Blatte orientale (*Blatta orientalis* L.), mâle. [Reproduit avec l'autorisation du conseil d'administration du British Museum (Natural History) « Economic series », n° 12.]
25. Blatte australienne (*Periplaneta australasiae* F.), femelle.
26. Blatte allemande (*Blattella germanica* L.), femelle.



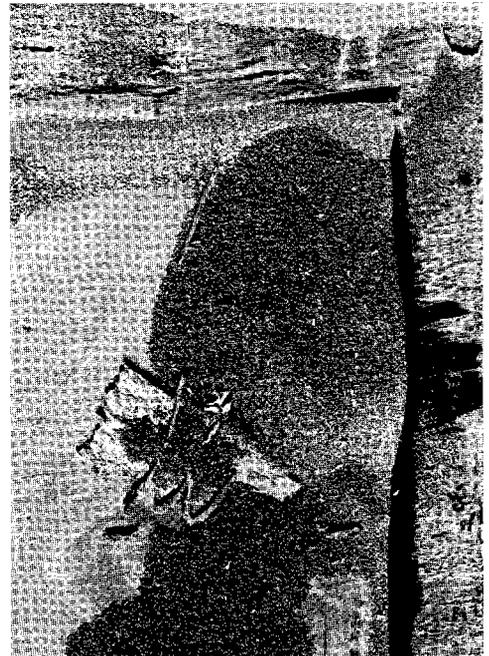
1



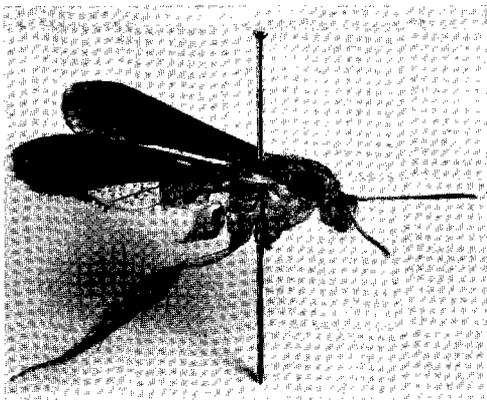
2



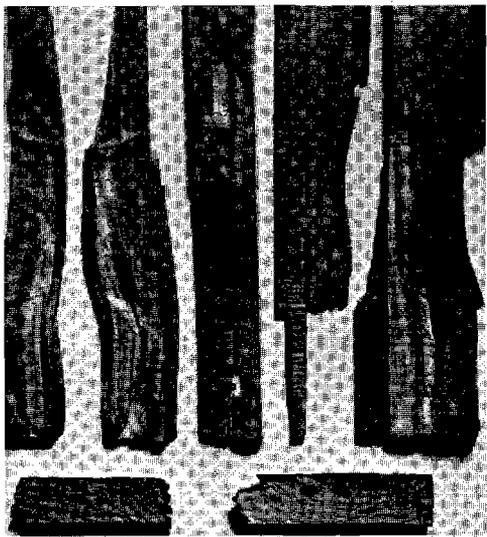
3



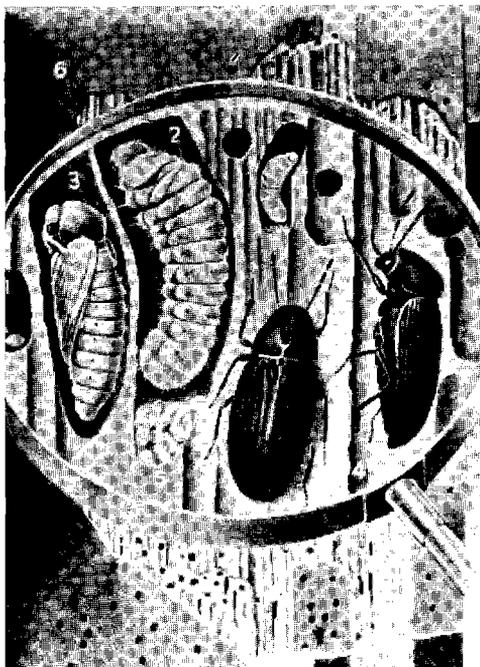
4



5



7

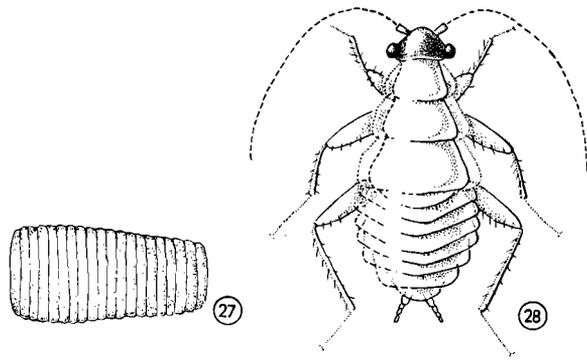


6

Planches

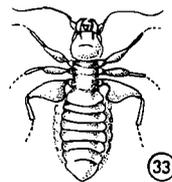
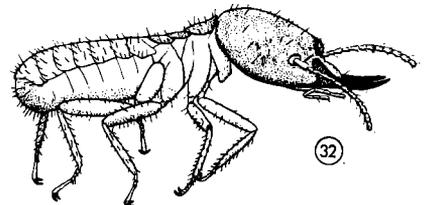
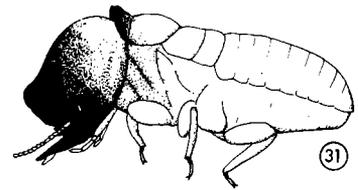
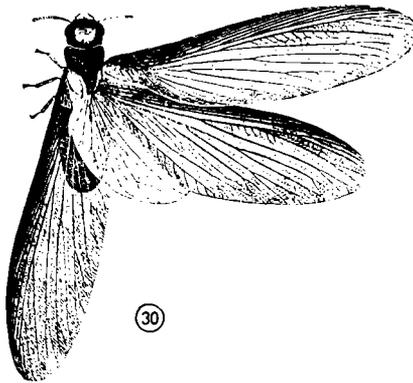
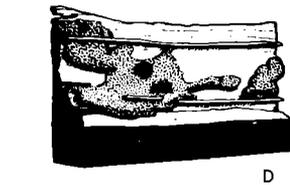
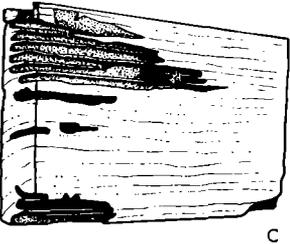
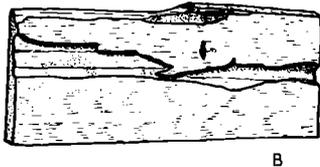
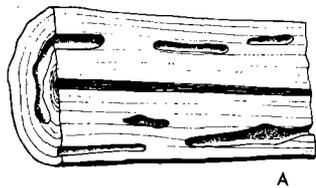
- 1 Livres endommagés par la blatte australienne (*Periplaneta australasiae* F.).
- 2 Pied de bureau endommagé par le calotermite *Incisitermes*, à Port Moresby. [Photo : N. Moderate.]
- 3 Panneau d'une porte peinte. Le calotermite *Cryptotermes* s'est propagé sous les boursouffures. [Photo : N. Moderate.]
- 4 Mobilier endommagé par le calotermite *Cryptotermes*. On remarquera les excréments accumulés sur le contre-plaqué. [Photo : N. Moderate.]
- 5 Insecte monté (de la famille des sésiidés) rongé par le pou du livre (*Psocatroplus microps*). [Photo : N. Moderate.]
- 6 Œufs, larves, nymphes et adultes de la vrillette domestique (*Anobium punctatum*). [Photo reproduite avec l'autorisation du Département de l'agriculture, Sydney, Nouvelle-Galles du Sud.]
- 7 Bois tendres endommagés par l'hylotrupe européen (*Hylotrupes bajulus*). [Photographie reproduite avec l'autorisation de la Forests Commission of Victoria, Melbourne.]

29. Dégâts caractéristiques causés par les termites au bois de construction :
- A. *Kalotermes*, termite du bois sec.
 - B. *Reticulotermes*, termite du bois humide.
 - C. *Coptotermes*, termite du bois humide tropical.
 - D. *Odontotermes*, termite souterrain qui remplit ses galeries de terre. [D'après Harris ; reproduit avec l'autorisation de M. W. Victor Harris.]
30. *Mastotermes darwiniensis* F., termite souterrain géant extrêmement nuisible de la zone tropicale de l'Australie septentrionale ; introduit accidentellement en Nouvelle-Guinée à une date récente. [D'après Froggatt ; reproduit avec l'autorisation de l'Editor of Publications, Department of Agriculture, Nouvelle-Galles du Sud.]
31. Soldat de *Cryptotermes havilandi* (Sjostedt), termite du bois sec vivant aux abords des tropiques. [D'après Harris ; reproduit avec l'autorisation de M. W. Victor Harris.]
32. Soldat de *Coptotermes niger* Snyder, termite souterrain ; un des principaux insectes nuisibles au Panama, au Guatemala et au Honduras britannique. [D'après Harris ; reproduit avec l'autorisation de M. W. Victor Harris.]
33. Pou des livres (*Liposcelis* sp.).



Figures

27. Oothèque de la blatte allemande (*Blattella germanica* L.).
28. Blatte allemande (*Blattella germanica* L.). Nymph, première métamorphose.



rhombofolia Stoll et *Ectobia lapponica* L. (Essig, 1947; Girard, 1877).

Les hommes ont probablement commencé à propager les blattes dans le monde dès les débuts de la navigation, et plusieurs auteurs du XIX^e siècle signalent les ravages causés par ces insectes aux biens culturels, notamment aux livres, dans les pays tropicaux.

Dégâts causés par les dictyoptères

Les blattes sont surtout actives la nuit. Les blattes domestiques se nourrissent de toutes sortes de denrées alimentaires et autres matières. Elles s'attaquent à la laine, au cuir, aux feuilles et aux reliures des livres (planche 1) et périodiques. Celles du genre *Periplaneta* sont très attirées par la colle des reliures de livres. Dans le cas de la blatte brune rayée, cette attirance est si forte que les petites nymphes se noient parfois dans des flacons de colle. Les insectes épinglés sur des planches, si on les laisse découverts la nuit, sont souvent dévorés par des blattes.

Mesures de protection

Pour protéger les plantes des herbiers contre les blattes, certains coléoptères et d'autres insectes, on peut les traiter au moment du montage avec une solution alcoolique composée de 500 grammes de sublimé corrosif (chlorure mercurique) pour 18 litres d'alcool éthylique à 40 % ou avec une solution de lauryl-pentachlorophénate et de « white spirit ». Cette dernière a l'avantage de n'être pas toxique pour les êtres humains alors que le sublimé corrosif est un poison violent.

On a essayé et on peut recommander, contre les blattes domestiques, de nombreux insecticides : chlordane, diazinone, dieldrine malathion, pyrèthre, DDT et pyrèthre (en aérosol). Un mélange de pyrèthre et de borax a donné d'excellents résultats en Nouvelle-Guinée contre la *Blattella germanica* et la *Periplaneta australasiae*. L'un des

avantages de la poudre de pyrèthre est qu'absorbée par voie orale ou dermique, elle n'est que très faiblement toxique pour l'homme. En revanche son action est peu durable et les applications doivent être plus fréquentes que si l'on emploie des insecticides à base d'hydrocarbures chlorés.

Dans certaines régions, les blattes (et tout particulièrement la *Blattella germanica*) sont devenues résistantes à la dieldrine, au chlordane et au DDT.

Le traitement des livres avec des vernis et des laques se pratique depuis de nombreuses années. Un traitement efficace de ce genre est appliqué à la bibliothèque du Jardin botanique de Singapour¹.

Le Département de chimie, station expérimentale de l'Association hawaïenne des planteurs de canne à sucre, à Honolulu, a récemment mis au point une nouvelle laque et un insectifuge qui mettent les livres à l'abri des attaques des blattes et autres insectes. Ces deux produits ont donné d'excellents résultats dans les bibliothèques de la station expérimentale et du Département d'entomologie de l'Université d'Hawaii. Ils protègent les livres aussi efficacement contre les moisissures que contre les insectes².

ISOPTÈRES (termites)

Sous les tropiques, les termites comptent parmi les insectes les plus nuisibles aux constructions de bois (fig. 29). Ils font plus de tort aux bâtiments qui abritent des biens culturels qu'à ces biens eux-mêmes (planches 2-4). On a cependant signalé plusieurs espèces qui s'attaquent aux livres.

Les isoptères, bien que depuis longtemps reconnus comme un groupe distinct, et caractérisés par leurs formes aptères spécialisées et leur organisation sociale très

1. On en trouvera la formule dans l'annexe au présent chapitre, p. 73.

2. Voir l'annexe au présent chapitre, p. 73.

complexe ressemblent beaucoup aux fourmis, membres d'un ordre qui, morphologiquement et philogénétiquement, s'apparente de très loin aux termites.

Chez les termites, les ouvriers, les soldats et les nymphes sont dépourvus d'ailes; les mâles et femelles ailés, après avoir quitté leurs nids et s'être accouplés, perdent leurs ailes et deviennent « rois » et « reines », jouant le rôle de reproducteurs. L'abdomen de la reine se développe pendant plusieurs années et finit par atteindre, chez certaines espèces (*Macrotermes*) une longueur de 13 centimètres (Harris, 1961).

La plupart des termites pondent leurs œufs un à un, parfois en succession rapide. Une espèce géante de l'Australie du Nord, *Mastotermes darwiniensis* F. (fig. 30), fait exception à cette règle, pondant ses œufs par séries de 16 à 24.

Chez les termites, la transformation des nymphes passe par plusieurs stades et les adultes vivent plus longtemps que la plupart des autres insectes. La caste ouvrière correspond à un stade peu avancé de développement, arrêté un peu après la seconde mue. Les ouvrières ont des mandibules chitineuses bien développées. Les soldats ont soit une très grosse tête et de très fortes mandibules (type mandibulé: fig. 31, 32), soit un rostre au milieu du front et des mâchoires relativement petites (nasuter-midés) [Imms, 1957].

Tous les termites construisent des nids et une même colonie groupe parfois plusieurs millions d'individus. Les espèces de la famille des calotermitidés font leurs nids dans le bois sec, ceux de la famille des thermopsidés dans le bois humide; d'autres, comme les *Coptotermes* nichent dans le sol autour des racines d'arbre. Nous nous intéressons surtout à ceux qui attaquent les constructions en bois et dont les espèces tropicales se répartissent en deux grandes catégories: les termites du bois sec et les termites souterrains.

Harris (1961, p. 158-163) recense un grand nombre de termites appartenant à ces

deux catégories et les classe selon leur habitat.

Biens culturels attaqués par les isoptères

Certaines espèces de termites sont cantonnées dans des régions relativement restreintes; il existe par exemple, à l'état endémique, plusieurs grands termites dans les bois secs de Ceylan; d'autres comme les *Cryptotermes brevis* W. et *C. havilandi* S. vivent aux abords des tropiques. Les espèces de ce dernier genre s'attaquent parfois aux rayonnages, aux caisses de rangement, aux tiroirs et aux spécimens ethnologiques (sculptures sur bois) des musées.

Les termites s'attaquent parfois aux livres. Les termites souterrains *Coptotermes formosanus* S. et les termites du bois sec *Cryptotermes brevis* W. et *Incisitermes immigrans* S. sont signalés comme parasites des livres à Hawaii (Fullaway, 1926). Sont également bibliophages: *Heterotermes gertrudae* R. dans l'Himalaya indien, *H. tenuis* H. en Amérique du Sud, *Odontotermes patruus* S. en Afrique (Mulungo, Congo), *Reticulotermes flavipes* K. en Guyane, *Coptotermes vastator* L. aux Philippines et *Cryptotermes* sp. en Indonésie (Kalshoven, 1938).

Mesures de prévention

Le meilleur moyen de protéger les biens culturels contre les termites est de mettre autant que possible à l'abri de ces insectes les bâtiments où se trouvent les biens en question. On peut pour cela:

1. Utiliser chaque fois que c'est possible un bois qui résiste aux termites. Harris (1961, p. 123-124) a dressé une longue liste d'essences, originaires de nombreux pays tropicaux, qui remplissent cette condition.
2. Incorporer à la construction des obstacles matériels: dalles de béton, cloisons de ciment, chapes métalliques (Harris, p. 144-147).

3. Dresser des obstacles chimiques, en traitant par exemple le sol avec des insecticides à action persistante (Harris, 1961; Beesley, 1957).
4. Appliquer des méthodes modernes de préservation du bois. Tous les bois d'œuvre utilisés pour la construction des bâtiments ou la fabrication du mobilier, des rayonnages, etc., devraient toujours subir au préalable un traitement chimique.

Traitements protecteurs

On utilise, dans les pays tropicaux, diverses méthodes de préservation du bois, dont les principales font appel à la diffusion, à la pression ou à l'alternance du chaud et du froid.

Les méthodes de traitement par diffusion sont probablement les plus commodes à employer dans les régions tropicales. Elles consistent à injecter dans le bois une solution concentrée d'un préservatif chimique dont l'eau, présente dans le bois, assurera la diffusion. On choisit pour cela des bois verts fraîchement sciés, et on fait en sorte qu'ils ne sèchent pas trop rapidement après l'opération. Ces méthodes ont l'avantage de permettre de traiter à la fois l'aubier et le duramen. Diverses combinaisons de sels inorganiques sont utilisées comme préservatifs (Colwell, 1964). En Australie, la CSIRO a mis au point et fait breveter un borofluorure de chrome et d'arsenic qui sert à traiter par diffusion des bois verts destinés à la construction (Anon., 1960). Certains genres de béton peuvent aussi être protégés efficacement contre les termites au moyen de la dieldrine ou de l'aldrine (Gay, 1961).

Lorsqu'un bâtiment est attaqué par des termites souterrains, il convient de repérer le nid, de le déterrer, de le briser, ou de le détruire avec de la poudre de trioxyde d'arsenic. Si le nid est difficilement accessible, on peut insuffler une petite quantité de poudre d'arsenic dans des trous pratiqués jusqu'au centre du nid (Kenaga, 1957). Une très petite quantité de cette substance suffit à tuer un grand nombre de

termites. D'après certains tests pratiqués par les chercheurs de la CSIRO (Australie), 1,75 gramme d'arsenic suffit à tuer toute une colonie de quelque 1 500 000 termites de l'espèce *Nasutitermes exitiosus* H. en l'espace de deux semaines (Gay, 1961).

Les termites s'attaquent parfois aux câbles et aux installations électriques. Il est donc sage de faire subir à ce matériel un traitement chimique avant de le mettre en place et de boucher les orifices de passage des fils avec un insecticide à action persistante comme l'aldrine.

Il n'est pas facile de lutter contre les termites du bois sec. Si la présence de ces termites est décelée assez tôt, il est possible de les exterminer par des pulvérisations d'un mélange comprenant un litre de dieldrine (émulsion à 15 %) pour 14 litres d'eau et 125 grammes d'éther, ou par des fumigations de bromure de méthyle ou de fluorure de sulfuryle (Kenaga, 1957). Les pulvérisations devraient se faire au moyen d'un pulvérisateur à pression équipé d'une aiguille à injection.

Les sculptures ornementales sur bois, si elles ne sont pas teintées par des pigments naturels, peuvent être plongées dans un mélange de diéldrine et d'éther dichloréthylrique; le même mélange peut aussi s'employer par pulvérisation et brosse. Le naphthane de cuivre et le naphthane de zinc, appliqués par brosse ou par pulvérisation, peuvent également servir à traiter les objets infestés de termites ou de vrillettes. Divers produits permettent de fixer les pigments naturels. Un mélange comprenant une partie de bédacryle 122 X (un ester polyméthacrylique vendu dans le commerce en solution à 40 %, à base de xylène) pour cinq parties de toluène est couramment utilisé à la Galerie d'art de la Nouvelle-Galles du Sud (Sydney) pour traiter par pulvérisation les peintures sur écorce d'arbre (Communication de F. W. McCarthy, Australian Museum, Sydney). En raison de la toxicité du produit, l'opérateur doit porter un masque et des gants.

PSOCOPTÈRES (poux des livres et insectes apparentés)

Identification des espèces

Certaines espèces minuscules de cet ordre, représentant diverses familles (liposcelidés, phyllipsocidés, psyllipsocidés, trogidés) exercent leurs ravages dans les bibliothèques, les herbiers et les musées. Les poux des livres sont de petits insectes, parfois même minuscules, avec des têtes assez grosses et de fortes mandibules dentées. Chez certaines espèces, les ailes sont bien développées; chez d'autres, les femelles ou les sujets des deux sexes ont des ailes rudimentaires; d'autres encore sont aptères. C'est le cas notamment des espèces du genre *Liposcelis* (fig. 33).

Biens culturels attaqués par les psocoptères

Dans les musées entomologiques, les poux des livres dévorent surtout les écailles et les poils recouvrant le corps des insectes; mais ils peuvent causer des dégâts plus graves aux spécimens montés (planche 5) si les boîtes où ils sont conservés ne sont pas soumises régulièrement à un traitement chimique. Ils abîment les livres des bibliothèques en mangeant la colle. On a vu des *Liposcelis* manger la gélatine des plaques de verre utilisées pour le montage d'échinodermes. Le *Trogium pulsatorium* L., parasite fréquent des musées et bibliothèques d'Europe (Acloque, 1913; Hansen, 1930) a été propagé par l'homme dans le monde entier. Une autre espèce, le *Liposcelis divinatorius* M. est probablement tropicophile. Le *Liposcelis entomophilus* E. se rencontre dans les musées et les bibliothèques des Philippines; d'autres espèces de *Liposcelis* ont été observées en Afrique, à Hong-kong et à Hawaï. L'espèce *Psocotropus microps* E. est commune en Nouvelle-Guinée, mais on la trouve également en Afrique, à Java et à Formose. Le *Psocotropus lachlani* R., le *Psyllopsocus minutissimus* E. et l'*Ectopsocus maindroni* B.

ont été signalés à Hong-kong, certaines espèces de *Nepticulomina*, *Micropsocus* et *Tropusia* en Indonésie et *Archipsocus fernandi* P. à Ceylan.

Traitement recommandé

On peut, dans une large mesure, prévenir les dégâts des psocoptères en veillant soigneusement à la propreté des collections, en époussetant fréquemment les vitrines, les tiroirs, les rayons, les boîtes, les livres, les périodiques et les classeurs cartonnés des herbiers. Les insectes ne devraient jamais être conservés même temporairement dans des cartonnages. Tous les casiers à insectes et toutes les boîtes où on les conserve temporairement devraient contenir des flocons de naphthaline. En cas d'infestation, il faut mettre aussitôt du paradichlorobenzène dans la boîte ou le tiroir infestés. La naphthaline et le paradichlorobenzène doivent être placés dans un sachet en mousseline que l'on fixe fermement dans un coin, pour l'empêcher de se déplacer et d'endommager les spécimens (McKeown, 1944). Un moyen simple et efficace de destruction des poux des livres consiste à placer du paradichlorobenzène dans chaque coin de la boîte infestée et de la laisser pendant 24 ou 36 heures dans un séchoir électrique équipé d'un thermostat qui maintient la température à 50°C. Mais si l'infestation est déjà avancée, il faut recourir à des fumigations.

Dans les pays tropicaux où les températures et les taux d'humidité relative sont élevés, on peut employer des désinfectants qui agissent à la fois contre les insectes et les moisissures. Voici par exemple le mélange qu'utilise le British Museum: « Des paillettes de naphthaline sont incorporées à une certaine quantité de chloroforme jusqu'à saturation. Une quantité égale de créosote de hêtre est alors ajoutée au mélange que l'on conserve dans un récipient hermétique (Smart, 1940). On peut enduire de ce mélange la surface intérieure des boîtes ou des tiroirs avant d'y monter les insectes.

LÉPIDOPTÈRES (papillons et mites)

Identification des espèces

Quelques espèces de mites, principalement celles de la famille des tinéidés s'attaquent aux spécimens d'histoire naturelle (en particulier à la peau des mammifères et des oiseaux), aux livres et aux tissus des collections ethnographiques. Les mites ont pour la plupart quatre ailes bien développées. Ce sont des insectes holométaboles, qui passent au cours de leur développement par quatre stades : œuf, larve, chrysalide et état adulte. Les larves, qui causent des dommages aux biens culturels, ont des pièces buccales broyeuses.

Matières attaquées par les mites des livres

Les reliures des livres sont parfois rongées par les mites des vêtements, appartenant aux espèces communes et très répandues *Tinea pellionella* L. et *Tineola biseliella* H. (fig. 34). Les larves de *T. pellionella* vivent dans des enveloppes portatives faites de diverses substances, tandis que les larves des autres espèces tissent les particules des matières dont elles se nourrissent.

Traitement préventif

Le moyen le plus sûr de prévenir les dégâts causés par les mites et les anthrènes à la peau des mammifères et des oiseaux consiste à traiter les spécimens peu après leur naturalisation, avec de l'alun et du trioxyde d'arsenic dans le cas des mammifères, avec du borax dans le cas des oiseaux. Les peaux de mammifères et d'oiseaux qui font partie de collections d'études doivent être conservées dans des coffres ou tiroirs métalliques hermétiquement clos, où l'on place du paradichlorobenzène. Celui-ci doit être renouvelé tous les deux ou trois mois et même faire l'objet d'un contrôle mensuel, car il s'évapore très vite dans les climats tropicaux. À ces mesures de prévention

peuvent s'ajouter une ou deux fois par an des fumigations de bromure de méthyle.

Dans les vitrines où sont exposés des oiseaux ou des mammifères on peut suspendre des sachets de gaze contenant du paradichlorobenzène et faire périodiquement des pulvérisations de diéldrine. La diéldrine peut aussi s'employer en pulvérisations à l'intérieur des vitrines où sont conservés des spécimens ethnologiques. Dans les musées et bibliothèques gravement infestés, il faut procéder à des fumigations.

Les laques et les insectifuges actuellement utilisés pour protéger les livres sont également très efficaces contre les larves des lépidoptères¹.

HYMÉNOPTÈRES (fourmis, guêpes et abeilles)

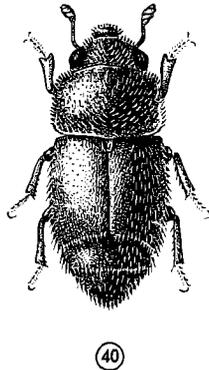
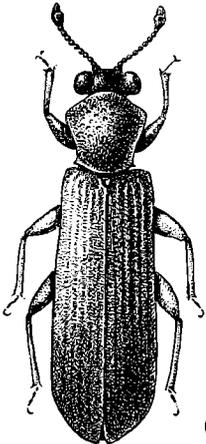
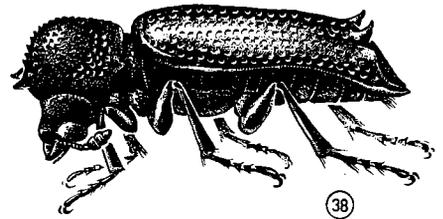
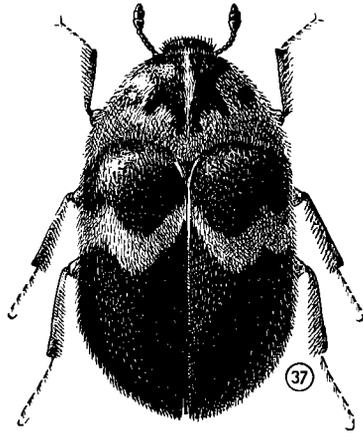
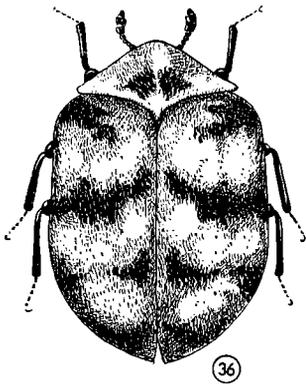
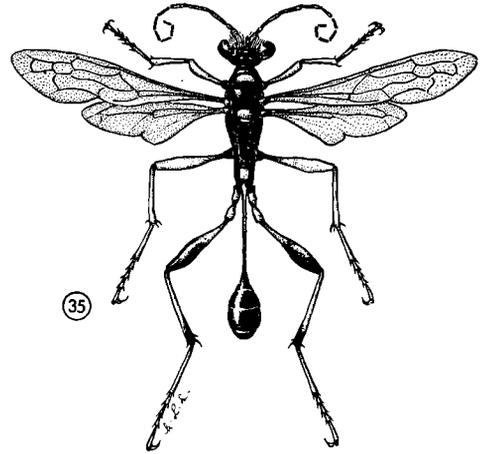
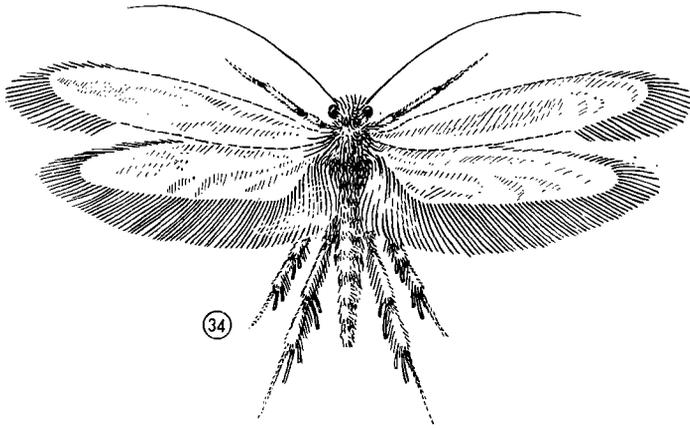
Identification des espèces et mesures préventives contre les fourmis

Certaines espèces de fourmis, quelques guêpes et les abeilles menuisières s'attaquent parfois, sous les tropiques, aux biens culturels. Les spécimens d'insectes séchés sont dévorés par les fourmis s'ils ne sont pas conservés en vase clos. Le créosote de hêtre, dont on peut enduire les boîtes de rangement temporaire est très efficace contre les fourmis. Pour empêcher celles-ci d'entrer dans les bâtiments, on peut procéder régulièrement à des badigeonnages ou à des pulvérisations, sur les soubassements, aux entrées, ouvertures ou autres voies d'accès, avec une émulsion de diéldrine ou de chlordane faiblement concentré.

Identification des espèces et mesures préventives contre les guêpes et les abeilles

Les guêpes de la famille des sphécidés bâtissent souvent leurs nids de boue dans les tiroirs, sur les rayonnages et sur les livres.

1. Voir l'annexe au présent chapitre p. 73, et p. 302.



Figures

34. Mite commune des vêtements (*Tineola biseliella* H.).
35. *Sceliphron laetum* S., guêpe de la famille des sphécidés, qui bâtissent souvent des nids de boue sur les dos des livres en Nouvelle-Guinée.
36. *Anthrenus verbasci* L., coléoptère parasite des musées ; se rencontre dans de nombreuses régions du monde.
37. *Attagenus gloriosae* F., membre de la famille des dermestidés ; s'attaque aux spécimens d'insectes desséchés en Nouvelle-Guinée.
38. *Heterobostrychus aequalis* Waterh., parasite s'attaquant au bois de construction, et notamment aux planchers, dans les pays tropicaux.
39. *Lyctus brunneus* Steph., lycte, parasite cosmopolite du vieux bois.
40. *Carpophilus dimidiatus* F., insecte cosmopolite sévissant dans les entrepôts. S'attaque parfois aux spécimens des musées sous les tropiques.

En Nouvelle-Guinée, on a vu à diverses reprises des spécimens de l'espèce *Sceliphron laetum* S. (fig. 35), qui est très répandue, coller ensemble les dos de deux ou trois volumes. Les abeilles menuisières (espèce des *Xylocopa*) percent des trous dans le bois de construction. Seuls des écrans de toile métallique peuvent protéger efficacement contre ces gros insectes volants.

COLÉOPTÈRES (scarabées et autres)

L'ordre des coléoptères, le plus vaste de la classe des insectes, comprend quelques espèces qui causent d'importants dégâts aux biens culturels.

Ces espèces peuvent se répartir en deux groupes principaux: *a*) les coléoptères qui s'attaquent au bois de construction; *b*) les coléoptères qui s'attaquent à d'autres objets (tissus, tapisseries, fourrures, peaux, plumes, insectes séchés, plantes, etc.).

Les livres sont attaqués par des insectes des deux groupes. Certains coléoptères omnivores semblent se nourrir de presque n'importe quelle matière organique.

Identification et matériaux le plus souvent attaqués

On trouve des parasites des biens culturels dans les familles suivantes de coléoptères.

Dermestidés (anthrènes). Ce sont des insectes de petite taille ou de taille moyenne dont les larves velues, de couleur foncée, sont aisément repérables. Les plus nuisibles appartiennent à diverses espèces des genres *Dermestes* et *Anthrenus* qui s'attaquent aux spécimens séchés d'insectes, de crustacés, de chitons (polyplacophores), d'échinodermes, aux peaux de mammifères et d'oiseaux, aux trophées de chasse, aux cuirs, aux tapis, et parfois aussi aux livres (Bohatta, 1927). Les plus connus sont l'*Anthrenus museorum* L., *A. lepidus* Lec., *A. pimplinellae* F., *A. thoracicus* M., *A. varius* L. (Tillyard, 1926), *A. verbasci* L. (fig. 36),

Dermestes cadaverinus F., *D. lardarius* L., *D. maculatus* De Geer, et *D. vulpinus* F. La plupart sont cosmopolites. L'espèce *Attagenus gloriosae* F. (fig. 37) s'attaque aux spécimens d'insectes en Nouvelle-Guinée et on a vu en Indonésie l'*Orphinus vulvipès* G. se nourrir d'insectes et de la laine de cordons entourant des dossiers-classeurs.

Anobiidés. Ce sont de petits coléoptères généralement de couleur sombre uniforme. Beaucoup d'entre eux causent d'importants dommages aux vieux bois d'œuvre, aux plantes séchées et aux livres. L'un des plus nuisibles aux vieux bois d'œuvre, la vrillette domestique (*Anobium punctatum* De Geer) [planche 6] est presque cosmopolite et infeste aussi les bibliothèques (Anon., 1878; Bohatta, 1927; Hansen, 1930).

Le *Stegobium paniceum* L. et le *Lasioderma serricorne* F., presque cosmopolites, sont les plus dangereux ennemis des bibliothèques. Le second s'attaque aussi aux herbiers. L'espèce *Dorcatoma bibliophagum* M. fait d'immenses ravages dans les bibliothèques du Brésil (Faria, 1919; Magalhaes, 1926) et du Pérou (Wille, 1934). La présence de certaines espèces du genre *Catorama* (*C. herbarium* Gorham, *C. mexicana* Pic., *C. pusilla* Sharp.) a été signalée dans les bibliothèques de divers pays tropicaux. Le *Catorama mexicana* (Kotinsky, 1906) a longtemps constitué, et constitue sans doute encore, le plus grave danger qui menace les livres et les cuirs d'Hawaii. Le *Gastrallus laticollis* s'attaque aux livres et aux objets de bambou en Indonésie (Kalshoven, 1938), tandis que le *Ptilinus pectinicornis* L. s'attaque aux livres en Égypte et à Hong-kong.

L'anobie *Xestobium rufovillosum* De Geer a causé en Europe la destruction des toitures de bois de nombreux édifices célèbres (Essig, 1947). Il existe sans doute sous les tropiques d'autres espèces qui causent des dégâts similaires aux biens culturels.

Bostrychidés. Il s'agit d'une importante famille de vrillettes de toutes tailles et de

couleur uniforme brun foncé, brun rougeâtre ou noirâtre. Les larves sont de couleur claire et de forme incurvée.

L'espèce minuscule *Rhizopertha dominica* F. se rencontre très fréquemment dans les bibliothèques (Hoffman, 1933). Elle s'est propagée dans toutes les parties du monde à la faveur des échanges commerciaux (Fisher, 1950). Le *Dinoderus minutus* F., autre espèce répandue aux alentours des tropiques, s'attaque parfois, dans les musées, aux objets faits de bambou (Kalshoven, 1963). Le *Sinoxylon anale* Lesn. (Kalshoven, 1963) et l'*Heterobostrychus aequalis* Waterh. (fig. 38), qui s'attaquent au bois de construction, sont très répandus sous les tropiques. Le second détériore souvent les planchers. On a signalé qu'en Indonésie des sujets adultes, sortis d'un plancher, ont fait des trous dans un tapis de grande valeur (Kalshoven, 1963).

Ptinidés. Les espèces presque cosmopolites *Niptus hololeucus* F., *N. unicolor* P., *Ptinus brunneus* D., *P. fur* et les *Sphaericus gibboides* Boisd. s'attaquent parfois aux dos de cuir et à la colle des livres. Les ptinidés sont de petits coléoptères de couleur sombre dont les larves sont du type scarabéidé.

Lycidés. Ces insectes causent de graves dégâts aux vieux bois de construction. *Lycius brunneus* Steph. (fig. 39) est l'espèce cosmopolite la plus connue. *Minthea rugicollis* W. endommage souvent, en Indonésie, les spécimens ethnographiques, comme les masques de bois et les sculptures sur bois (Kalshoven, 1963).

Nitidulidés. *Carpophilus dimidiatus* F. (fig. 40), espèce de très petite taille, sévit surtout dans les entrepôts mais se trouve parfois

aussi dans les musées où il s'attaque aux collections de petits insectes.

Cucujidés. L'espèce minuscule *Ahasverus advena* W. s'attaque parfois aux plantes des herbiers.

Ténébrionidés. *Tribolium castaneum* H., parasite cosmopolite des entrepôts, s'est parfois attaqué, dans les musées des Philippines, à de gros insectes montés.

Cerambycidés. Quelques rares espèces de la grande famille des scarabées longicornes s'attaquent aux vieux bois. C'est le cas notamment de l'insecte térébrant domestique *Hylotrypes bajulus* L., qui fait des ravages dans les bois tendres (planche 7). Certaines espèces de clytini percent des trous dans les rideaux de bambou.

Méthodes préventives et traitement

On peut lutter contre les dermestes et autres coléoptères nuisibles des musées, des herbiers et des bibliothèques, en utilisant les méthodes recommandées dans le présent chapitre contre les blattes, les poux des livres et les mites (naphtaline, paradichlorobenzène, mélange utilisé au British Museum, application de laques et d'insectifuges et fumigation dans les cas graves.) Les méthodes de lutte contre les termites (préservation du bois, traitement à la dieldrine et à l'éther dichloréthylique) sont également efficaces contre la plupart des coléoptères qui s'attaquent aux bois de construction. Contre l'*Anobium punctatum* on peut employer le mélange suivant: 500 cm³ d'éther dichloréthylique; 80 cm³ de chlordane, ou 125 cm³ de dieldrine, ou 160 cm³ de DDT; 2 litres de pétrole lampant (Anon., 1964).

ANNEXE

QUELQUES FORMULES D'INGRÉDIENTS

Formule de l'insectifuge utilisé à la bibliothèque du Jardin botanique de Singapour.

Communiquée par H. M. Burkil.

| | |
|---|------|
| Hexachlorure de benzène | 60 g |
| Paradichlorobenzène | 30 g |
| Pentachlorophénol | 30 g |
| Salicylanilide de sodium | 60 g |
| Chlorure mercurique | 20 g |
| Calopone | 85 g |
| Shellac | 3 kg |
| Alcool méthylique (en q.s.) pour dissoudre les divers ingrédients | |

Les flacons doivent porter l'étiquette « Poison ».

Formules de l'insectifuge et de la laque utilisés par l'Hawaian Sugar Planters Association

Communiquées par F. E. Hance et C. Hophin.

Insectifuge (employé pour la protection des livres)

| | |
|---|-----------------------|
| Dichlorodéthyle-trichloroéthane (DDT), en granulés | 150 g |
| Résine d'arochlore, en granulés n° 5460 (Monsanto Chemical Co.) | 75 g |
| Alcool isopropylique (99 %) | Jusqu'à 2,5 l environ |

Tiédier pour faciliter la solution. Éviter le voisinage direct d'une flamme ou d'un radiateur électrique.

Léthane (concentré aliphatique de thiocyanate) 90 g

Pétrole raffiné (incolore)

Tiédier pour faciliter la solution. Éviter le voisinage direct d'une flamme ou d'un radiateur électrique.

Après refroidissement, mélanger les deux solutions et y ajouter, pour neutraliser l'odeur 40 cm³ de la solution suivante:

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Cristaux de coumarine | 10 g |
| Cristaux d'ambrette (graines de muse) | 10 g |
| Carbitol | 400 cm ³ |

Cela donne environ 0,5 litre de solution que l'on conserve dans un bocal de verre jaune.

Laque pour les livres

Mettre dans un bocal d'un litre les produits suivants:

| | |
|--------------------------|---------------------|
| Xylène | 430 g |
| Méthyle-isobutyle-cétone | 80 g |
| Éthyle de cellulose | 72 g |
| Salicylanilide | 6 g |
| Alcool isopropylique | 100 cm ³ |

Boucher légèrement le bocal et le laisser au chaud pendant un jour ou deux. Lorsque la solution est complète ajouter de l'alcool isopropylique (99 %) jusqu'à un volume total d'un litre. Enfin, ajouter 5 gouttes d'Alcoscent n° 2 (Givaudan-Delawanna) et secouer.

Mode d'emploi de l'insectifuge H et de la laque H pour la protection des livres.

Matériel nécessaire

- 1 brosse souple de 2,5 cm
- 2 brosses souples de 5 cm
- 3 récipients de verre:
 - Un pour la laque
 - Un pour l'insectifuge
 - Un pour le xylène servant à rincer la brosse à laque

Pour appliquer la laque

1. Verser une petite quantité de laque dans l'un des verres.
2. Tenir le livre d'une main, ouvrir la couverture, tremper la brosse dans le verre et appliquer une faible quantité de laque sur le bord intérieur de la couverture. Répéter l'opération sur l'intérieur de l'autre couverture.
3. Saisir les pages du livre en laissant retomber les couvertures de chaque côté. Appliquer uniformément une mince couche de laque sur toute la surface extérieure du livre maintenu debout.
4. Les couvertures restant ouvertes, mettre le livre debout pour qu'il sèche.
5. Rincer la brosse dans le xylène.

Pour appliquer l'insecticide

1. Ouvrir la couverture supérieure du livre. Appliquer l'insectifuge en faible quantité sur les bords intérieurs de la couverture et sur la page de garde du livre.
2. Répéter l'opération sur la couverture intérieure et la page de garde.
3. Introduire quelques gouttes d'insectifuge dans l'espace entre la reliure et le dos broché du livre.
4. Fermer immédiatement le livre en serrant très fort et appliquer l'insectifuge sur les trois tranches extérieures.
5. Remettre le livre en rayon comme d'habitude. Aucun séchage n'est nécessaire ni même souhaitable.

REMERCIEMENTS

L'auteur a contracté une dette de reconnaissance envers les personnes suivantes, qui lui ont donné des conseils techniques, lui ont fourni de la documentation, l'ont aidé à identifier certains spécimens, etc.

Blaricum: D^r L. G. E. Kalshoven; *Bogor*: D^r Sampurno Kadarsan; *Brisbane*: M. N. Heather; *Bruxelles*: M. R. Damoiseau; *Calcutta*: D^r A. P. Kapur; *Cambridge*: D^r J. Smarty; *Canberra*: M. S. W. Bailey, M. K. R. Norris, M. F. N. Ratcliffe; *Hong-kong*: D^r I. W. B. Thornton; *Honolulu*: D^r F. E. Hance, D^r D. E. Hardy, M^{lle} C. Hoskins, M^{lle} S. Nakata; *Hulletts Landing*: D^r A. E. Emerson; *Kuala Lumpur*: M. B. Sripathi Rao; *Lae*: M. J. S. Womersley; *Leyde*: D^r M. A. Lieftinck; *Lienç*: D^r K. E.

Scheld; *Londres*: M. H. G. Fennah, M. E. O. Pearson, M. R. D. Dope, D^r P. Wygodzinsky; *Manille*: D^r Clare R. Balthazar; *New York*: M. H. van Deusen; *Peradeniya*: D^r H. E. Fernando; *Port Moresby*: M. A. Catley, M. S. J. Colwell, M. D. Croger, M. G. P. Keleny, M. D. W. P. Murty, M. G. N. Vickers, M. L. E. Whiteman; *Singapour*: M. H. M. Burkill; *Sydney*: M. J. Beeman, M. P. C. Hely, M. H. J. de Disney, M. D. McAlpine, M. F. W. McCarthy, M. B. J. Marlow, M. C. N. Smithers.

Les illustrations photographiques sont dues à l'aimable concours du Papua and New Guinea Administration du gouvernement du Commonwealth australien, les dessins sont l'œuvre de M^{me} M. L. Szent-Ivany.

BIBLIOGRAPHIE

ACLOQUE, A. 1913. Les insectes bibliophages. *Cosmos, Revue des sciences et de leurs applications (Paris)*, nouv. série, tome 68, p. 205-207.

ANONYME. 1878. Les ennemis des livres: histoire naturelle, leur constitution, leurs ravages, les moyens de s'en préserver. *Magasin pittoresque (Paris)*, n° 46, p. 146-149, ill.

———. 1960. Reviews of work in economic entomology in the Commonwealth 1954-1959. Australia. *Report of the Seventh Commonwealth Entomological Conference 6-15 July 1960*, appendix V, p. 202-210.

———. 1964. *The common furniture beetle (« Anobium punctatum » De Geer)*. Sydney, New South Wales Forestry Commission, Division of Wood Technology, 9 p., ill. (Pamphlet 13.)

BALLOU, H. A. 1912. *Insect pests of the Lesser Antilles*. Bridgetown (Barbades), Imperial Department of Agriculture for the West Indies. 210 p., ill.

BEESELEY, J. 1957. *Eradicating termites (white ants) from buildings*. CSIRO. 6 p., ill. (Forest products newsletter, n° 234-236.)

BOHATTA, H. 1927. Die Hygiene des Buches. *Einführung in die Buchkunde*. Wien, Gilhofer und Ranschburg, p. 301-307.

COLWELL, S. J. 1964. *Timber preservation in the Territory of Papua and New Guinea*. Konedobu, Papua, Department of Forests. 11 p., ill.

CRICK, C. E. 1888. Book-worm. *Northamptonshire notes and queries, Northampton*, vol. 2, p. 33, ill.

ESSIG, E. O. 1947. *College entomology*. New York, Macmillan. 900 p., ill.

FARIA, Diego de. 1919. *Os inimigos dos nossos livros*. Serviço Sanitario Estado de São Paulo, n. s. n° 4, 42 p., ill.

FISHER, W. S. 1950. *A revision of the North American species of beetles belonging to the family « Bostrichidae »*. Washington, D. C., U.S. Dept. Agric., 157 p. (Misc. publ., n° 698.)

FULLAWAY, D. T. 1926. Termites or white ants in Hawaii. *Hawaiian forester and agriculturist (Honolulu)*, vol. 23, p. 68-88.

GAY, F. J. 1961. The control of termites in Australia (with Italian, French and German résumés). Estratto da *Symposia Genetica et biol. it.*, vol. XI: *Atti IV. Congresso UIEIS, Pavia, 9-11 Settembre 1961*, p. 47-60.

GIRARD, M. 1877. La domestication des blattes. *Bulletin de la Société d'acclimatation (Paris)*, série 3, tome 4, p. 296-309, ill.

GRIFFITHS, J. T.; TAUBER, O. E. 1942. The nymphal development of the roach *Peri-*

- planeta americana* L. J. *New York Ent. Soc.*, vol. 50, p. 263-272, ill.
- HANSEN, F. 1930. Bücherfeinde. *Blätter für Buchgestaltung und Buchpflege (Leipzig)*, vol. 1, n° 3, p. 1-2.
- HARRIS, W. Victor. 1961. *Termites, their recognition and control*. London, Longmans. 187 p., ill. (Tropical agriculture series.)
- HOFFMAN, W. A. 1933. *Rhizopertha dominicana* as a library pest. *J. Econ. Ent. Geneva, N. Y.* vol. 26, p. 293-294.
- IGLESIAS, L. 1935. *Contra la polilla de los libros*, vol. 2, p. 89-100. Madrid, Asociación de Bibliotecarios y Bibliografía.
- IMMS, A. D. 1957. *A general text-book of entomology*. 9th ed., entirely revised by O. W. Richards and R. G. Davies. London, Methuen and Co. Ltd. 886 p., ill.
- KALSHOVEN, L. G. E. 1938. De Boekenworm in Nederlandsche-Indie. *Ent. Med. Ned. Indie*, vol. 4, p. 10-16.
- . 1962. *Coptotermes curvignathus* as a cause of trouble in electric systems. Estratto dal volume XI: *Atti IV. Congresso UIEIS, Pavia 9-14 settembre 1961*, p. 223-229, ill.
- . 1963. Notes on the biology of Indonesian *Bostrychidae* (Col.) *Ent. Berichten 23 (1. XII. 1963)*, p. 242-257, ill.
- KENAGA, E. E. 1957. Biological, chemical and physical properties of sulfuranyl fluoride as an insecticidal fumigant. *J. Econ. Entom.*, vol. 50, p. 7-11.
- KOTINSKY, J. 1906. A new book and leather pest. *Hawaiian forester and agriculturist (Honolulu)*, vol. 3, p. 117-118.
- MAGALHAES, P. S. de. 1926. *Dorcatoma bibliophagum*. *Jornal de Comercio (Rio de Janeiro)*, 45 p., ill.
- MARCOVITCH S. 1933. *How to control certain pests of the household*. Knoxville, University of Tennessee, Tennessee Agricultural Experiment Station, 19 p., ill. (Bulletin, n° 147.)
- McKEOWN, K. C. 1944. *Australian insects*. 2nd (rev.) ed. Sydney, Royal Zoological Society of New South Wales. 303 p., ill.
- PAGE, B. P.; LUBATTI, O. F. 1963. Fumigation of insects. *An. Rev. Ent.* vol. 8, p. 239-264.
- SMART, J. 1940. *Instructions for collectors*. N° 4A: *Insects*. London, British Museum (Natural History), 164 p., ill.
- TILLYARD, R. J. 1926. *The insects of Australia and New Zealand*. Sydney, Angus and Robertson Ltd., 560 p., ill.
- WEISS, H. B.; CARRUTHERS, R. H. 1937. *Insect enemies of books*. New York, New York Public Library. 63 p., ill.
- WILLE, J. 1934. Übereinige Vorrats- und Speicherschädlinge in Peru. Beiträge zur Schädlingfauna von Peru (VII). *Mitt. Ges. f. Vorratschutz. E. V. (Berlin-Steglitz)*, vol. 10, n° 1, p. 6.

Organisation d'un service national de préservation des biens culturels

INTRODUCTION

Nombreuses sont les missions d'experts que l'Unesco a envoyées, depuis sa fondation, un peu partout dans le monde afin de conseiller les États membres ou certaines de leurs institutions sur la protection des pièces de musées, des monuments et des sites archéologiques. Les progrès accomplis dans ce domaine, tels qu'ils ressortent d'une comparaison entre la situation actuelle et ce qu'elle était il y a une vingtaine d'années seulement, sont absolument remarquables. Presque partout, les autorités nationales savent désormais quel inestimable trésor constitue leur patrimoine culturel et s'efforcent de protéger les vestiges du passé qui ont survécu à l'action destructrice du climat, aux guerres, aux révolutions, et à l'expansion rapide des centres urbains, agricoles et industriels.

NÉCESSITÉ D'UNE ORGANISATION NATIONALE

Nul pays n'ignore que son unité, pour être authentique, doit reposer sur un fonds culturel cohérent et que sa culture sera respectée par autrui dans la mesure où lui-même la respectera. La responsabilité de protéger ce patrimoine culturel se situe donc à l'échelon national le plus élevé et doit être confiée à des personnes compétentes dirigées par quelqu'un qui connaisse à la fois les problèmes à résoudre et les solutions qu'y

apportent des pays particulièrement expérimentés dans ce domaine très spécialisé.

EXEMPLES D'ORGANISATIONS NATIONALES

Certains pays ont organisé leur service national de protection autour de leur musée national et créé une direction générale des antiquités et des musées¹. En général ces pays procèdent ensuite à l'établissement de musées provinciaux dans les diverses régions culturelles ou administratives du pays et commencent à constituer, dans les régions relativement écartées, souvent moins riches que d'autres en vestiges du passé, des musées de campagne ou des dépôts où les objets d'intérêt historique puissent être rassemblés et trouver un abri provisoire.

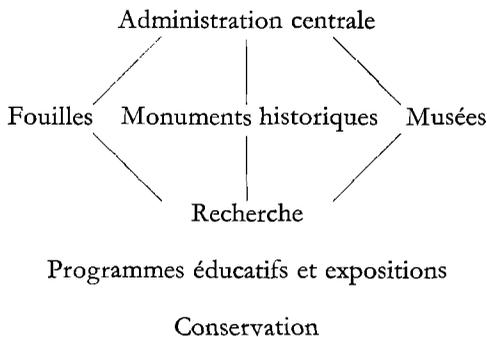
Un service national de ce genre peut être l'embryon d'un organisme plus complexe. C'est ainsi qu'en Inde, par exemple, l'Administration des musées est aujourd'hui séparée de la Protection des monuments et sites archéologiques, les deux services étant eux-mêmes subdivisés en nombreuses sec-

1. Nombre de pays occidentaux s'intéressent plus à l'art qu'à l'archéologie, cependant que d'autres (notamment des pays tropicaux) accordent une place privilégiée aux antiquités. Les collections concernant la science et la technologie, les sciences naturelles et les arts traditionnels sont parfois confiées initialement au musée national, en attendant qu'elles puissent être constituées en musées distincts. Il en est de même pour les peintures de chevalet.

tions régionales. Au Brésil, autre pays très étendu, la *Directoria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional* coiffe quatre grands districts, dont chacun est suffisamment indépendant du service central pour organiser en toute autonomie son travail courant. La bonne marche de ces deux genres d'organisation exige toutefois un personnel nombreux et hautement qualifié dont neuf fois sur dix les pays tropicaux ne disposent pas. Il y a donc intérêt à indiquer dans les grandes lignes, à l'intention de ces pays, quelle peut être la structure du service en question.

OBJECTIFS ET ORGANISATION D'UN SERVICE NATIONAL

La solution préconisée ici est le fruit de nombreuses missions d'études dans divers pays. Elle n'est pas la seule possible, et d'autres peuvent également être envisagées, en fonction des structures sociales, politiques et administratives du pays en cause, des ressources dont il dispose, de sa richesse en vestiges du passé, de leur répartition géographique, et de quantité d'autres facteurs. Pour les besoins du présent exposé, nous nous fonderons toutefois sur le schéma suivant :



Administration centrale

Le plus difficile est de trouver une personnalité ayant tout à la fois le prestige, les

titres et l'expérience nécessaires pour exercer les fonctions très complexes qui s'attachent à la direction d'un organisme dont le bon fonctionnement exige la collaboration de spécialistes représentant des disciplines très diverses : archéologues, historiens de l'art, physiciens et chimistes, architectes et ingénieurs, techniciens des fouilles, de la conservation et de la photographie.

Ce poste de direction devrait être confié à un ressortissant du pays, même s'il est nécessaire de lui adjoindre initialement un conseiller étranger. Celui-ci ne devrait toutefois être nommé que pour une période limitée et ses fonctions devraient être définies par un programmes précis. Il arrive trop souvent, en effet, qu'une certaine nonchalance, de part et d'autre, prolonge indéfiniment le séjour de l'expert et retarde l'accession de son « homologue » au plein exercice de ses responsabilités.

Il est indispensable également que ce service dispose d'un budget annuel autonome, que son directeur ait l'entière confiance des autorités administratives supérieures et qu'on lui donne financièrement le moyen d'organiser son service progressivement, au fil des années.

Une autre question à ne pas perdre de vue est celle de la coopération des autorités civiles et religieuses au sein de ce service. Dans de nombreux pays, en effet, la responsabilité gouvernementale en matière de protection du patrimoine culturel national est mal définie lorsqu'il s'agit d'édifices religieux, qu'ils servent au culte ou soient depuis longtemps désaffectés ; or ces édifices constituent, de loin, la majorité des monuments anciens. Cette imprécision pose des problèmes de tous ordres, généralement insolubles, de sorte que des sites et monuments anciens, dont l'importance peut être capitale, sont laissés à l'abandon. Il serait possible de remédier à cette situation en créant, au sein du service national, un comité consultatif groupant des représentants à l'échelon le plus élevé des autorités religieuses et civiles et chargé d'examiner

sans passion les problèmes en cause. Ce genre de dispositif donne déjà d'excellents résultats dans plus d'un pays.

Fouilles, monuments historiques et musées

Les objets anciens exigeant des soins particuliers, peuvent en gros, se répartir en trois catégories: ceux qui figurent dans des collections conservées à l'abri; ceux qui sont encore enfouis dans le sol; ceux qui font partie de monuments anciens.

Chaque catégorie requiert l'attention d'un spécialiste différent, à des fins également diverses. Le service national pourra donc logiquement se subdiviser en trois sections principales: fouilles, monuments historiques et musées. La section la plus difficile à organiser est certainement celle des monuments historiques. Diverses solutions sont possibles, selon la plus ou moins grande richesse du pays en architecture ancienne, la nature des monuments et leur état de conservation; mais, de façon générale, on devra s'assurer le concours du personnel spécialisé suivant: un ingénieur (problèmes de structure), des architectes (restauration) assistés de modeleurs (entretien et reconstitution d'éléments décoratifs) et de copistes (peintures murales), des inspecteurs des monuments et des dessinateurs (plans, dessins, etc.).

Il est particulièrement nécessaire de recruter un ingénieur dûment qualifié (ce qui n'est pas facile dans certains pays où les besoins de tel ou tel secteur national doivent être satisfaits en priorité) et de faire en sorte qu'il coopère étroitement avec les architectes; on a en effet tendance à oublier que c'est la plupart du temps à la structure des sols et des fondations qu'est imputable la dégradation des monuments anciens. Il est donc essentiel que l'architecte soit parfaitement au courant des problèmes de structure; faute de quoi, il ne saurait être qu'un bon contremaître connaissant les ficelles du métier et les employant, de façon pragmatique, au mieux de ses

capacités. Il doit en outre posséder à fond les principes de la restauration architecturale, ce qui suppose chez lui une science et une sensibilité qui débordent largement l'étude historico-technique de l'architecture et la connaissance de telle ou telle théorie de la reconstruction ou reconstitution par anastylose.

Recherche, programmes éducatifs et expositions, conservation

En théorie au moins, tous les objets anciens, qu'ils soient à l'abri ou en plein air, qu'ils fassent ou ne fassent pas partie d'un monument ancien, doivent être étudiés (et les résultats de cette étude publiés); il faut les exposer, pour qu'ils contribuent à l'éducation du public; il faut enfin, cela va sans dire, les sauvegarder à l'intention des générations futures. C'est à ces diverses exigences que répondent les trois services communs: recherche, programmes éducatifs et expositions, conservation.

La recherche: ses buts principaux. Le service de la recherche doit se préoccuper avant tout de dresser, du patrimoine culturel national, un inventaire embrassant l'ensemble du territoire. Cet inventaire devrait évidemment comprendre non seulement les principaux monuments, antiquités et œuvres d'art datant d'époques lointaines, mais aussi les biens culturels d'origine plus récente, soit autochtone (objets traditionnels), soit étrangère (par exemple, les peintures à l'huile occidentales figurant dans les collections nationales). A partir de cet inventaire, il sera possible de planifier de façon objective l'extension future du service national et de mieux voir dans quels secteurs et à quels égards un effort de développement s'impose.

La section de recherche pourrait également comprendre des unités à effectif restreint mais très spécialisées, chargées d'étudier des sujets précis, choisis en fonction des besoins locaux et circonstances particulières: art islamique, épigraphie

bouddhique, iconographie chrétienne, peinture moderne, ou encore ethnographie.

Les résultats de ces travaux doivent être diffusés, et leur publication constitue la seconde grande fonction de la section de recherche. Celle-ci devrait donc, avec l'aide de la bibliothèque et de l'atelier de photographie, réunir toute la documentation et les archives nécessaires. Il est à peu près admis aujourd'hui que la restauration d'un objet d'une certaine valeur ne devrait jamais être entreprise avant qu'on ait reconstitué dans le moindre détail son histoire technique (on consultera à cet effet les documents d'archives et les ouvrages pouvant fournir des renseignements sur son origine, son évolution et les traitements qu'il a déjà subis). Une autre règle veut que tout traitement soit illustré par une abondante documentation photographique (montrant l'objet avant, pendant et après le traitement) et donne lieu à la rédaction de rapports descriptifs soignés. La bibliothèque et l'atelier de photographie sont donc appelés à jouer un rôle important dans la section de recherche. Même si on fait surtout de la photo en noir et blanc, on ne négligera pas pour autant les avantages de la photographie en couleur, ni ceux d'un matériel de microfilmage et de reproduction mécanique des documents. On se souviendra, lors du choix de ce matériel, que les photographes devront souvent travailler à des distances considérables de leur atelier (Unesco, 1960, p. 117-118); il se peut donc que le service national doive leur fournir une camionnette qui serve au besoin de chambre noire.

Programmes éducatifs et expositions. Les gens sont toujours attachés aux traditions culturelles de leur pays. Mais le niveau général d'instruction peut être tel qu'un gros effort d'information soit nécessaire pour rendre le public pleinement conscient de la portée qui s'attache aux réalisations des générations passées. Aussi est-il particulièrement important que le service national coopère étroite-

ment avec les écoles, et les visites guidées de musées et de sites archéologiques et monumentaux, organisées à l'intention des adultes et des étudiants, sont souvent beaucoup plus profitables que toute une série de cours théoriques. Seule une unité spécialisée sera en mesure d'accomplir cette tâche éducative.

Cette même unité pourra également être chargée d'organiser les expositions, ou du moins de collaborer à cet égard avec les musées. On peut faire beaucoup de choses avec des moyens très simples si l'on reconnaît clairement qu'un objet de musée, outre son intérêt historique comme pièce témoin, peut avoir sa valeur artistique propre. Une exposition destinée au grand public ne devrait pas rassembler un trop grand nombre d'objets (les spécialistes pouvant avoir accès aux collections classées dans des réserves). Il existe de nombreux modèles de vitrines bien conçues et d'un prix raisonnable. Les nouvelles matières plastiques permettent souvent de mettre en valeur les belles pièces délicates.

Conservation. Bien que nous l'ayons placée, administrativement, sur le même plan que la section de recherche et celle des programmes éducatifs et des expositions, la section de conservation demande à être présentée en plus grand détail. Nous examinerons sous des rubriques distinctes les fonctions qui lui incombent et les laboratoires et ateliers dont elle a besoin.

ÉTUDE SCIENTIFIQUE, CONSERVATION ET RESTAURATION

Fonctions de la section de conservation

L'Unesco, l'Icom, le Centre de Rome, l'Institut international pour la conservation des objets d'art et d'histoire (IIC), et presque toutes les organisations nationales s'accordent à penser que tout travail de conservation et de restauration doit reposer sur une étude scientifique. Penser ainsi n'est

nullement minimiser l'importance de l'habileté, des connaissances et de l'expérience des artisans chargés de réparer, de consolider et de restaurer les objets; c'est simplement reconnaître que le problème du vieillissement des objets culturels est avant tout scientifique et que nous disposons aujourd'hui, grâce à la science moderne (surtout la chimie et la physique) et à la technologie, de nouveaux moyens d'étudier la composition, la structure et l'altération des objets culturels à protéger. Cela signifie en outre que les artisans attachés à l'atelier doivent, après avoir acquis des notions générales sur les diverses formes du vieillissement, coopérer avec les hommes de science du laboratoire; ceux-ci, de leur côté, doivent se garder d'oublier que des connaissances authentiques peuvent toujours s'exprimer en langage simple. Il faudra peut-être des années avant que du contact journalier entre l'homme de science et le technicien de la conservation naisse une réelle compréhension, mais le résultat final justifie tous les efforts.

Il semble normal de désigner du nom de « section de conservation » l'unité chargée des études théoriques et des travaux pratiques concernant la protection du patrimoine culturel, qu'il s'agisse d'objets archéologiques, d'œuvres d'art ou d'éléments constitutifs de monuments¹.

La section de conservation devrait avant tout jouer le rôle de conseiller technique auprès du service national pour tout ce qui a trait, par exemple, à l'éclairage, aux conditions atmosphériques², et à la climatisation. Elle devrait aider la section des fouilles en lui signalant les conséquences d'une brusque modification du milieu physique, comme celle que subissent, au contact de l'atmosphère, les objets longtemps enfouis, et elle peut être d'un grand secours pour l'emballage et le transport de ces objets jusqu'au musée. La section des monuments historiques et celle des musées ont également besoin de conseils d'experts au sujet des conditions climatiques. Tout

réemment encore, il a fallu réviser complètement les plans élaborés pour la protection du site maya de Bonampak au Mexique, faute d'avoir prévu les attaques des agents atmosphériques. Pour ce qui est de la conservation des objets dans les musées, on sait, sans tenir toujours pleinement compte de ce fait reconnu, que contre l'excès d'humidité certains remèdes simples sont souvent plus efficaces, pour la protection des collections que des traitements compliqués et coûteux. Le concours d'un bon conseiller technique est donc profitable du double point de vue de l'efficacité et de l'économie.

Laboratoires scientifiques et techniques

La section de conservation n'a pas seulement un rôle consultatif; elle doit également procéder à l'examen technique ou scientifique des objets à traiter. À partir d'une connaissance générale des causes et des effets des modifications qui se produisent dans ces objets, l'homme de science doit apprendre de quelle manière précise chacun tend à se détériorer, l'examinant comme s'il s'agissait d'un corps humain atteint de telle ou telle maladie. Un objet de bronze, par exemple, sera traité tout différemment selon qu'il conserve ou non un noyau métallique, que les sels minéraux qui le recouvrent sont des chlorures, des carbonates ou des sulfates, que la corrosion présente une structure stratifiée, qu'elle pénètre jusqu'au cœur de l'objet, etc. C'est ici qu'intervient la différence entre science et « métier », entre connaissance inductive et habileté manuelle.

1. Selon notre classification, l'étude des modifications que subissent les éléments constitutifs de monuments et la conservation de ces éléments incombent à la section de conservation, tandis que la restauration proprement dite des monuments anciens relève de la section des monuments historiques.

2. Voir chapitre 2 : « Climat et microclimat », p. 29.

L'adresse et le savoir-faire de l'artisan prennent toutefois une importance égale à celle de la science et des techniques modernes lorsqu'il s'agit de la conservation et de la restauration proprement dites. Heureusement, les artisans sont faciles à trouver dans les pays tropicaux, comme dans toutes les régions relativement peu industrialisées et ils montrent en général une certaine sensibilité et souvent plus. L'essentiel est de s'assurer qu'ils comprennent bien la nature des objets anciens et la manière dont ils se sont détériorés, sous l'effet du vieillissement naturel et des interventions humaines. Il s'agit donc avant tout de faire leur instruction dans un domaine nouveau et hautement spécialisé.

Pour ce qui est de l'organisation, à l'échelon national, d'une section de conservation, disons tout d'abord qu'à l'exception de quelques pays particulièrement vastes (l'Inde, par exemple) un seul laboratoire central scientifique ou technique doit suffire aux besoins¹. On a deux raisons principales de s'en contenter: la rareté des scientifiques spécialisés, et la cherté du matériel scientifique et technique. Le passage d'un laboratoire du stade « technique » au stade « scientifique » devrait se faire graduellement; la transformation du technicien capable de procéder à des essais ordinaires de microscopie et de microchimie en un scientifique apte à interpréter de manière plausible les problèmes complexes de structure ne se fait pas en un jour et il faut faire appel à plusieurs scientifiques de formation universitaire lorsqu'il s'agit de tirer des résultats obtenus par diverses méthodes physiques de recherche des conclusions applicables aux travaux de conservation. Il y a quelques années, un matériel d'une valeur d'environ 500 000 dollars, livré à une faculté universitaire, est longtemps resté en tas sous des bâches de plastique parce qu'il n'y avait personne sur place qui sût s'en servir. De pareilles choses ne devraient pas arriver. Il n'y a guère dans le monde que trois laboratoires qui possèdent

en propre le matériel nécessaire pour déterminer l'âge des objets au carbone-14; c'est donc, non le premier, mais bien le dernier genre de matériel qu'il convient d'acheter.

Ateliers de conservation

A l'égard des ateliers de conservation, il en va tout autrement. La section de conservation commencera en général par ouvrir, au musée national, par exemple, un premier atelier rattaché au laboratoire technique. Il appartiendra à chaque pays de décider, selon le genre d'objets le plus fréquemment manipulés, s'il convient de prévoir la subdivision de cet atelier en plusieurs sous-sections. On peut établir une distinction

1. Il est important ici d'établir une distinction entre les laboratoires scientifiques, les laboratoires techniques et les ateliers techniques de conservation. En gros, on peut dire que le chef d'un atelier technique dispose du matériel technique couramment utilisé pour la conservation, à l'exclusion de tous appareils véritablement scientifiques; partant d'une connaissance raisonnée de la matière et de sa désagrégation, il sait comment les artisans placés sous ses ordres pourront procéder aux travaux courants de réparation, de consolidation ou de présentation. Le chef d'un laboratoire technique dispose d'un matériel scientifique et technique plus varié et peut procéder à des essais et à des expériences de microscopie, de microchimie et de physique ordinaire (rayons X, rayons ultraviolets et infrarouges). Il dispose donc d'un plus large éventail de méthodes de conservation et de restauration. Le directeur du laboratoire scientifique devra avoir reçu une formation universitaire, bien connaître le langage de la science moderne et disposer du coûteux matériel de physique qu'exige l'étude systématique d'échantillons microscopiques (par exemple, spectrographie d'émission et d'absorption à des longueurs d'ondes diverses, diffraction aux rayons X, utilisation de traceurs, détermination de l'âge au carbone radio-actif, etc.); ses connaissances de science fondamentale et de science appliquée lui permettront de perfectionner au maximum ses méthodes de conservation et de restauration.

entre les pièces archéologiques et les œuvres d'art (peintures de chevalet, peintures murales, etc.), entre les pièces ethnographiques ou objets d'art traditionnel (produits en grandes quantités et n'appelant qu'un traitement simple et peu onéreux) et les autres ou encore entre les peintures de chevalet et peintures murales, les matières d'origine organique, les métaux et les matières siliceuses ou assimilées (céramique, verre). On tendra peu à peu à augmenter le nombre des ateliers et à en créer de façon systématique dans les divers musées provinciaux ou sur les sites monumentaux les plus importants. Cette multiplication des ateliers suppose entre les unités provinciales et les services centraux (atelier et laboratoire) des contacts réguliers permettant des échanges de vues sur des problèmes nouveaux et importants et l'utilisation en commun de certains matériels spéciaux (il faut prévoir un petit camion pour les transports de matériel d'un dépôt central jusqu'au lieu où on en a besoin). A un certain stade il deviendra nécessaire de réunir régulièrement scientifiques et techniciens de la conservation pour qu'ils examinent ensemble les problèmes généraux de la profession; cela pourrait se faire sous la forme de sessions annuelles d'une association des musées nationaux¹.

FORMATION DE PERSONNEL

Généralités

En 1961, le Comité international des laboratoires de musées de l'Icom prit l'initiative de demander à quelque soixante-dix pays de la zone tropicale d'indiquer les principales causes et conséquences de détérioration de leur patrimoine culturel. Presque toutes les réponses reçues soulignaient le manque de personnel spécialisé dans l'étude scientifique et la conservation des objets culturels. De toute évidence, un effort sérieux s'imposait et il fallait donner aux mesures prises un caractère plus

pratique et plus durable. Dans son rapport de 1963, l'Icom consacrait un chapitre à la pénurie universelle de spécialistes et proposait une solution. Ce besoin urgent de spécialistes a également été souligné au cours de la réunion tenue par l'Icom à Neuchâtel en 1962.

Avant cette date, ceux qui se destinaient à ce genre d'activité avaient depuis longtemps la possibilité d'obtenir de l'Unesco, de divers gouvernements et de nombreuses fondations privées, des bourses d'études à l'étranger, généralement en Europe occidentale ou en Amérique du Nord où ils séjournaient de quelques mois à un ou même deux ans. Les résultats étaient acceptables, mais on s'aperçut vite que ces jeunes gens avaient beaucoup de mal à s'adapter à un milieu totalement différent du leur et dans bien des cas ils n'étaient pas préparés à assimiler pleinement l'enseignement qui leur était donné. La conclusion s'imposait que l'on obtiendrait de bien meilleurs résultats si le débutant pouvait commencer par apprendre quelques principes élémentaires dans un milieu peu différent de celui auquel il était habitué. D'où l'idée de créer des centres régionaux d'initiation qui viendraient s'ajouter aux centres de perfectionnement existants.

Centres régionaux d'initiation

Il a semblé que les premiers centres régionaux d'initiation devraient être créés dans le Pacifique, en Amérique latine, en Asie du Sud, en Afrique centrale et dans le Proche-Orient ou le Moyen-Orient, tandis que les centres de perfectionnement auraient de plus grandes chances de succès en Europe, en Amérique du Nord et en Inde, où les services de conservation sont plus développés. Il a semblé aussi que l'enseignement devrait se donner principalement en anglais

1. Une association muséologique plurinationale, comme l'Association des musées d'Afrique tropicale qui a son siège à Jos (Nigeria) pourrait initialement constituer une solution.

et en français, durer un an ou moins et comprendre un tiers ou un quart de cours théoriques, le reste du temps étant consacré à des travaux pratiques sur l'examen et la conservation des biens culturels. L'ensemble devrait évidemment fonctionner en étroite collaboration avec les organisations internationales qu'intéressent les questions de conservation et avec les principaux laboratoires de musée. La question des allocations de subsistance et de voyage devra être étudiée, mais il semble que les budgets nationaux, le concours des organisations internationales et des fondations privées, et les dispositions des accords culturels entre pays offrent à cet égard des possibilités suffisantes.

Outre ce qui précède, on pourrait différencier les centres d'initiation et les centres de perfectionnement sur la base des principes suivants :

Centres d'initiation

Étudiants : nombreux débutants venant de pays voisins.

Débouchés possibles : chef d'atelier de conservation.

Enseignement : acquisition d'une connaissance raisonnée de la matière et de sa

dégradation, orientée vers l'application de techniques artisanales de réparation, de conservation et de présentation.

Centres de perfectionnement

Étudiants : en nombre limité, possédant déjà certaines connaissances et un minimum d'expérience ; certains seront choisis parmi les diplômés des centres d'initiation.

Débouchés possibles : chef d'atelier technique (ou de laboratoire technique) national.

Enseignement : acquisition d'une connaissance scientifique de la matière, de sa composition, de sa structure et de sa dégradation, orientée vers l'application de méthodes scientifiques de conservation et de restauration.

Les premières leçons de l'expérience acquise, depuis le début de 1964, au Centre de formation pour les techniciens de musées des pays d'Afrique tropicale, mettent en lumière la véritable signification et l'immense portée de l'initiative prise par l'Unesco. Tous ceux qui ont participé, en août-septembre 1964, au stage d'études de Jos, savent que cet excellent exemple sera bientôt suivi dans d'autres régions du monde.

BIBLIOGRAPHIE

- COREMANS, P. 1963. *La protection du patrimoine culturel dans les climats chauds et humides*. Icom.
UNESCO. 1959. *L'organisation des musées. Conseils pratiques*. 202 p., fig., ill. (Musées et monuments, IX.)

- 6a. Matériel et opérations de base,
par H. W. M. Hodges.
- 6b. Exemples de l'aide apportée par l'Unesco
aux musées des pays tropicaux,
par Hiroshi Daifuku

6a *Matériel et opérations de base*

INTRODUCTION

Tout laboratoire appelé à faire des travaux de conservation et, au besoin, de restauration de biens culturels doit disposer pour cela d'un minimum de matériel. Au départ, il pourra se passer d'appareils compliqués ou coûteux et on ne doit pas perdre de vue que, dans la plupart des cas, l'examen et le traitement des objets envoyés au laboratoire d'un musée ne présentent pas grande difficulté. C'est seulement lorsque les objets sont gravement endommagés ou risquent de s'altérer qu'il faut parfois recourir à des instruments plus perfectionnés pour procéder, avant tout traitement, à une étude minutieuse.

Aussi, les connaissances et l'expérience acquises au cours des années par le technicien responsable importent-elles plus que l'équipement. On applique dans divers pays du monde des programmes de formation systématique de spécialistes¹. A mesure que les laboratoires augmentent l'effectif de leur personnel, il est normal qu'on leur confie des objets plus difficiles à traiter; il est également normal qu'un laboratoire, à mesure que sa compétence s'accroît, entreprenne d'acheter un matériel plus coûteux pour aider le technicien à évaluer les dommages subis, en déterminer les causes, choisir les meilleures méthodes de traitement, etc. Il peut arriver que le musée ou le service des monuments disposent d'un budget suffisant pour l'achat de ce matériel. Mais, dans presque toutes les régions

tropicales, de tels achats exigeraient l'importation d'appareils de laboratoire qu'il faut souvent payer en devises étrangères et qui sont soumis à des droits de douane élevés. Dans nombre de cas, cependant, ces musées et services peuvent compter sur l'aide ou l'assistance fournie soit au titre de programmes bilatéraux, soit par des fondations ou encore en application de programmes internationaux.

BOÎTES ET RÉCIPIENTS

Rien de ce qui se trouve dans le laboratoire ne doit rester exposé à l'air. Ce principe vaut non seulement pour les solutions et les réactifs, mais aussi pour les objets en cours de traitement. Un objet abandonné sur la table de travail court le risque de graves détériorations.

Solutions et solvants

Normalement, on les conserve dans des bocaux de verre ou, lorsqu'on en utilise de grandes quantités, dans un aspirateur de verre, mais pour beaucoup de ces solutions il est préférable d'utiliser des récipients en polythène qui sont plus légers et moins fragiles. De nombreux récipients en polythène fabriqués à l'origine pour d'autres usages (par exemple pour les besoins

1. Voir « Organisation d'un service national de préservation des biens culturels », p. 77.

de la maison ou pour le camping) conviennent parfaitement. Ainsi, de nombreuses solutions couramment employées pour les travaux de conservation peuvent se stocker dans de grands bidons en polythène.

Produits solides

Ici encore, pour presque tous les produits, chimiques et autres, comme le kaolin et le plâtre, les récipients en polythène sont tout indiqués. Pour le stockage de grandes quantités, rien ne vaut une poubelle.

Récipients de travail

Les récipients de verre, en particulier les béchers, sont, dans de nombreux cas, préférables aux autres, mais le verre se casse facilement et pour certaines opérations d'autres matériaux conviennent mieux. C'est ainsi que pour les opérations qui se font à basse température, les béchers de polythène ou même les récipients de polythène à usage domestique sont ce qu'il y a de mieux, mais ils ne supportent évidemment pas la chaleur. Les récipients appelés à être chauffés doivent être d'un verre spécial et, lorsqu'on a à manipuler des volumes importants, la vaisselle de cuisine allant au four est souvent plus économique que les grands récipients spécialement fabriqués pour les laboratoires. On peut aussi utiliser des récipients en aluminium ou en acier inoxydable, faciles à fabriquer avec des feuilles de métal; il ne faut toutefois pas perdre de vue que l'aluminium est rapidement attaqué par les solutions alcalines. S'il est d'usage d'employer, pour des opérations à grande échelle comme l'électrolyse, des récipients de verre ou de grès, une caisse de bois tapissée d'une épaisse couche de polythène est tout aussi résistante et coûtera beaucoup moins cher. Il est souvent difficile de nettoyer à fond les récipients qui ont contenu des adhésifs ou des consolidants synthétiques. Aussi, aura-t-

on intérêt à disposer, pour ces produits, d'une réserve de gobelets en carton.

Rangement des objets

Les petits objets seront rangés dans des boîtes ayant si possible un couvercle transparent. De nombreux fabricants produisent aujourd'hui des boîtes de matière plastique avec couvercle transparent monté sur charnière qui conviennent parfaitement mais sont assez coûteuses. Les objets plus volumineux sont plus difficiles à ranger de manière satisfaisante: on peut les placer sous des cloches de verre ou de matière plastique comme celles qui servent à protéger les denrées alimentaires.

Étiquettes

Tout récipient doit porter une étiquette indiquant ce qu'il contient. Les produits toxiques et les poisons, ainsi que toute matière inflammable, seront signalés comme tels, de préférence en lettres majuscules rouges. Dans le cas des solutions, les étiquettes devront indiquer la concentration de chacune d'elles et la nature du solvant. Sur chaque boîte de rangement, une étiquette indiquera au moins le numéro de l'objet qu'elle contient, sauf si cet objet est lui-même étiqueté¹.

MESURES : OPÉRATIONS DE PESÉE ET SOLUTIONS

Balances

Deux genres d'instruments de pesage sont à recommander. Pour les grosses quantités, le mieux est d'utiliser une balance de cuisine; mais les balances de laboratoire sont généralement plus précises et indispensables pour le pesage de petites quantités. Elles doivent toujours être parfaitement propres et tenues à l'abri de la poussière

1. Voir ci-après « Administration ».

quand elles ne servent pas. On les réglera avec le plus grand soin, après quoi on évitera de les déplacer. Les poids ni les plateaux ne devront jamais être manipulés autrement qu'avec des pinces spéciales. A chaque pesée, la somme des poids utilisés pour atteindre le point d'équilibre sera vérifiée par deux fois avant qu'on ne retire les poids du plateau. Lorsqu'on utilisera une balance de précision, on suivra strictement le mode d'emploi prescrit par le fabricant.

Mesures volumétriques

Pour déterminer le volume d'assez grandes quantités de liquide, les verres gradués utilisés pour la cuisine conviennent généralement assez bien; s'il s'agit de très grandes quantités, on peut même utiliser des seaux gradués en polythène. Pour des quantités moindres, il est souhaitable que l'on dispose d'une série d'éprouvettes graduées (50, 100, 250 et 500 cm³). Pour de très petites quantités de liquide, il est recommandé d'utiliser des burettes et des pipettes, la mesure se faisant depuis le creux du ménisque.

Préparation des solutions

Solutions composées de deux ou plusieurs liquides. La préparation des solutions diluées d'acides réclame un soin particulier. L'acide sulfurique concentré, notamment, dégage une forte chaleur si l'on y ajoute de l'eau et l'opérateur risque d'être aspergé par des projections d'acide. Il devra donc procéder comme suit: il versera le volume d'eau requis dans un récipient ouvert, par exemple un seau en polythène (mais pas un récipient de verre, autant que possible, et en tout cas pas une bouteille), qu'il placera sur un évier. Il y versera ensuite l'acide petit à petit, en remuant constamment avec un agitateur de verre ou de polythène et en tâtant de temps à autre la surface extérieure du récipient pour s'assurer que la solution ne chauffe pas trop. Si la température est trop élevée, il

attendra pour ajouter encore de l'acide qu'elle ait baissé et il laissera la solution refroidir avant de la verser dans les flacons.

Solutions composées d'un liquide et d'un solide. Beaucoup de solides ne sont pas aisément solubles et, au lieu de se dissoudre, forment une croûte superficielle ou un dépôt gélatineux au fond du récipient. On peut y remédier dans une certaine mesure en réduisant le solide en une poudre fine qu'on versera lentement dans le liquide et en agitant sans cesse à la main ou par un procédé mécanique. Même alors, beaucoup de substances organiques restent difficiles à dissoudre et l'on aura souvent intérêt à placer le solide dans un sachet de nylon, qu'on suspendra dans le solvant. De vieux bas de nylon conviendront parfaitement pour cet usage.

Concentration des solutions

La concentration des solutions s'exprime généralement en pourcentage. Lorsque le corps dissous est normalement un liquide, comme l'acide nitrique par exemple, le pourcentage indiqué représente le rapport volume/volume. Ainsi, une solution d'acide nitrique à 10 % est une solution de 1 volume d'acide nitrique et de 9 volumes d'eau. Mais, lorsque le corps dissous est normalement solide, la concentration indiquée représente le rapport du poids du corps au volume d'eau. C'est ainsi qu'on obtient une solution caustique à 5 % en dissolvant 5 grammes d'hydroxyde de sodium dans 100 cm³ d'eau. Le titre d'une solution peut aussi s'exprimer par la lettre M (molaire) ou N (normal), ou en multiples ou fractions de M ou N, par exemple 5 N (normal \times 5) ou $\frac{M}{2}$ (molaire : 2). On trouvera l'explication de ces termes ainsi que le titre des solutions M et N dans n'importe quel bon manuel pratique de chimie¹.

1. *Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*. Nouvelle édition, revue et augmentée. Paris, Unesco, 1964. 303 p.

EAU

Eau ordinaire

Le laboratoire de conservation doit disposer d'importantes ressources en eau ordinaire. La qualité de l'eau varie considérablement, d'une région à l'autre, suivant son origine, mais elle contient toujours des impuretés. Avant d'entreprendre des travaux de laboratoire, le conservateur devra déterminer quelles sont les principales impuretés que contient l'eau du pays et prendre alors les dispositions voulues. Une eau dure, qui contient en général les bicarbonates et sulfates de calcium et de magnésium en solution, forme une écume quand on l'utilise à des savonnages; il est nécessaire de la traiter avant de s'en servir pour nettoyer des tissus par exemple. En principe, on peut l'adoucir avec de la soude, mais en pratique il vaut mieux, soit utiliser de l'eau distillée, soit installer un adoucisseur d'eau par échange d'ions. Dans presque toutes les villes, on chlorure l'eau pour détruire les germes microbiens. C'est une excellente précaution, du point de vue de la santé publique, mais il ne faut pas oublier que les chlorures ont une très forte action corrosive sur presque tous les métaux; c'est donc uniquement d'eau purifiée qu'on devra se servir pour laver les objets de métal.

Système de vidange

L'adduction d'eau courante doit être complétée par un système adéquat de vidange. C'est une nécessité qu'on néglige souvent et les conséquences en sont désastreuses. Les eaux usées provenant du laboratoire de conservation contiennent en général des substances corrosives et sont chargées de sédiments. Le système de vidange doit donc pouvoir résister à la corrosion et être muni de dispositifs permettant de retenir et d'éliminer les sédiments. Le système le plus efficace, en pratique, paraît être de garnir chaque évier d'une

tuyauterie en polythène et d'un siphon; toutes les eaux usées du laboratoire convergent vers un deuxième siphon. Certaines matières ne doivent jamais être jetées à l'égout. Le plâtre, par exemple, risque, en se solidifiant, de boucher les canalisations. Les solutions d'acétate de cellulose ou de polyvinyle forment au contact de l'eau des grumeaux gélatineux qui ont le même effet. Les substances corrosives ne doivent être jetées à l'égout que si elles sont très diluées.

Eau pure (distillée et désionisée)

L'eau distillée peut s'acheter en grosses bonbonnes, mais cela revient très cher, et il est préférable d'installer soit un alambic, soit une colonne d'adoucissement par échange d'ions. Lorsque l'eau est très chargée d'impuretés, l'emploi d'un alambic s'impose. L'alambic à chauffage électrique est celui dont le fonctionnement pose le moins de problèmes; il faut seulement veiller à enlever régulièrement le tartre, dépôt calcaire qui encrasse le corps de chauffe. Même dans les meilleures conditions, cette opération doit se faire au moins une fois par an, souvent plus fréquemment. Dans de nombreux pays, l'utilisation d'un alambic est subordonnée à une autorisation officielle. Les colonnes de désionisation à résines synthétiques, qui débarrassent l'eau de ses impuretés, présentent certains avantages lorsque l'eau n'est pas fortement contaminée; mais lorsqu'elle est très chargée d'impuretés, les résines doivent être régénérées si souvent que leur emploi perd son intérêt. Avant d'installer un appareil de désionisation, il faut se demander quelle sera la dépense initiale (souvent considérable), s'assurer que les résines prévues débarrasseront bien l'eau de ses impuretés (chaque genre de résines agissant sur des ions différents, il faut veiller à commander celles qui conviennent), examiner enfin si la régénération sera facile et quel en sera le coût. Certaines résines devant être renvoyées pour régénération au fournisseur, il importe

que celui-ci garantisse un bon service après-vente. D'autres résines peuvent être régénérées au laboratoire même, mais cette opération exige parfois des substances si coûteuses que la distillation est plus économique.

LAVAGE

Le mot « lavage » peut désigner, dans un laboratoire, plusieurs opérations différentes, mais il est bien rare qu'il s'agisse d'un savonnage et d'un rinçage rapide sous le robinet. À vrai dire, on ne devrait se servir de savon, au laboratoire, que pour se laver les mains.

Lavage destiné à éliminer la saleté

N'employer pour cet usage que de l'eau tiède (et non chaude) suffisamment pure; toutefois, s'il faut recourir à un agent mouillant, on pourra utiliser un détersif non corrosif, et procéder ensuite à un lavage prolongé.

Lavage prolongé

Cette opération consiste en des rinçages avec une eau suffisamment pure pour éliminer les substances solubles comme les sels ou les détersifs. Pour cela, on peut, soit changer d'eau plusieurs fois, soit laisser couler l'eau sans arrêt à travers la cuve. On ne peut considérer le lavage prolongé comme terminé que si l'examen de l'eau après usage ne permet plus de déceler aucune trace de la substance à éliminer (ou si cette eau n'en contient plus qu'une quantité acceptable).

Lavages intensifs à l'eau chaude

Il s'agit essentiellement de lavages prolongés dans une eau maintenue à une température relativement élevée ¹.

APPAREILS DE CHAUFFAGE

Chauffage externe

Bien que le bec Bunsen serve traditionnellement dans les laboratoires à chauffer n'importe quoi, il est loin d'être toujours efficace ou économique. Pour chauffer de grands récipients, le réchaud domestique à brûleur en couronne est souvent préférable. Tout compte fait, cependant, les appareils électriques dégagent en général moins d'odeurs et sont plus faciles à régler. Des plaques chauffantes de cuisinière, avec réglage de la température par thermostat sont souvent parfaites quand il s'agit de maintenir une température constante. Pour le chauffage des récipients de verre, les fournisseurs de matériel de laboratoire proposent des manchons d'amiante avec éléments chauffants incorporés.

Chauffage par immersion

Il ne faut pas négliger la possibilité d'utiliser, dans certains cas, des éléments chauffants à immersion. Il existe toute une gamme de ces appareils, pour l'usage domestique, et pour la photographie; ils sont souvent munis d'un thermostat et on peut les incorporer au matériel utilisé au lieu de recourir à une source extérieure de chaleur. C'est ainsi que pour maintenir un certain volume de cire à température constante, on a souvent intérêt à équiper un bac d'éléments chauffants à immersion plutôt qu'utiliser la chaleur d'une source extérieure.

Étuves

On peut avoir besoin d'étuves pour des opérations très diverses et il est toujours bon d'avoir à sa disposition, pour l'utiliser au besoin, une étuve chimique à gamme de températures étendue. Cependant les étuves

1. Voir ci-après « Quelques matériels spéciaux », p. 96.

de laboratoire sont coûteuses et, pour certains usages, les fours à usage domestique peuvent revenir bien moins cher et convenir tout autant. Un chauffe-plats, par exemple, qui maintient la température juste en dessous du point d'ébullition, peut être commode pour des lavages très poussés à l'eau chaude.

Fours (voir ci-après : « Quelques matériels spéciaux » p. 96).

Souffleries

Une soufflerie d'air chaud constitue dans bien des cas un appareil de chauffage idéal. On peut se contenter d'un sèche-cheveux électrique tenu à la main ; mais ces appareils sont peu robustes et, comme l'extérieur en est généralement fait de matière plastique, ils risquent de se détériorer au contact de certains solvants organiques. Les petites souffleries d'air chaud destinées à l'industrie sont en général plus robustes et donnent davantage de chaleur.

Lampes infrarouges

Les lampes infrarouges qui donnent une chaleur constante sont très pratiques pour sécher ou pour maintenir à l'état fluide des corps que le froid durcit. Toutefois, ces lampes peuvent être dangereuses pour ceux qui n'en connaissent pas le principe, et il faut, en travaillant, bien veiller à n'exposer ses mains aux radiations infrarouges que pendant quelques instants de suite.

OPÉRATIONS DE CHAUFFAGE

Verre

Matériel de chimie en verre. Bien que ce matériel puisse être placé sur une plaque chauffante ou même au contact de la flamme, il ne faut jamais le poser sur une surface déjà brûlante ni le plonger d'un seul coup

dans la partie la plus brûlante de la flamme, car le verre claquerait. Les liquides qu'on chauffe dans de petits béciers ou des tubes à essai ont tendance à gicler sous l'effet de la chaleur. On peut, jusqu'à un certain point, éviter les éclaboussures, en mettant des billes de verre au fond du récipient avant de le chauffer.

Vaisselle de cuisine allant au four. Ces récipients ne doivent jamais être mis au contact de la flamme ni placés sur une plaque déjà chaude. Il faut les mettre au four au moment où l'on commence à chauffer, et non chauffer le four d'avance.

Autres articles de verrerie. On ne peut chauffer ces autres récipients qu'à la condition de bien veiller à faire monter la température lentement. Il est très tentant d'utiliser, par exemple, en raison de leur forme et de leurs dimensions, les bacs en verre de vieux accumulateurs. Mais, vu l'épaisseur du verre, ces bacs risquent fort de se fêler et mieux vaut ne pas essayer.

Substances inflammables

Matières solides. Les solides inflammables comme la cire ne doivent jamais être chauffés au contact de la flamme : le mieux serait de les chauffer sur une plaque chauffante électrique réglée par thermostat ou au moyen d'un élément chauffant à immersion. Même si l'on prend ces précautions, il faut surveiller constamment la substance en fusion et avoir sous la main un couvercle qui s'adapte exactement au récipient, pour l'en couvrir si son contenu s'enflamme. Si l'on utilise une plaque chauffante, il ne faut pas oublier que la partie inférieure de la substance chauffée fondra la première et qu'il restera dessus une croûte solide. En perçant cette croûte, de manière intempestive, on risquerait, surtout s'il y a un peu d'eau en dessous, de faire gicler la substance fondue sur ses mains et de se brûler.

Liquides. Il faut être encore plus prudent lorsque ce sont des liquides inflammables que l'on doit chauffer. L'opération doit toujours se faire dans une sorbonne de laboratoire; le récipient ne doit en aucun cas être en contact avec une flamme nue et il est toujours prudent de le chauffer dans un bain-marie.

RÉGLAGE DE LA TEMPÉRATURE

Beaucoup d'opérations doivent se faire à une température donnée. Dans la plupart des cas, on peut se contenter, pour vérifier la température, du thermomètre courant de laboratoire. Aujourd'hui les appareils sont souvent munis d'un thermostat et, théoriquement, il suffit d'indiquer sur le cadran la température souhaitée pour que cette température soit constamment maintenue. En pratique, il arrive que le réglage du thermostat laisse beaucoup à désirer et, dans le cas d'un matériel neuf notamment, il est bon de vérifier ce réglage au moyen d'un thermomètre. Pour les températures supérieures à celles que peut mesurer un thermomètre, on devra se servir d'un thermocouple, de préférence celui que recommande le fabricant de l'appareil en cause.

SÉCHAGE

Séchage par chauffage

Il est toujours tentant de sécher les objets en les plaçant dans une étuve. Il faut s'assurer cependant que l'étuve est convenablement ventilée: car une ventilation insuffisante la transformerait rapidement en chambre humide et les objets, quoique très chauds, conserveraient leur humidité. La meilleure façon de sécher de petits objets est souvent d'utiliser une soufflerie à air chaud du type industriel ou une lampe infrarouge. Dans ce dernier cas, il faut bien veiller à ne pas dépasser la température voulue, et pour cela on laissera un

thermomètre en contact avec l'objet à sécher.

Séchage à l'alcool

On peut obtenir un séchage efficace en utilisant des bains répétés d'alcool pur entre lesquels on laissera s'évaporer l'alcool. Cette méthode est évidemment coûteuse et on ne l'emploiera que s'il est indispensable d'éliminer toute trace d'humidité.

Desséchants

Une fois les objets séchés, il peut être nécessaire de les garder dans cet état en attendant la suite du traitement. Tout récipient hermétique peut servir de dessiccateur, bien qu'il soit évidemment préférable d'utiliser un récipient de verre permettant d'observer les modifications. Le desséchant le plus pratique pour dessiccateur est sans aucun doute le gel de silice, surtout lorsqu'on y a ajouté un ingrédient qui signale la saturation en changeant de couleur. Si l'on n'arrive pas à s'en procurer, on pourra utiliser, pour maintenir la sécheresse de l'atmosphère, des boulettes de soude caustique ou des cristaux déshydratés de sulfate de cuivre.

HUMIDIFICATEURS

Il est parfois nécessaire de maintenir un objet pendant un certain temps dans une atmosphère dont le taux d'humidité relative soit élevé. Il existe dans le commerce des chambres humides spécialement conçues pour cet usage, mais elles sont souvent coûteuses. Les éléments essentiels d'une chambre humide sont le récipient hermétique, les sources de chaleur et d'humidité et un hygromètre permettant de surveiller le fonctionnement de l'appareil. Sous sa forme la plus rudimentaire, une chambre humide peut consister en une simple étuve à thermostat contenant un plat avec de l'eau et un hygromètre à lecture directe.

Cet appareil de fortune ne permet cependant pas de régler le degré d'humidité relative aussi facilement qu'une véritable chambre humide.

FUMIGATION

Il est longuement question, aux chapitres 3 et 4, des agents toxiques qui servent à traiter par fumigation des objets attaqués par la moisissure et par les insectes. Il ne faut jamais respirer les vapeurs produites par ces agents toxiques. Cette précaution s'impose également à l'égard des solides volatils qu'on utilise parfois comme produits fumigatoires, comme le paradichlorobenzène, le thymol, etc., et dont les vapeurs peuvent elles aussi irriter gravement les muqueuses, les yeux ou la peau, surtout en climat humide et lorsqu'on transpire.

Le traitement des petits objets par fumigation peut se faire dans divers genres d'espaces clos. V. L. Yadon (1956) décrit un coffre hermétique en métal, construit par l'atelier du musée, mesurant 70 cm de largeur, 118 cm de longueur et 88 cm de hauteur, et monté sur des roulettes de caoutchouc qui permettent de le déplacer. Le coffre est assez grand pour qu'on puisse y mettre non seulement les objets, mais aussi la boîte où ils sont habituellement rangés. On peut aussi lui donner les dimensions suivantes qui sont commodes : 2 m de long, 1 m de haut et 1 m de large. Construit par l'atelier d'un musée, ce coffre à fumigations pourra être en bois doublé de tôle ou entièrement en métal plus épais. Il sera surélevé par rapport au sol et équipé dans sa partie inférieure d'un robinet et d'un tuyau permettant d'évacuer les vapeurs plus lourdes que l'air à l'extérieur du bâtiment, en un point suffisamment ventilé pour qu'elles se dispersent rapidement. En outre, le couvercle devant être hermétique, il faudra le munir d'un joint qui résiste aux effets corrosifs des produits utilisés pour la fumigation. On obtient un fumigatoire efficace en mélangeant 3 volumes de dichlo-

rure d'éthylène et 1 volume de tétrachlorure de carbone. Chaque opération exigera entre 0,5 et 1 litre de liquide, qu'on placera dans des capsules où il se volatiliserà (Burns, 1941). Le bromure de méthyle est un autre fumigatoire efficace et pas trop toxique.

Les grands musées peuvent aménager une chambre à gaz permettant de traiter de nombreux objets à la fois.

Après fumigation, les objets traités devront rester en quarantaine à l'écart des collections pendant environ un mois, après quoi ils subiront un nettoyage et un traitement complémentaire avant de reprendre leur place normale.

VISION

Éclairage

Le temps n'est plus — du moins l'espérons-nous — où les conservateurs de musées croyaient devoir loger le laboratoire dans le plus sombre recoin du bâtiment. Rien ne vaut vraiment la lumière du jour ; aussi faut-il placer les fenêtres de manière que toute la salle jouisse d'un bon éclairage également réparti. En outre, les fenêtres doivent être munies de stores assurant une protection contre un ensoleillement direct excessif. Même lorsque ces conditions idéales seront remplies, un éclairage artificiel restera indispensable et pourra venir de deux sources selon qu'on aura besoin d'un éclairage général ou d'un éclairage individuel pour travaux minutieux.

L'éclairage général doit respecter, autant que possible, les valeurs que donne la lumière du jour. La meilleure solution réside sans doute dans l'emploi de tubes fluorescents. Il faut veiller, toutefois, à ce que l'éclairage de la salle ne soit ni excessif ni insuffisant ; aussi vaudra-t-il mieux consulter un éclairagiste pour être sûr qu'il y aura le nombre voulu de lampes et qu'elles seront bien placées.

Pour l'éclairage individuel, on devra disposer de quelques lampes à pied réglable.

Elles devraient être d'un modèle qui permette de changer rapidement la position de la source lumineuse et qui donne un faisceau lumineux assez étroit. La lampe de bureau de type courant n'est pas vraiment ce qu'il faut, mais elle vaut mieux que rien.

Loupes et microscopes

De nombreuses opérations exigent, comme l'examen préliminaire de la plupart des objets, un grossissement considérable. Bien des gens emploient sans peine une loupe monoculaire d'horloger; pour ceux qui n'y parviennent pas, il faut, soit une loupe montée sur pied, soit des binoculaires avec serre-tête. Ces instruments sont absolument indispensables, et certains estiment également nécessaire de disposer d'un microscope binoculaire. Il en existe aujourd'hui de nombreux modèles avec éclairage incorporé et tube haut placé laissant un grand espace libre entre l'oculaire et la platine; le prix en est relativement modique et la dépense que représente l'achat d'un tel appareil se justifie pleinement. De nombreux microscopes permettent de modifier le grossissement en changeant l'oculaire ou l'objectif; mais si l'on décide l'achat d'un microscope binoculaire à grossissement fixe, c'est le grossissement de vingt fois qui convient le mieux.

MESURES DE SÉCURITÉ

Ventilation: sorbonnes de laboratoire

Il est évident que le laboratoire doit être bien aéré, mais une bonne ventilation ne suffit pas lorsqu'on doit manipuler des substances toxiques et inflammables; une sorbonne de laboratoire est alors indispensable, et pour que cet appareil serve à quelque chose, il faut que le ventilateur d'évacuation fonctionne correctement ou que la fermeture ne soit pas hermétique au point de rendre un bon courant d'air

impossible. Ce sont là des questions dont l'importance échappe parfois aux néophytes du laboratoire.

Solvants inflammables

La plupart des solvants organiques sont très inflammables: aussi ne doit-on pas en avoir de grandes quantités dans le laboratoire. On les stockera de préférence dans une remise, à l'écart du bâtiment principal, ou (à défaut) en plein air. Il sera interdit de fumer à proximité de ce magasin. Les solvants utilisés au laboratoire seront mis dans de petits flacons à bouchon vissé. En effet, lorsqu'il fait chaud, un flacon d'éther, par exemple, peut facilement perdre son bouchon de liège ou sa capsule, et il suffit alors d'une flamme nue pour provoquer un incendie.

Installation de gaz

L'installation de gaz doit faire l'objet de vérifications régulières, permettant de déceler immédiatement toute fuite. Les appareils qui brûlent constamment « en dedans », c'est-à-dire où le gaz s'enflamme avant de s'être mélangé à l'air, seront examinés et, au besoin, réglés correctement.

Installation électrique

Les installations électriques doivent également faire l'objet de vérifications régulières. Les fils dont la gaine isolante est en mauvais état ainsi que les prises de courant et interrupteurs qui ont tendance à faire des étincelles seront remplacés. Il faudra veiller à ne jamais surcharger les circuits. On est toujours tenté d'adapter sur les prises de courant existantes des fiches multiples; mais on a vite fait de surcharger le circuit, ce qui risque de provoquer un incendie. Le mieux est de veiller à ce que le nombre des prises de courant soit suffisant pour le travail à faire.

Poisons

Même si l'accès du laboratoire est réservé au personnel, il est toujours bon de garder les poisons sous clé. Si on les laisse à portée de la main, on risque de les répandre ou de les confondre avec d'autres produits.

Matériel de lutte contre l'incendie

Tout le personnel du laboratoire doit savoir de quel matériel il dispose pour lutter contre l'incendie, où se trouve ce matériel et dans quel cas il convient de s'en servir. On aura intérêt à retenir ces quelques principes :

1. Lorsque le feu prend à l'intérieur d'un récipient, le plus facile est de l'éteindre en couvrant le récipient.
2. Lorsque le feu prend sur une table de manipulations, la meilleure façon de l'éteindre est de jeter dessus une couverture d'amiante.
3. Une personne dont les vêtements ont pris feu sera enveloppée dans une couverture d'amiante.
4. Si l'on dirige un jet d'eau sur un solvant organique en feu, on risque de propager l'incendie au lieu de l'éteindre.
5. Un foyer d'incendie qui a déjà pris de l'extension peut être maîtrisé au moyen d'un extincteur à mousse.
6. Si l'on ne parvient pas à éteindre rapidement l'incendie, il faut donner l'alarme.

Il ressort de ce qui précède que le matériel nécessaire pour maîtriser rapidement un incendie comprend essentiellement un extincteur à mousse et une couverture d'amiante; si cela ne suffit pas, il faut faire appel à un spécialiste.

Premiers soins

Tous les membres du personnel doivent avoir des notions élémentaires de secourisme et chaque laboratoire doit être pourvu du matériel nécessaire pour les premiers soins. Les boîtes à pansements du type courant contiennent en général ce qu'il faut pour

traiter les brûlures, les coupures et les écorchures, mais elles présentent souvent deux lacunes très fâcheuses : a) elles devraient contenir une œillère et un collyre prêt à l'emploi, sans autre dilution ; b) comme le traitement des petites coupures et égratignures exige souvent des pansements adhésifs, il faudra s'assurer régulièrement qu'il en reste suffisamment en réserve.

MATÉRIEL PERSONNEL

Tout le matériel dont il a été question ci-dessus ne laisse aucune place aux préférences personnelles des utilisateurs. Pourtant dans le choix des outils et l'usage que chacun en fait, les goûts varient beaucoup d'une personne à l'autre et il importe que, dans les limites du raisonnable, chacun puisse choisir ses instruments de travail et s'en servir à sa guise. On trouvera ci-après une liste des opérations les plus courantes indiquant les outils qui pourront convenir aux différents opérateurs. Il paraît souhaitable que chacun soit chargé d'entretenir lui-même le matériel qu'il est seul à utiliser.

Manipulation des objets

Pour manipuler des objets fragiles ou minuscules, il faudra nécessairement des pinces. Certaines opérations se font même avec une pince dans chaque main.

Découpage

On aura besoin de toute une gamme de scalpels et de couteaux. Pour les travaux minutieux, c'est le scalpel à lames interchangeables qui convient le mieux ; mais il faudra peut-être aussi des scalpels plus robustes, à lames fixes plus épaisses. Le choix de couteaux est pratiquement illimité : il en faudra de deux ou trois formes et de deux ou trois tailles différentes. Une paire de ciseaux et une paire de ciseaux fins seront également nécessaires, ainsi qu'une pierre à aiguiser et peut-être une scie à découper.

Brossage

Chaque technicien doit disposer d'un certain nombre de brosses de diverses tailles, en poils ou crins naturels. Il faut aussi des brosses en fibre de verre.

Trituration

Comme beaucoup d'adhésifs et de matières de remplissage doivent être triturés avant application, on aura besoin d'amassettes, de spatules et de palettes.

Nettoyage mécanique

Pour enlever les produits de corrosion et les concrétions de la surface des objets, le technicien aimera parfois se servir d'outils qu'il aura fabriqués lui-même en taillant en biseau l'extrémité de tiges d'acier; mais il est plus simple, pour ce genre de travail, de monter des pointes d'acier sur un mandrin.

Parmi les outils mécaniques convenant à cette opération, on peut citer les fraises et les burins de graveur. On peut monter les fraises soit sur une fraiseuse à bras flexible comme en utilisent les dentistes, soit sur un petit moteur tenu à la main. Ce second outil offre, pour le débutant, l'avantage d'une action moins brutale; mais quel que soit l'instrument employé, de grandes précautions s'imposent si on ne veut pas polir la concrétion ou corrosion superficielle au lieu de la faire disparaître. Ce travail peut se faire avec des outils de graveur montés sur bras vibreur et se terminant par une pointe fine. Comme dans le cas des outils à main, il faut toujours tenir la pointe perpendiculairement à la surface à gratter, jamais obliquement, car on risquerait d'éraser la couche sous-jacente si l'outil venait à glisser.

Nettoyage chimique

Pour appliquer localement des réactifs chimiques, il faudra de petites baguettes de

verre et des pipettes. Ces accessoires sont faciles à faire avec de la baguette de verre et du tube pour laboratoire.

EXAMEN PRÉALABLE

Les objets à traiter devront toujours subir un examen préalable, mais la nature de cet examen dépendra de la compétence de l'opérateur et de la complexité des antiquités à traiter.

Voici, au strict minimum, le matériel dont on aura besoin: *a*) aimant; *b*) échelle de Mohs; *c*) papier de tournesol et autres indicateurs colorés; *d*) baguettes de verre et borax avec fil de platine; *e*) tubes à essai, brosses pour tubes à essai, pinces et rateliers pour tubes à essai, entonnoirs et filtres de papier; *f*) flacons pour réactifs et réactifs.

QUELQUES MATÉRIELS SPÉCIAUX

Bien qu'il soit question de la plupart des matériels spéciaux dans les chapitres du présent ouvrage qui traitent des sujets correspondants, nous donnerons ici une liste de matériel d'usage assez courant, dont on aura probablement besoin.

Matériel de soudage

On a recours au soudage pour la réparation et l'entretien d'appareils de laboratoire et pour la préparation de galvanotypes; lorsqu'on traite des objets anciens, il faut le faire le moins possible. On devra disposer de soudures, de fondants, d'un fer à souder et d'une petite lampe à souder.

Matériel de lavage intensif à l'eau chaude

En plus d'une étuve (voir ci-dessus, p. 91) il faut disposer d'un pont de mesure de conductibilité et d'un plongeur. Le pont de mesure de conductibilité devra être commandé chez un fournisseur qui pourra s'engager à en assurer l'entretien.

Fours

On peut utiliser soit des fours à gaz, soit des fours électriques, mais ces derniers sont généralement plus propres et d'un fonctionnement plus simple. Avant de commander un four, il est indispensable de s'assurer que sa capacité, ainsi que la gamme et le mode de réglage des températures, correspondent bien aux travaux à exécuter. L'installation des fours doit faire l'objet de soins attentifs et il est préférable de les placer soit à l'extérieur du laboratoire principal, soit en un lieu où leur emploi ne constitue pas un risque d'incendie.

Sources de courant continu

Comme l'électricité fournie par le secteur est aujourd'hui presque partout du courant alternatif, à tension assez haute (110 ou 250 V), on aura besoin d'une source de courant continu à basse tension pour les opérations d'électrolyse et de galvanoplastie et pour le petit outillage électrique. On pourra se contenter d'une seule et même source pour tous ces usages mais, tout compte fait, il est plus simple d'avoir pour chacun une source distincte de courant continu. Chaque source doit comprendre un transformateur, un redresseur et un système de réglage du débit, soit un « variac », soit un rhéostat. Le soin de planifier et de diriger l'installation de ces sources de courant devra toujours être confié à un électricien qualifié.

Matériel d'imprégnation

Lorsqu'on doit traiter de grandes quantités de matières friables, on peut avoir besoin de matériel pour l'imprégnation des objets. Burgess (1954) a décrit un appareil efficace malgré sa petite taille; Rees-Jones (1963) en propose un autre plus complexe.

Matériel pour le travail du bois et des métaux

On trouvera commode d'avoir sous la main un certain nombre d'outils à bois et à métaux. En voici que l'on utilise couramment: étaux, scies à araser et scies à métaux, ciseaux, petits rabots ou planes, papier de verre et toile émeri de différentes grosseurs, chignole à main et perceuse électrique avec jeu de mèches, limes, pinces, tenailles et cisailles pour tôles, tournevis de menuisier et d'électricien (isolés).

SIÈGES ET TABLES DE MANIPULATION

La question des sièges et des plans de travail mérite une attention particulière. Il est souhaitable que chaque membre du personnel du laboratoire dispose d'un siège et d'une table de manipulation pour lui seul, ainsi que d'un casier ou d'un placard où ranger son matériel personnel. Pour bien faire, la hauteur des sièges et des tables doit correspondre à la taille de l'utilisateur, car on ne peut espérer faire de bon travail si on est mal installé ou qu'on n'a pas ses aises. Il faut prévoir en outre quelques établis réservés à des opérations particulières; dans l'ensemble, les tables et chaises de laboratoire de hauteur courante devraient convenir. Dans les plans d'installation, on veillera à ce que les meubles n'encombrent pas le laboratoire au point de gêner la circulation ou la mise en place du matériel. Il serait bon de réserver beaucoup d'espaces libres où l'on pourra ajouter temporairement, au besoin, des tables de manipulation.

ADMINISTRATION

Enregistrement des opérations

Tous les travaux exécutés doivent être enregistrés au jour le jour. Pour bien faire, il faudrait procéder à l'enregistrement à mesure que les opérations progressent. On

aura intérêt à normaliser le système d'enregistrement en affectant à chaque objet une feuille ou une fiche individuelle sur laquelle on inscrira pour chaque opération toutes les données essentielles (produits utilisés, températures, chiffres relevés, etc.). Sans enregistrement correct, on ne peut aboutir qu'au chaos.

Entretien des locaux

L'entretien et l'ordre ne se font pas tout seuls et, dans un laboratoire, la malpropreté est généralement l'indice d'une mauvaise

organisation et d'un travail médiocre. Si on confie à un employé l'entretien des sols et des vitres, ses fonctions devront être nettement circonscrites. On a toujours tort de demander aux gens de s'occuper de choses qui les dépassent. Les femmes de ménage ne doivent pas toucher aux appareils ni aux objets qui se trouvent sur les tables de manipulation; c'est au personnel du laboratoire qu'il appartient de s'en occuper. Si un membre de ce personnel estime contraire à sa dignité de nettoyer lui-même son coin de laboratoire, le musée aura tout intérêt à se passer des services de ce parasite.

BIBLIOGRAPHIE

BURGESS, M. 1954. *Museums journal (Londres)*, vol. 54.
BURNS, N. J. 1941. *Field manual for museums*. Washington, D.C., U.S. National Parks Service.

REES-JONES, S. G. 1963. *Studies in conservation (London)*, vol. 8.
YADON, V. L. 1956. A portable fumigation chamber for a small museum. *Museum news (Washington)*.

Exemples de l'aide apportée par l'Unesco aux musées des pays tropicaux

6b

INTRODUCTION

Au cours des années passées, l'Unesco a aidé un certain nombre de pays tropicaux à former des techniciens et à installer des laboratoires pour la conservation des biens culturels. Elle a eu l'occasion de consulter le « Centre de Rome » et l'Institut royal du patrimoine artistique de Bruxelles sur les programmes de formation et sur le matériel à recommander. Il va de soi que ce matériel variera selon le niveau à recommander. Il va de soi que ce matériel variera selon le niveau de compétence du personnel, le genre d'objets à conserver ou à restaurer et les sommes que le pays en cause est disposé à consacrer à de tels travaux.

LE LABORATOIRE DU MUSÉE NATIONAL DE BANGKOK

A titre d'exemple, voici quels éléments devrait comprendre, selon M. Coremans, le laboratoire technique dont sera doté le Musée national de Bangkok (Thaïlande).

Laboratoire technique: a) microchimie; b) physique; c) biologie.

Atelier de conservation: a) atelier d'archéologie (métaux); b) matières organiques (bois, tissus, papier, feuilles de palmier, os, etc.); c) céramique et pierres; d) atelier d'art.

Atelier de photographie: doit comprendre un studio, deux cabinets noirs, des cabinets d'agrandissement, un magasin pour le dépôt des négatifs, des photostats et des microfilms.

Selon M. Coremans le laboratoire devrait être initialement équipé pour la microscopie, la microchimie et les études courantes aux rayons X, infrarouges et ultraviolets, son champ d'action devant être ultérieurement étendu à la physique. Sur la base de programmes analogues élaborés avec le concours soit de M. Coremans soit de M. Plenderleith, choisis comme experts par l'Unesco, l'Organisation a fourni à certains de ses États membres les divers genres de matériel, qu'énumère la liste ci-après. Il faut remarquer que cette liste représente une synthèse, chacune des listes particulières tenant compte du niveau de la formation reçue par le spécialiste à équiper et du genre d'objets qu'il aurait le plus vraisemblablement à traiter. Dans le cas d'objets rares, dont l'état de conservation est médiocre et dont la restauration dépasse les possibilités et compétences techniques locales, il est bien entendu qu'il faut soit demander conseil par lettre, soit expédier l'objet en question à l'un des grands laboratoires qui sont mieux équipés et dont l'expérience est plus ancienne.

GENRES DE MATÉRIEL FOURNIS
PAR L'UNESCO¹

Microscopes

Microscope stéréoscopique sur socle (monture bascule démontable pouvant s'adapter sur d'autres genres de supports). Comporte habituellement des oculaires de 10 × et de 15 ×, permettant un grossissement de 8 à 60 diamètres. Dispositif d'éclairage et transformateur démontables.

Microscope à trois oculaires (permettant de raccorder un équipement photomicrographique) avec oculaires de 5 ×, 10 ×, et 15 × et objectifs de 4 × (métallographique), 20 ×, 40 × et 100 ×. Microscope pouvant servir à l'examen de spécimens opaques ou métallographiques. Lampe et transformateur.

Matériels spéciaux

Meule pour spécimens métallographiques et presse à monter pour spécimens.

Perceuse électrique à transmission flexible et vitesse réglable; collection variée de meules, mèches, etc.

Chambre humide.

Dessicateur par le vide.

Pompe à vide électrique (modèles divers correspondant à la pression de l'eau, qui varie d'un pays à l'autre; le modèle bon marché qui se fixe sur un robinet n'est pas commode).

Compresseur d'air et pistolet à peinture.

Table chauffante avec appareil à vide (si les collections des musées du pays comprennent de la peinture de chevalet).

Étuves de séchage, petites étuves à creuset.

Lampes à rayons infrarouges et ultraviolets.

Projecteurs.

Verrerie de laboratoire, thermomètres, plaques chauffantes (à température réglable), brûleurs spéciaux (fonctionnant en général au gaz butane), etc.

Appareils à eau distillée.

Appareil industriel portatif à rayons X allant de 20-30 kV à 100-150 kV

Les appareils à rayonnement plus doux coûtent en général plus cher.

Fournitures et matériel photographiques

Appareil photographique 35 mm à objectif simple équipé d'un grand angulaire de 35 mm, d'objectifs de 50 mm et de 105 ou 135 mm. Parasoleils, filtres, adaptateur pour microscope, dispositifs pour tirage de gros plans, etc.

Appareil reflex binoculaire de 6 × 6 cm à système (incorporé ou non) de correction de la parallaxe et objectifs interchangeables ou modifiables à courte (grand angulaire), moyenne, ou grande distance focale (par exemple, objectifs de 65, 105 et 180 mm), équipé de parasoleils, filtres, etc.

Chambre d'atelier 9 × 12 cm avec objectifs de 90 et 127 mm, parasoleils, filtres, déclencheur flexible spécial et autres accessoires.

Pieds.

Cellule photo-électrique.

Matériel de chambre noire, agrandisseur 9 × 12 cm avec porte-négatifs pour films de format inférieur, plateau, cuves de développement, pour bobines et films rigides, tringles pour suspendre des films, cuve de lavage, glaceuse, séchoir à épreuves, lanternes de laboratoire, etc.

Tireuse par contact.

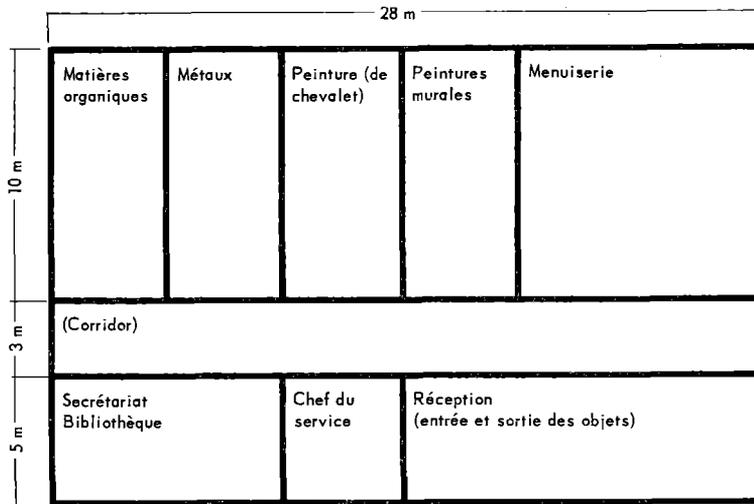
Presse pour le montage à sec et spatules à chauffage électrique.

Les musées n'ont généralement pas besoin d'un format supérieur à 9 × 12 cm (4 × 5 pouces). Grâce aux nouveaux films à grain

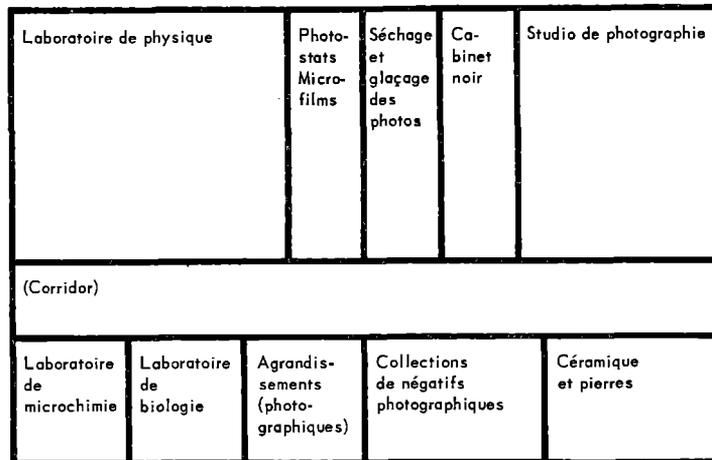
1. Outre les articles énumérés ci-après, il est également fourni de la verrerie et des ustensiles qu'il est difficile de se procurer dans les pays tropicaux. L'équipement constitue un chapitre important des programmes internationaux au titre desquels une assistance est fournie, sur requête des gouvernements intéressés.

FIG. 41.
Plan de laboratoire proposé au Musée national de Bangkok, Thaïlande (plan adressé au Musée national de Bangkok à la suite du stage de formation qu'a fait à Bruxelles un technicien thaïlandais).

PLAN DU
REZ-DE-CHAUSSÉE



PLAN DU
PREMIER ÉTAGE



fin et au perfectionnement des agrandisseurs, on tend à employer des appareils de format plus petit, par exemple 35 mm ou 6 × 6 cm, qui sont d'un maniement facile et ont en général le pouvoir séparateur souhaité. En outre, de nombreux fabricants offrent un grand choix de pellicules, agrandisseurs, classeurs pour négatifs et épreuves et une foule d'autres accessoires à des prix raisonnables jusqu'au format 9 × 12 cm. La production des formats supérieurs étant plus restreinte, les accessoires correspondants coûtent forcément plus cher. De temps à autre, cependant, pour certaines utilisations particulières, on a également fourni des appareils de plus grand format.

Comme l'Unesco ne participe pas aux frais de construction, c'est à l'établissement

intéressé qu'il incombe de bâtir des locaux convenables, et d'y installer bien entendu l'eau courante, des éviers, l'électricité. Si l'on est appelé à traiter des peintures, on aura besoin d'une exposition nord. Des placards seront nécessaires pour le rangement des produits chimiques et autres articles. Il faudra peut-être aussi au-dessus d'un plan de travail et d'un évier une hotte avec ventilateur d'évacuation. Si l'on envisage de construire un coffre ou une chambre de fumigation, les problèmes de ventilation devront être spécialement étudiés. Il faudra également penser aux outils de menuiserie dont l'atelier aura besoin. Si le pays est sujet à des conditions climatiques extrêmes (température et humidité), la climatisation de certaines salles pourra également s'imposer.

BIBLIOGRAPHIE

COREMANS, Paul. 1964. Rapport au gouvernement thaïlandais. *Creation of a Technical Laboratory attached to the National Museum, Bangkok*. Bruxelles, 12 novembre 1964.
—; PLENDERLEITH, Harold J. 1965. *India, conservation of cultural property*. Paris, mars 1965. (Unesco/PP/ IND/CUA.)

KECK, Caroline K. 1965. Technical assistance: where to find it; what to expect. *Curator (New York)*, vol. VIII, n° 3.
SLABCZYNSKI, Stefan. 1964. Establishing a laboratory for restoration of paintings. *Museums journal (London)*, vol. 64, n° 1.

Moulage et galvanoplastie

INTRODUCTION

Lorsqu'on doit prendre un moulage d'un objet, la première chose à faire est d'examiner l'état de la surface. Même si elle est en bon état, il est toujours préférable d'appliquer une mince couche d'une substance (laque) de manière à réduire autant que possible les dommages que l'objet risque de subir au cours des opérations de moulage. Parfois, au contraire, on peut avoir affaire à des surfaces qui sont poreuses, s'effritent ou se désagrègent; en pareil cas ou même après un traitement de protection, l'emploi de certaines matières pour le moulage est à déconseiller. Le choix de la substance à utiliser doit être laissé à la discrétion et à l'expérience de l'opérateur. Une méthode ancienne et éprouvée consiste, pour protéger la surface, à appliquer, à la brosse ou par pulvérisation, un vernis à base de gomme laque dilué dans de l'alcool dénaturé. Il est recommandé d'appliquer plusieurs couches légères en laissant chacune sécher avant d'appliquer la suivante et de laisser finalement durcir le tout avant de procéder au moulage. Le grand inconvénient de cette méthode est qu'elle risque de noircir la surface de l'objet. Lorsqu'il importe d'éviter cette altération de la couleur, on peut utiliser un vernis transparent à base de cellulose. On a constaté qu'une solution de nitrocellulose diluée dans l'acétone et l'acétate d'amyle (par parties égales) ou une laque comme l'Ercalène¹, donnent de bons résultats.

Il faut s'attendre à voir la surface de l'objet foncer légèrement, mais on peut habituellement y remédier, une fois le moulage achevé, en utilisant le solvant qui convient.

Lorsqu'il s'agit de bois rongé par les vers ou pourri, d'ivoire, etc., on a constaté que les résines époxydes modernes conviennent très bien. On peut injecter dans les trous de vers, au moyen d'une petite seringue hypodermique, de l'Araldite par exemple, dont il existe plusieurs qualités de viscosité différente. On peut encore plonger l'objet dans un mélange dilué, ou passer plusieurs couches à la brosse sur la surface à protéger. L'Araldite CY 219 donne de bons résultats si on la mélange en proportions variables avec le durcisseur HY 219 et l'accélérateur DY 219 de manière à obtenir la viscosité voulue. Il existe une gamme étendue de résines Araldite. Conseils et précisions touchant leur emploi sont volontiers fournis, sur demande, par les fabricants².

MATIÈRES A MOULER

Moulage à l'argile

Si l'on veut obtenir la reproduction d'un objet original, il faut prendre une empreinte

1. Le lecteur trouvera des précisions sur la nature chimique des produits commerciaux mentionnés dans le présent chapitre, ainsi que sur les fabricants et détaillants en se reportant à l'annexe qui traite des produits synthétiques, p. 352.
2. CIBA, A.G. Klybeckstrasse, 151, Bâle (Suisse); ou 96 Piccadilly, Londres, W. 1).

de la surface pour en tirer ensuite un moulage. Les matières qu'on peut utiliser pour prendre l'empreinte sont nombreuses et diverses. La moins coûteuse de toutes, sans aucun doute, et l'une des plus anciennement employées est l'argile, qu'on peut maintenant encore utiliser sans danger si l'on prend certaines précautions. Lorsque des considérations financières interdisent l'emploi de substances d'un prix élevé, on peut utiliser l'argile, à condition de s'assurer que cette matière convient à la surface à mouler. Une sculpture de pierre en bon état est certainement ce que l'on peut trouver de mieux pour s'exercer. Il faut seulement veiller à talquer légèrement la surface de l'original; on prend ensuite une galette d'argile de 10 à 15 mm d'épaisseur et on l'aplatit sur une planche ou une plaque de verre préalablement talquée; après quoi on l'applique en exerçant une forte pression sur la totalité de la surface à mouler. Si la surface à recouvrir dépasse, disons 25 cm², il est bon de pratiquer une série d'entailles sur l'envers (la surface extérieure) de l'argile, que l'on peut aussi piquer avec l'extrémité d'un manche de pinceau, de manière que la surface accroche le plâtre dont elle sera ensuite recouverte. Une fois que le plâtre a pris, on ne risque plus de déformer le moule d'argile en le décollant de l'objet. Avant de couler une matière dans le moule, il faut appliquer sur celui-ci un vernis à l'alcool par pulvérisation et non à la brosse, car ce dernier procédé risquerait d'endommager l'empreinte; une fois la surface légèrement, mais totalement recouverte de vernis, on attendra une heure avant de passer à l'opération suivante. Enduire alors le moule d'un corps gras qui facilitera le démoulage: huile d'olive ou mélange de suif et d'huile de colza. Pour prendre un moulage en plâtre, gâcher du plâtre en lui donnant la consistance d'une crème liquide, l'appliquer par petites touches sur la face interne du moule au moyen d'une brosse pour éviter que des poches d'air ne se trouvent emprisonnées entre la surface

du moule et le plâtre; quand la bouillie de plâtre commence à épaissir en ajouter d'autres couches jusqu'à ce qu'on atteigne l'épaisseur voulue pour le moulage. Si la surface du moule dépasse 1 000 cm², il est bon de renforcer le moulage en introduisant dans le plâtre, comme armature, un gros fil de fer ou une pièce de fer. Cette armature devra au préalable avoir été revêtue d'une épaisse couche de vernis à l'alcool pour prévenir la rouille, qui risquerait de gagner finalement la surface du moulage. On peut aussi se servir de lattes de bois, à condition qu'elles aient été profondément imprégnées d'eau: en effet des lattes sèches absorberaient une partie de l'eau mélangée au plâtre, ce qui ferait apparaître des fissures à la surface du moulage. Pour faire un moulage en plâtre avec armature, introduire d'abord dans le moule une couche de plâtre de 6 mm environ d'épaisseur. Quand celle-ci commence à épaissir, mettre en place la pièce de fer, le fil de fer ou les lattes, en veillant à ce qu'il y ait assez de plâtre pour empêcher l'armature de s'enfoncer jusqu'à la surface du moule. Gâcher encore une certaine quantité de plâtre, y plonger un morceau de canevas léger, puis appliquer ce canevas au dos du moulage, de manière à recouvrir entièrement l'armature et exercer avec les mains une légère pression sur le canevas. On obtiendra par ce procédé un moulage léger, mais très solide. On peut sans danger procéder au moulage une heure après le début de l'opération. On notera que la méthode indiquée ici vaut pour un moulage plat fait d'une seule pièce. Si l'on veut mouler un objet en ronde bosse ou présentant un relief assez fouillé, il faudra évidemment plusieurs moulages partiels dont l'ajustage nécessitera ensuite un assez gros travail. On peut, en s'y appliquant, obtenir de bons moulages à partir de moules d'argile; mais le résultat risque toujours d'être moins parfait que si l'on avait employé d'autres matières.

Moulage à la plasticine

On peut également utiliser la plasticine comme matière à mouler, et la méthode est en gros la même que pour l'argile; mais comme la plasticine est plus dure, il faut exercer une plus forte pression pour obtenir une bonne empreinte; on devra donc veiller à ce que l'objet à mouler soit en assez bon état pour supporter cette pression. La plasticine, comme l'argile, est assez bon marché et peut être récupérée presque indéfiniment pour de nouvelles utilisations. C'est un avantage si l'on est appelé à faire régulièrement des moulages; mais il faut bien se rendre compte que l'emploi de moules d'argile ou de plasticine ne permet pas d'obtenir des reproductions de qualité supérieure.

Moulage au plâtre de Paris

Pour le moulage, le plâtre de Paris est bien supérieur à l'argile et à la plasticine, tout en restant relativement bon marché. On l'utilise à cette fin depuis très longtemps; à l'époque où furent exécutés — c'était en 1802 — le moulage des sujets des frontons et celui des bas-reliefs du Parthénon, à Athènes, c'était la seule matière pratiquement utilisable. La seule idée de devoir mouler des sculptures aussi fouillées avait de quoi décourager le plus accompli des mouleurs. Ce travail, qui exigea la réalisation d'un moule à pièces comprenant littéralement des centaines d'éléments, fut une œuvre monumentale. Les moules partiels réalisés à cette époque sont encore utilisés au British Museum. Fort heureusement pour les successeurs des artistes que furent les auteurs de la matrice initiale, les premiers moulages qui en furent tirés ont été conservés en bon état; on peut donc s'en servir pour de nouveaux moulages en creux, et ménager ainsi les originaux, qui sont, à leur manière, de véritables chefs-d'œuvre. On voit ici combien il est sage et utile de conserver un moulage témoin qui permettra d'exécuter un nouveau

moule, si le premier se détériore à l'usage.

Avant de faire un moulage au plâtre de Paris, il faut évidemment appliquer sur la surface de l'objet original un lubrifiant qui facilite le démoulage. Si l'objet dont il s'agit de prendre un moulage est en granit, ou une pierre du même genre, on peut sans danger l'enduire d'une très mince couche de graisse ou d'huile avant d'appliquer la bouillie de plâtre; il est alors facile de décoller le moulage une fois le travail achevé. On ne peut toutefois employer ce procédé lorsque l'original est en marbre blanc ou en albâtre, car ces corps gras laissent parfois des taches qu'on ne saurait sans risque essayer de faire disparaître par des moyens chimiques. Signalons à qui voudrait se servir de plâtre pour mouler un marbre blanc qu'une solution aqueuse très diluée de grumeaux de savon blanc, appliquée à la brosse avant moulage donne, on l'a constaté, des résultats très satisfaisants. On peut enlever le plâtre sans difficulté une fois qu'il a pris; la fine pellicule de savon part ensuite facilement à l'eau chaude, qu'on applique avec une brosse ou une éponge douces. Il faut enfin sécher la surface avec un linge blanc très fin.

Une fois le moule détaché de l'original, on devra faire le nécessaire pour remédier à la porosité du plâtre, faute de quoi il serait impossible de séparer du moule tout moulage ultérieur. On passera donc à la brosse, sur la surface du plâtre, une simple solution de savon noir à laquelle on pourra ajouter un peu d'huile d'olive et qu'on laissera pénétrer pendant deux heures; on épongera l'excès de savon avec une brosse et l'on obtiendra ainsi une surface lisse, non poreuse. On pourra alors procéder au moulage.

Une autre méthode, qui offre peut-être plus de sécurité, pour le traitement de la surface du moule consiste à appliquer à la brosse des couches successives de vernis à l'alcool jusqu'à obtention d'un brillant bien caractérisé et durable. Laisser la surface durcir pendant un jour, puis huiler ou graisser légèrement le moule avant d'entre-

prendre le moulage. On conçoit aisément qu'un sujet comme un buste ou un personnage exige la confection d'un moule formé d'un grand nombre d'éléments en raison des reliefs que présentent les oreilles, le nez, les cheveux, etc. Pour réaliser en plâtre de bons moules à pièces de pareils sujets, il faut avoir une longue expérience de ce travail et les personnes peu expérimentées auront intérêt à employer un autre procédé, celui du moule flexible.

Matières à mouler flexibles

Parmi les matières à mouler flexibles, il y en a qui prennent à froid comme le latex, le revertex et le caoutchouc de silicone tandis que d'autres sont des composés qui s'em- ploient à chaud en fusion.

Matières fusibles pour moulage à chaud. La série des « Vinamold » constitue un remarquable exemple de matières à mouler qu'on utilise à chaud, leurs points de fusion s'échelonnant entre 120 et 170 °C. Outre qu'ils sont extrêmement souples et résistants, ils offrent l'avantage d'être récupérables; autrement dit, dès qu'on n'a plus besoin d'un moule fait de cette matière, on peut le fondre de nouveau et en remployer la matière presque indéfiniment. Le plâtre, le ciment et tout le groupe des résines époxydes et des résines à base de formaldéhyde de phénol peuvent servir à tirer des copies d'un moule en Vinamold flexible. Toutefois, la circonspection s'impose lorsqu'on doit décider si un original peut supporter sans dommage d'être moulé dans cette matière. Ce serait courir au désastre qu'entreprendre, par exemple, de mouler au Vinamold un objet délicat ou poreux d'ivoire, de bois ou de bronze sans en avoir auparavant imprégné ou enduit la surface d'une couche protectrice de laque de cellulose (dont le point de fusion est plus élevé que celui du Vinamold). A supposer que, dans un cas de ce genre, un doute subsiste dans l'esprit du mouleur et que l'on tienne cependant à

réaliser une reproduction d'un objet délicat, la substance qui offrirait les plus grandes garanties de sécurité serait une matière à mouler prenant à froid; la meilleure est sans doute le caoutchouc de silicone.

Caoutchouc de silicone. Le caoutchouc de silicone, qui est la meilleure des matières à mouler prenant à froid, est aussi la plus coûteuse, son prix équivalant à 25 shillings la livre anglaise (près de 40 francs le kilogramme). Il existe sous plusieurs formes dont la plus facile à utiliser est incontestablement fluide. On ajoute au caoutchouc de silicone un agent catalyseur qui en accélère la prise (la proportion de 2 % de catalyseur donne de bons résultats). Les deux ingrédients doivent être intimement mélangés et (si possible) placés sous vide pour que les bulles d'air emprisonnées dans le mélange viennent crever à la surface. Si cela n'est pas possible, on obtiendra le même résultat en tapotant pendant quelques minutes le fond du récipient contre le plan de travail. On peut alors commencer à verser le mélange sur l'objet à mouler, même s'il n'est pas totalement débarrassé de l'air qui s'y trouvait; car si on verse lentement, l'air occlus ne viendra pas en contact avec la surface de l'objet. Une fois l'opération terminée, on attendra vingt-quatre heures pour que le mélange soit bien pris et puisse se détacher de l'objet. Cette dernière opération doit se faire avec précaution: car si l'on fait subir au moule une flexion excessive, la matière se fendra. A partir du moule en caoutchouc de silicone, toute la gamme des résines à mouler permettra d'obtenir des reproductions très fidèles.

L'emploi du caoutchouc de silicone pour prendre l'empreinte d'un objet en métal appelle toutefois une précaution. Si la surface du métal présente des traces de corrosion, il faut l'enduire d'une couche de laque de cellulose; sans cela, le caoutchouc de silicone en contact avec la zone atteinte pourrait ne pas faire prise, gâchant ainsi le moulage et laissant sur la surface détériorée

un dépôt de caoutchouc collant qui sera difficile à enlever, surtout si la corrosion a eu pour effet de piquer le métal.

Moulage au Vinagel 118

Avant l'apparition de cette matière à base de chlorure de polyvinyle, la réalisation d'une empreinte positive d'un cylindre-sceau était une opération des plus laborieuses. Il fallait d'abord aplatir sur un plan de travail un morceau de plasticine de taille convenable, ensuite faire rouler le cylindre sur la surface ainsi préparée en exerçant d'une manière régulière la pression voulue. On obtenait de cette façon une copie positive à plat, mais trop molle et trop fragile. Pour avoir une copie d'une matière plus durable, il fallait faire un moulage en plâtre de Paris, c'est-à-dire huiler l'empreinte de plasticine, couler dessus du plâtre à mouler, le laisser prendre, puis décoller la plaque de plasticine. Mais la copie ainsi obtenue était un négatif. Pour avoir une copie positive, il fallait donc faire un nouveau moulage et pour cela sécher à fond le négatif de plâtre de Paris, puis passer dessus à la brosse une solution diluée de vernis à l'alcool ou de laque de cellulose pour remédier à la porosité du plâtre, passer ensuite de l'huile, également à la brosse, pour lubrifier la surface, avant de couler à nouveau du plâtre à mouler. La copie obtenue était positive ; mais après cette série d'opérations, beaucoup des détails de l'original s'étaient évidemment perdus.

Maintenant qu'on emploie le Vinagel 118, le moulage d'un cylindre-sceau est beaucoup plus simple et donne des résultats bien meilleurs. Mais pour acquérir une certaine dextérité dans l'emploi de cette matière, il faut une longue pratique. Le Vinagel à utiliser dans le cas qui nous occupe est le V.G. 118 museum terracotta, type 060. Pour prendre une empreinte à plat du cylindre, on devra se conformer scrupuleusement aux indications qui suivent. Le plan

de travail sera constitué par une plaque de verre épaisse, parfaitement propre, que l'on humectera à l'aide d'une éponge ou d'un linge pour empêcher le produit d'adhérer à la surface. Pétrir ensuite entre ses mains un peu de Vinagel 118, jusqu'à ce qu'il soit bien souple (les mains devront elles aussi, être propres, car le Vinagel se tache très facilement). Poser alors le Vinagel sur une planche dure et lisse, retourner le tout et presser fortement le Vinagel contre la surface humide du verre de manière à en réduire l'épaisseur à 5 ou 6 mm environ ; le séparer alors de la plaque de verre et, après avoir vérifié qu'il est bien lisse, l'enduire d'une couche de talc au moyen d'une brosse douce, en poil de chameau si possible. Le cylindre doit, lui aussi, être talqué. On posera alors le sceau à l'extrême droite de la mince plaque de Vinagel, on appuiera légèrement pour le faire pénétrer, puis on le fera rouler sur la surface qui doit recevoir l'empreinte sur toute la longueur. La pression doit être exercée au moyen d'un morceau de bois plat recouvert de caoutchouc qui permet d'appuyer régulièrement sans risque d'endommager le cylindre-sceau. On rogne l'excès de matière sur les bords au moyen d'un couteau à palette, puis on met l'empreinte au four à 140 °C. Au bout de vingt-cinq minutes, on la retire du four, on la laisse refroidir pendant un quart d'heure puis, au moyen du couteau on la sépare de la plaque de bois dur. Si les bords ne sont pas bien lisses on les limera avec précaution.

Moulage à la cire à sceller

À ce point de notre étude, deux autres possibilités se présentent à l'esprit : l'emploi de la cire à sceller et celui de la gutta-percha. Ces deux matières n'offrent malheureusement, sous les hautes températures des régions tropicales, qu'un intérêt limité ; mais elles sont en général trop utiles pour être laissées de côté quand on passe en revue les matières à mouler.

La cire à sceller, et de préférence celle qu'on appelle en anglais Red Seal Engravers' Wax, donne d'excellents résultats et, si l'on prend les précautions nécessaires, elle peut resservir plusieurs fois, ce qui compense son coût initial élevé. Au British Museum, où on l'utilise depuis des années pour prendre des empreintes de monnaies, médailles, sceaux, jetons et autres petits objets plus ou moins plats, elle a toujours donné satisfaction.

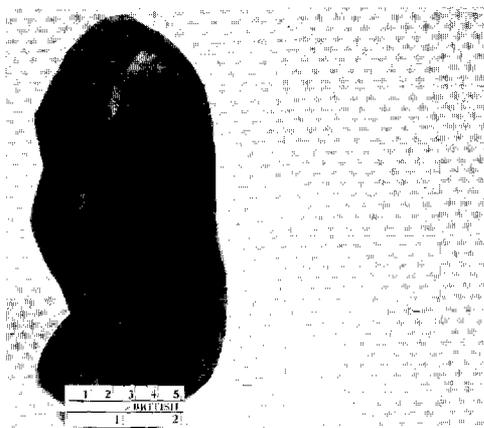
Son emploi est relativement simple, exigeant seulement une petite lampe à alcool ou un bec Bunsen, une plaque de verre épais ou d'ardoise, du talc (craie de Briançon), une houppette en poil de chameau, un couteau à lame courte et bien aiguisée et une petite casserole ou coupelle pour fondre la cire.

Les empreintes de cire servent à réaliser des moulanges en plâtre ou des reproductions par galvanoplastie, ce qui permet de présenter à la fois les deux faces d'une pièce de monnaie ou d'un médaillon. On peut, si on le désire, montrer l'original en même temps qu'une reproduction par galvanoplastie de l'autre face, ou bien présenter des reproductions par galvanoplastie des deux faces, ce qui permet de garder l'original à sa disposition pour étude.

Prise d'une empreinte à la cire. La méthode consiste à diviser en petits fragments un peu de cire à sceller, qu'on fait ensuite fondre à petit feu dans la casserole en remuant continuellement. Il est indispensable de remuer pour éviter que la cire ne brûle. (Si elle est trop chauffée, elle devient caoutchouteuse et ne peut plus servir à rien.) Quand la cire atteint la consistance semi-fluide qui permet de la couler, on en fait quelques rondelles (flans) en la versant, en petites quantités égales sur la plaque de verre qu'on aura préalablement talquée. On laissera ces rondelles de cire refroidir complètement avant d'essayer de les détacher avec la lame du couteau.

Pour prendre l'empreinte d'une pièce de

monnaie, choisir une rondelle de cire de dimensions convenables. Si le diamètre de la pièce est, par exemple, de 4 cm celui de la rondelle devra être de 6 cm environ. Prenant la rondelle de cire par l'extrême bord, entre le pouce et l'index, lui faire faire des va-et-vient assez rapides au-dessus d'une flamme basse, de manière à l'amollir légèrement. De l'autre main, prendre un bâton de cire et, pour l'échauffer, le tenir au-dessus de la flamme en le faisant tourner sans arrêt, ce qui permet d'éviter que des gouttes de cire ne tombent dans la flamme ou à proximité. Lorsque le bâton de cire est ramolli, étendre la cire d'un mouvement circulaire sur la rondelle réchauffée, jusqu'à ce que celle-ci soit recouverte d'une nouvelle couche de cire mince et régulière. On peut alors mettre le bâton de côté et faire de nouveau passer la rondelle en va-et-vient au-dessus de la flamme. (On peut changer de main au cours de l'opération, lorsque la cire s'échauffe.) Quand la nouvelle surface de la rondelle est devenue lisse et molle, et ne retient plus de bulles d'air, on pose la rondelle, la nouvelle couche de cire tournée vers le haut, sur la plaque de verre qu'on a préparée. L'objet dont il s'agit de prendre l'empreinte doit, lui aussi, être légèrement réchauffé par des va-et-vient au-dessus de la flamme, puis bien saupoudré de talc, tant pour réduire le risque d'en détériorer la surface que pour faciliter le décollage de la cire. Il y a réellement intérêt à chauffer légèrement la pièce de monnaie; sans cela, son contact refroidira la cire chaude et l'on n'obtiendra qu'une empreinte médiocre. Sitôt la pièce de monnaie posée sur la cire, on appuiera dessus des deux pouces pour la faire pénétrer; on maintiendra cette pression pendant quelques secondes puis, du bout des doigts humectés, on repliera l'excédent de cire autour des bords de la pièce de monnaie, de manière à former autour de l'empreinte un rebord de hauteur égale à l'épaisseur de l'objet. Il faut retirer la pièce de monnaie avant que la cire soit complètement refroidie et durcie.

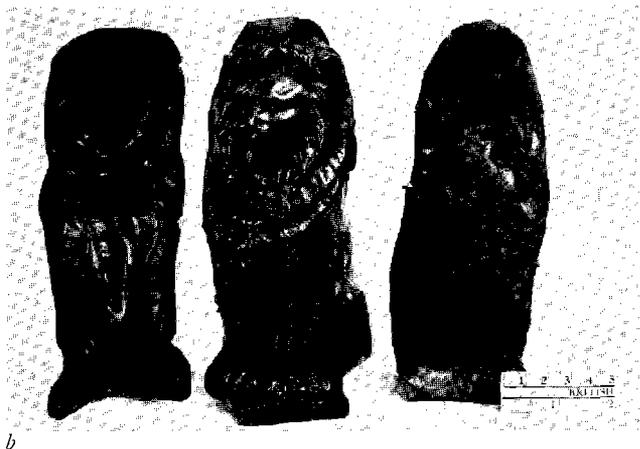


a

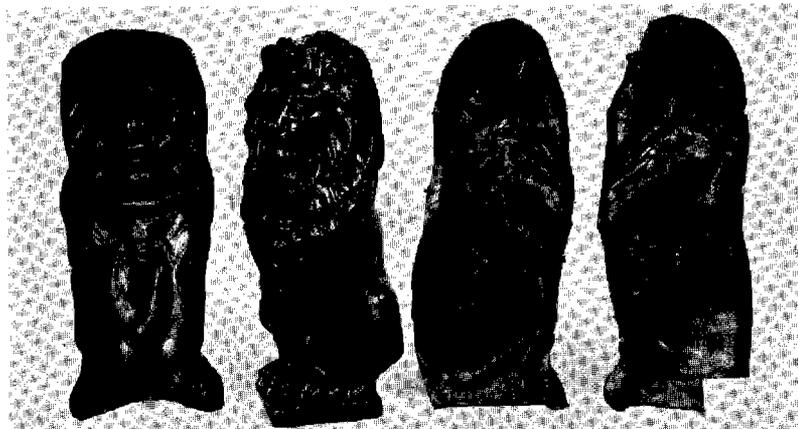
Planche 8

Moule d'un lion de bronze, en gutta-percha, comprenant trois éléments. [Laboratoire de recherche du British Museum.]

- a Les trois éléments assemblés.
- b Deux éléments ont été retirés, laissant apparaître le lion de bronze, le relief du moule, etc.
- c Les trois éléments détachés du lion de bronze.



b



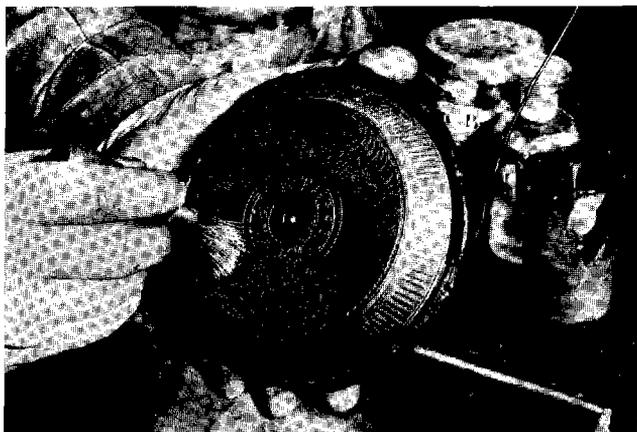
c



a



b

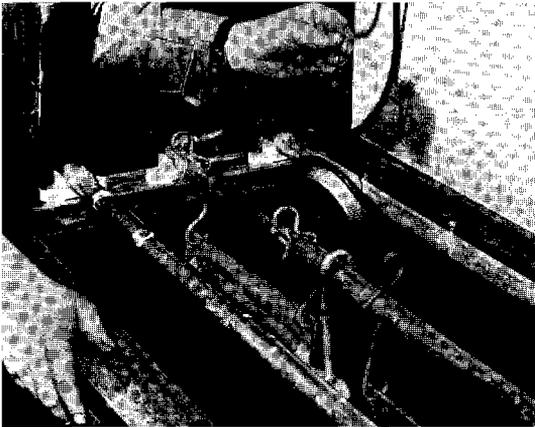


c

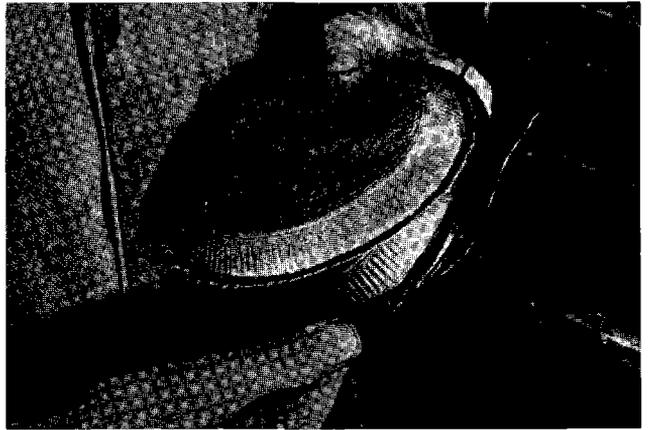
Planche 9

Reproduction par galvanoplastie. [Laboratoire de recherche du British Museum.]

- a* Préparation de l'original en vue du moulage à l'aide de chlorure de polyvinyle ou de caoutchouc de silicone prenant à froid.
- b* Le liquide de moulage est versé sur l'original.
- c* Application de graphite en poudre sur le moule avant le bain galvanoplastique.
- d* Immersion du moule dans une solution d'acide cuprique pour obtenir un dépôt de métal par galvanoplastie.
- e* La reproduction galvanoplastique est détachée du moule.
- f* Ébarbage des sections du moule avant la reproduction.



d



e



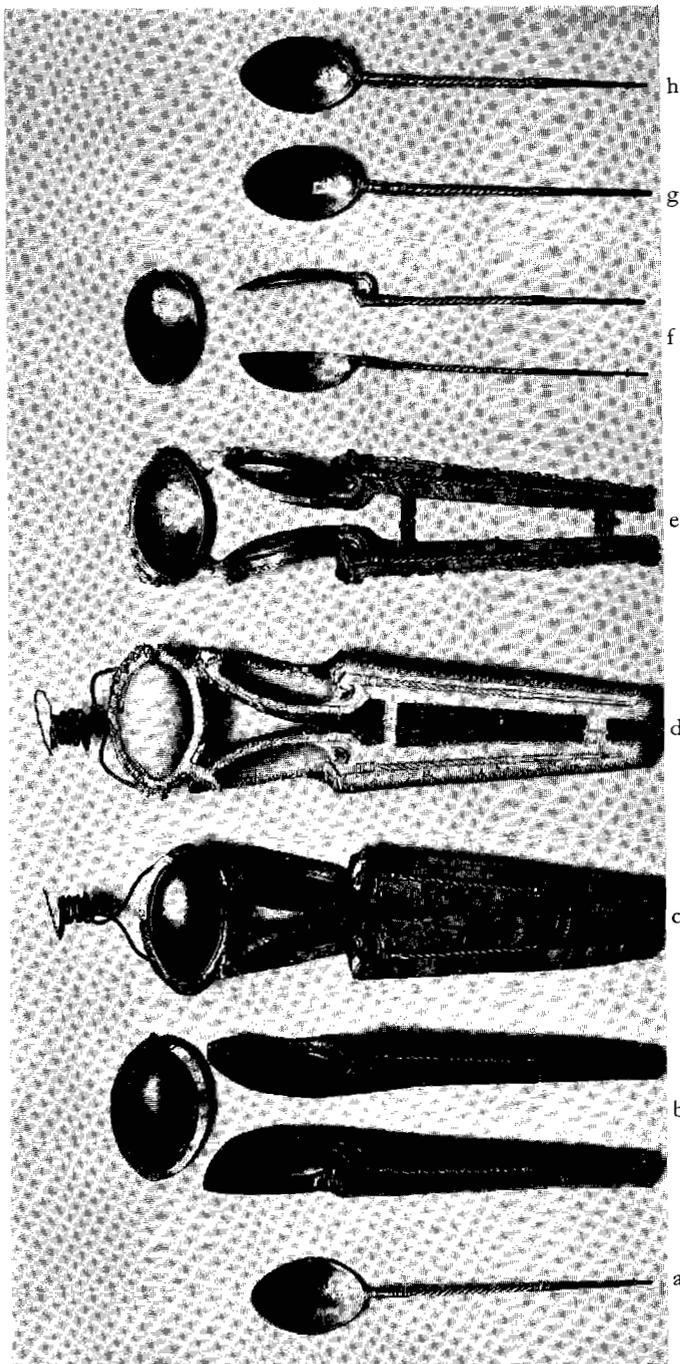
f

Planche 10

Étapes successives de la reproduction galvanoplastique d'une cuiller romaine. Assemblage et argenture de la reproduction en cuivre.

[Laboratoire de recherche du British Museum.]

- a* Cuiller (fac-similé d'une cuiller romaine du IV^e siècle découverte à Mildenhall, dans le Suffolk).
- b* Moules en gutta-percha.
- c* Le moule est recouvert d'une couche de graphite conductrice de l'électricité; cette couche est reliée à un fil électrique, qui est ensuite lui-même relié à la cathode d'un générateur de basse tension; le moule est alors plongé dans une solution acide de sulfate de cuivre avec une anode de cuivre pur, puis on fait passer le courant, et une couche de cuivre qui reproduit fidèlement tous les détails se dépose sur le moule.
- d* Moule recouvert d'une couche de cuivre de l'épaisseur voulue.
- e* Le dépôt de cuivre, après séparation du moule.
- f* Éléments de la cuiller après ébarbage, consolidés par étamage et prêts à être assemblés par pression et chauffage.
- g* Le moulage après assemblage des éléments.
- h* Le moulage après argenture.



A ce point de l'opération, on aura intérêt à faire passer le tout une fois encore au-dessus de la flamme. Après quoi, il faut commencer par décoller doucement de la pièce de monnaie le bord de l'empreinte, puis le remettre en place sur tout le tour. Il suffit alors, pour libérer la pièce, de tapoter le dos de la rondelle; puis on remet la rondelle de cire sur la plaque de verre, l'empreinte sur le dessus, et l'on appuie légèrement sur les bords pour s'assurer que la base est bien plate. On laisse ensuite refroidir complètement.

Utilisation de l'empreinte pour tirer une copie en plâtre. Si l'on veut faire une copie en plâtre, il peut être nécessaire de régulariser les bords de l'empreinte au moyen d'un couteau aiguisé, de manière qu'ils ne soient nulle part en surplomb; car si on emprisonnait du plâtre sous le rebord de l'empreinte, la copie serait manquée. On devra enduire l'empreinte d'une mince pellicule d'huile (l'huile d'olive convient pour cet usage) au moyen d'une petite brosse en soies de porc; au besoin on enlèvera l'excédent d'huile au moyen d'un petit tampon d'ouate ou d'un tissu non pelucheux. Si un léger graissage facilite le démoulage, un excès d'huile en revanche risquerait de boursoufler la surface. On peut alors préparer le plâtre de Paris à mouler; pour cela, verser le plâtre dans l'eau, jeter l'eau en excès et mélanger soigneusement. Déposer ensuite le mélange par petites touches sur l'empreinte, en se servant ici encore d'une brosse en soies de porc ou d'une autre brosse du même genre. Il importe de procéder par petites touches, car cela réduit les risques de boursouffures. Quand le plâtre atteint une consistance crémeuse, on peut en ajouter dans l'empreinte, au moyen d'une petite cuillère, jusqu'à l'épaisseur voulue — soit 5 ou 6 mm environ. Laisser le plâtre faire prise, mais au bout d'une heure, lorsqu'il est encore humide retirer le moulage du moule en soulevant délicatement les bords au moyen d'une lame de couteau ou d'une

spatule. A ce stade, on peut rectifier le bord en enlevant avec précaution les bavures de manière à ramener la copie au contour exact de l'objet; une fois le plâtre sec, on peut en aplanir le dos au moyen d'une lime à grosse taille. Enfin, en passant un peu de talc sur la face endroit, on la débarrassera des menus débris de plâtre qui seraient venus à se détacher. On pourra fixer d'un point de colle les copies en plâtre sur une carte de présentation où on les groupera par paires si l'on veut les photographier.

Au lieu de partir de rondelles de cire, on peut, après avoir réchauffé la cire à sceller comme il a été indiqué plus haut, l'aplatir sur un morceau de carton pour lui donner la dimension voulue. En ajoutant de la cire, on obtiendra l'épaisseur nécessaire pour prendre l'empreinte de l'objet. On passera la cire au-dessus de la flamme en va-et-vient jusqu'à ce qu'elle soit lisse et molle, puis on prendra l'empreinte en se conformant aux indications détaillées qui ont été données plus haut. Si l'on doit utiliser l'empreinte pour faire une reproduction par galvanoplastie, il faudra retirer le support de carton. On devra en tout cas retirer ce support avant de fondre la cire pour la remployer.

La gutta-percha comme matière à mouler

La gutta-percha résulte de la coagulation du latex d'un arbre tropical. Comme elle n'est pas vulcanisée, elle reste thermoplastique, ce qui permet de l'utiliser dans de nombreux cas pour prendre des moulages. Elle présente un inconvénient: lorsqu'on doit l'utiliser sous des températures supérieures à 20 °C, il est indispensable de disposer d'un moyen de réfrigération. Normalement, comme on ne peut utiliser en une fois qu'une quantité limitée de gutta-percha, il suffira d'un petit réfrigérateur domestique, à moins qu'on ait affaire à des objets de très grande dimension. La gutta-percha se vend habituellement en feuilles de 6 mm d'épaisseur. Chose assez

curieuse, ce sont les qualités inférieures qui donnent les meilleurs résultats; ce sont, en effet, celles qu'on amène le plus facilement à la consistance voulue. L'emploi de cette matière n'exige que des moyens relativement simples, sauf toutefois en ce qui concerne la réfrigération; d'autre part, la gutta-percha présente l'avantage d'être récupérable et réutilisable presque indéfiniment. Pour faire des moulages à la gutta-percha, on a besoin du matériel suivant: une plaque de verre épais ou d'ardoise (40 × 30 cm environ), un récipient creux ou une casserole d'un litre (minimum), du talc, une houppe (ou brosse) en poil de chameau, un objet cylindrique qu'on puisse utiliser à la manière d'un rouleau à pâtisserie (de préférence un bout de tuyau de cuivre lisse de 4 ou 5 cm de diamètre et de 30 ou 35 cm de long), une paire de ciseaux, un couteau à lame courte bien aiguisée et un réchaud pour faire bouillir l'eau dans laquelle on immergera la gutta-percha de manière à la rendre malléable.

Préparer d'abord le plan de travail en talquant abondamment la plaque de verre. Couper la gutta-percha en morceaux de 10 à 15 cm² environ. Porter l'eau de la casserole à ébullition, la retirer de la source de chaleur, et attendre un peu avant d'y plonger les morceaux de gutta-percha. Les y laisser pendant 3 à 5 minutes, en veillant à ce qu'ils soient tous recouverts d'eau (ne pas les mettre dans l'eau en laissant celle-ci bouillir). Ajouter ensuite de l'eau froide dans la casserole pour pouvoir manipuler la gutta-percha sans se brûler. La retirer de l'eau, puis la pétrir, les mains mouillées, pour la débarrasser autant que possible de l'excès d'eau et pour lui donner une consistance uniforme. La poser ensuite sur la plaque de verre qu'on a préparée et la taper avec les doigts de manière à l'aplatir, ajouter encore, à la brosse, du talc sur la surface puis, en utilisant le bout de tuyau comme un rouleau à pâtisserie, faire de la gutta-percha une galette lisse dont l'épaisseur corresponde aux dimensions de l'objet

à mouler. L'opération sera plus facile si l'on saupoudre encore la surface de talc pour la lisser ensuite avec les doigts. L'objet à mouler doit, lui aussi, être légèrement talqué et l'on appuie doucement dessus pour le faire pénétrer dans la gutta-percha. On veillera à ne pas exercer sur l'objet une pression trop forte: il faut que cette pression soit égale et constante pour éviter que les parties les plus saillantes de l'objet n'atteignent la face inférieure de la plaque de gutta-percha.

Moulage d'objets plats et moulage par sections. Si l'on veut, par exemple, prendre en une seule fois les empreintes de vingt pièces de monnaie, on appliquera d'abord chaque pièce sur la gutta-percha en appuyant dessus puis on reviendra à la première et on exercera de nouveau une légère pression sur chaque pièce successivement. On diminuera beaucoup le temps de prise de la gutta-percha en la mettant un moment dans un réfrigérateur avec les pièces de monnaie et la plaque de verre.

On peut aussi utiliser la gutta-percha pour faire des moulages par sections (voir planche *8a, b, c*) ainsi que pour « envelopper » les objets dont une seule face est travaillée, mais offre de hauts-reliefs. Le mode de préparation est analogue à celui qui a été décrit plus haut, mais cette fois, après avoir retiré la gutta-percha du récipient qui a servi à la réchauffer, on l'égalise, puis on l'étale au rouleau de manière à lui conserver une épaisseur d'au moins 1,5 cm. Talquer entièrement la surface de la gutta-percha et la plaque de verre, ainsi que le tranchant des ciseaux et les doigts de l'opérateur. Couper alors la gutta-percha à la dimension voulue, ou en plusieurs morceaux de dimension convenable si l'on doit mouler une série d'objets.

Quand la gutta-percha a pris la consistance de la plasticine chaude et molle, on peut l'appliquer sur l'objet à mouler (ou appliquer le premier morceau, s'il s'agit d'un moulage en plusieurs parties). Exercer une

légère pression avec les doigts pour assurer un bon contact sur toute la surface de l'objet. (Il peut être nécessaire de maintenir cette pression pendant dix minutes.) Laisser ensuite la pièce durcir en position sur l'objet. Dégager doucement la première pièce une fois qu'elle a pris, puis en rectifier les contours avec un couteau très aiguisé pour lui donner la forme voulue. De petites entailles en V sur le bord de chaque élément faciliteront l'assemblage avec les éléments adjacents. Une fois ce travail terminé, on remet la pièce en place sur l'objet et l'on opère de même pour le moulage des autres pièces, sans jamais oublier de talquer les diverses pièces et leurs joints. En fait, ce travail ressemble beaucoup à la réalisation de moules de plâtre par sections à cette différence près que la matière est plus souple.

Moulage d'objets cylindriques. Pour réaliser dans cette matière le moule d'un objet cylindrique, il faudra cinq ou six éléments — trois ou quatre pièces d'égale dimension pour le tour du cylindre, plus une pièce pour chacune des extrémités. Dans l'extrémité supérieure, on ménagera une petite ouverture par où coulera le plâtre, à moins qu'on ne le verse dans le moule avant d'en fermer le fond; dans ce cas on mettra cette dernière pièce en place par pression sur le plâtre, juste avant que celui-ci ne prenne.

Il faut signaler que la gutta-percha ne convient normalement que pour tirer des copies en plâtre ou réaliser des reproductions par galvanoplastie. Il est sage, lorsqu'on apprend à utiliser cette matière, de faire ses premiers essais sur des objets sans valeur; seule la persévérance permettra d'obtenir les résultats satisfaisants qu'on peut attendre de la gutta-percha.

Le secret de la réussite tient, pour l'essentiel, en trois points: veiller à ne pas employer la gutta-percha trop chaude et trop molle, exercer sur elle pour mouler l'objet une pression douce et légère et faire abondamment usage de talc tout au long du moulage.

LA COLORATION DES MOULAGES EN PLÂTRE

Avant de procéder à la coloration des moulages de plâtre, il faut appliquer sur le plâtre cru, afin d'en éliminer la porosité, deux minces couches de gomme laque, diluée dans de l'alcool dénaturé (1 volume de gomme laque pour 3 volumes d'alcool). Il est recommandé d'utiliser des brosses en poils de porc qui sont beaucoup moins chères et qui conviennent mieux à ce genre de travail que des brosses plus fines. Après avoir appliqué cette préparation, attendre une demi-heure avant de passer au stade suivant. Préparer d'abord un mélange à parties égales de gomme laque et d'alcool dénaturé et y ajouter de la poudre de couleur, en remuant avec un pinceau jusqu'à ce qu'on obtienne un mélange parfaitement homogène ayant à peu près la couleur désirée. Etendre ce mélange sur le moulage en procédant d'abord par touches obliques puis par petites touches perpendiculaires à la surface. Si la couleur obtenue n'est pas uniforme, appliquer délicatement une seconde couche, toujours par pointillage. La gomme laque séchant rapidement, on peut passer au second stade de l'opération au bout d'un quart d'heure environ. S'il n'est pas nécessaire de reproduire plusieurs tons de patine, et si le résultat obtenu est satisfaisant, il n'y a plus qu'à polir la surface de l'objet. Pour cela, on étale sur toute cette surface une mince couche de cire molle transparente (cirage incolore) qu'on laisse durcir pendant quelques minutes, et qu'on frotte ensuite avec un chiffon doux pour obtenir un brillant discret.

Il est parfois nécessaire d'imiter la patine inégale d'un original. Il convient pour cela de procéder comme nous venons de l'indiquer, c'est-à-dire d'appliquer sur le moulage, d'abord deux minces couches de gomme laque afin d'en éliminer la porosité, puis la couleur de base. Mélanger ensuite les poudres de couleur correspondant aux tons

de la patine et les délayer dans de l'eau additionnée d'un peu de colle, comme fixatif. Remuer vigoureusement le tout de manière à obtenir un mélange onctueux ayant la consistance d'une crème liquide que l'on applique par pointillage au pinceau, soit sur l'objet entier, soit sur certaines parties seulement selon l'aspect de l'original qu'on cherche à reproduire. La couche de couleur séchera très rapidement et reprendra alors le ton qu'avaient les poudres à l'état sec. Laisser durcir pendant dix minutes environ avant d'enduire toute la surface d'une mince couche de cire et de frotter légèrement avec un chiffon doux.

Outre qu'elle est rapide, cette méthode permet, avec un peu de pratique, d'obtenir des résultats satisfaisants, stables et durables. Ce procédé de coloration offre un autre avantage : les deuxième et troisième couches sont faciles à enlever si le résultat définitif n'est pas satisfaisant. Il suffit, pour enlever la cire, de frotter très légèrement avec de la térébenthine, tandis que la couleur à l'eau s'élimine à l'eau chaude. La couche de fond (couleur mélangée à la gomme laque) demeurera intacte et l'on pourra essayer à nouveau d'imiter la patine de l'original.

On parvient par la même méthode à imiter l'aspect du marbre et de l'ivoire ; mais il est indispensable, pour obtenir des tons aussi clairs, d'employer de la gomme laque *blanche*. Il est facile aussi d'imiter la terre cuite, à condition évidemment de ne pas cirer le moulage ce qui lui donnerait un brillant incompatible avec l'aspect généralement mat de cette matière.

On peut également colorer les moulages de plâtre avec de la peinture à l'huile ; mais celle-ci est plus longue à sécher et les résultats obtenus, loin d'être forcément meilleurs, sont souvent moins satisfaisants.

GALVANOPLASTIE

Pour la reproduction par galvanoplastie (planche 9), des moules en cire à sceller, en gutta-percha et en caoutchouc de

silicone sont particulièrement indiqués : pour ce qui est de la perfection des détails, c'est le caoutchouc de silicone qui donne les meilleurs résultats ; mais la cire à sceller et la gutta-percha peuvent également s'employer avec succès (la manière de faire le moule a été exposée ci-dessus). Voici très brièvement comment on procède pour obtenir une reproduction par galvanoplastie. Au moyen d'une brosse ronde, de préférence en soies de porc, on recouvre entièrement la surface du moule d'une légère couche de graphite, pour le rendre conducteur de l'électricité. Après avoir relié le graphite à une source électrique, il convient de « réserver » le bord et le dos du moule au moyen d'une laque isolante (Lacomit), appliquée jusqu'à 5 mm environ de la partie du moule qui doit être reproduite. Cette laque isolante empêche le cuivre de se déposer là où il n'a que faire. On devra veiller toutefois à ne pas en enduire le fil électrique, ce qui aurait pour effet d'isoler les points de contact. Le moule ainsi préparé est alors placé dans une solution cuprique acide (1 kg de sulfate de cuivre pour 4 litres d'eau distillée auquel on ajoute lentement 10 cm³ d'acide sulfurique concentré) afin d'établir le contact électrique avec le pôle négatif. Après avoir fixé une anode de cuivre au pôle positif, on fait passer dans le circuit un courant électrique continu d'environ trois quarts de volt. Un dépôt de cuivre se forme alors sur l'ensemble de la surface conductrice du moule (c'est-à-dire sur le graphite), reproduisant fidèlement tous les détails. Lorsque ce dépôt de cuivre a atteint une épaisseur suffisante, on peut le retirer du moule, puis étamer l'envers du moulage ainsi obtenu pour le consolider et pouvoir au besoin souder entre elles plusieurs sections. Enfin, l'argenture, la dorure, ou une coloration chimique permettent de donner à la reproduction les divers tons de bronze (planche 10).

RÉSINES EMPLOYÉES POUR LES
MOULAGES ET LA RESTAURATION

Les résines de polyesters se sont révélées très utiles pour la reproduction et la restauration des antiquités. Elles permettent, moyennant l'incorporation d'une armature métallique de la couleur voulue et aussi, au besoin, de fibre de verre qui consolide le moulage, d'obtenir d'excellentes reproductions à partir de moules en caoutchouc de silicone ou à un moindre degré, de moules de plâtre. Elles permettent également de réparer et de consolider de manière satisfaisante des pièces de matières très diverses : bronze, bois, ivoire, céramique, etc. Elles sont particulièrement utiles dans le cas des bronzes corrodés, qu'il n'est pas possible de réparer à la soudure molle, en raison de la

minéralisation du métal. Il est essentiel, lorsqu'on s'apprête à réparer un joint d'en bien décaper les bords et de les consolider au besoin avec une des matières d'imprégnation recommandées plus haut. On peut renforcer encore le joint en le rembourrant à l'arrière de fibre de verre saturée de résine. L'Araldite, adhésif à base de résine époxyde, résistant aux fortes tensions, peut très bien remplacer la soudure dans la réparation de métaux, quand on a besoin d'un joint solide. L'Araldite se vend dans le commerce en deux tubes, l'un contenant le produit adhésif et l'autre le durcisseur. Un mélange des deux produits à parties égales, appliqué sur les cassures que l'on rapproche ensuite, constitue, après séchage du produit, un lien très satisfaisant.

BIBLIOGRAPHIE

Handbook on electroplating. 20th ed., 1966. Birmingham, W. Canning and Co. Ltd., Great Hampton Street.
Moss, A. A. 1956. Electrotyping. *Handbook for museum curators*. Part B: Museum technique, Section 5. London, Museums Association.

PERCY, H. M. 1962. New materials in sculpture. *Scopa handbook*. London, Alec Tiranti Ltd.
WAGER, V. H. 1963. Plaster casting. *Scopa handbook*. London, Alec Tiranti Ltd.

Céramique et verre

INTRODUCTION

Quand ils sont d'excellente qualité, la céramique et le verre comptent parmi les matériaux les plus stables. Cependant, on trouve souvent dans toutes les catégories des spécimens de qualité médiocre : les céramiques cuites dans des fours primitifs, les imitations rustiques de styles connus, même les pièces de rebut (qui présentent d'ailleurs parfois pour l'ethnographe ou le conservateur de musée autant d'intérêt que des pièces parfaites) constituent une part importante des collections.

CÉRAMIQUE

LAVAGE

Les pièces de céramique ne doivent jamais, tant qu'elles n'ont pas été marquées, être séparées des étiquettes indiquant leur provenance, elles sont lavées une à une, mises à égoutter sur un plateau perforé puis transférées sur un plateau sec. Il ne faut pas plonger plusieurs tessons à la fois dans l'eau, car il se peut que certains d'entre eux supportent le lavage mais non l'immersion et de petits fragments risquent d'être emportés avec les dépôts de terre.

Les *poteries bien cuites* peuvent être frottées avec une brosse à ongles ou une brosse à dents. Les bords doivent être nettoyés avec autant de soin que la face

interne et externe, mais il faut veiller à ne pas enlever les traces d'aliments ou de peinture. On peut utiliser pour ce nettoyage un détergent neutre sans savon, et il faut changer l'eau fréquemment ; car une eau boueuse laisse une fine pellicule sur les poteries. Les *poteries fragiles et mal cuites* doivent être soigneusement brossées à sec, on enlèvera ainsi le plus d'impuretés possible sans endommager la surface, puis on les consolidera en les imprégnant d'une solution appropriée comme l'acétate de polyvinyle ou le nylon modifié soluble C 109/P (qualité DY 55). Une fois l'opération terminée, on peut enlever les dépôts de terre qui restent à l'aide d'une brosse imprégnée de solvant ou d'un grattoir.

Pour les *poteries peintes*, il faut s'assurer de la solidité de leurs couleurs avant de les laver à l'eau ; si les couleurs résistent, on peut laver la poterie avec une brosse douce qui n'abîme pas la surface ; mais il faut éviter de l'immerger.

CONTAMINATION PAR LES SELS

Les pièces provenant d'une région à faible pluviosité sont souvent imprégnées de sels, qui peuvent être solubles ou insolubles dans l'eau.

Sels solubles

Si l'humidité relative est variable, les sels solubles se dissoudront et se cristalliseront alternativement de façon répétée et se propageront vers la surface de la poterie où se produit la plus forte évaporation. Ils y formeront une masse de cristaux en forme d'aiguilles, qui cachera tous les détails. Cette alternance des phénomènes de cristallisation et de dissolution provoquera la désintégration de la surface et les tensions internes risqueront, à la longue, de faire éclater la poterie. Les pièces qui se trouvent dans cet état doivent être plongées dans une eau courante ou dans une série de bains jusqu'à élimination complète des sels, qui peuvent être de nature diverse : chlorures provenant du sol, phosphates résultant de l'accumulation de cendres sur l'emplacement d'anciens fours ou foyers, nitrates produits par le traitement des sels insolubles par l'acide nitrique. Bien qu'il existe plusieurs manières de déceler la présence de ces ions, le mieux est de procéder à un test de conductivité. Après avoir lavé la poterie — ou un fragment important — à l'eau courante, on la place dans une quantité connue d'eau distillée, dont on a mesuré l'indice initial de conductivité. On relève les indices de conductivité à deux minutes d'intervalle pendant une durée de 16 à 30 minutes et on les reporte sur un

graphique. L'opération est répétée chaque jour, toujours avec le même volume d'eau. Les graphiques sont ensuite confrontés et quand la courbe ne varie plus on peut considérer le lavage comme terminé.

Sels insolubles

Carbonate de calcium. Avant d'éliminer les dépôts calcaires qui adhèrent à la surface des poteries, il est indispensable de s'assurer que le corps de la céramique ne contient pas de quantités notables de chaux ou de carbonate de calcium (marbre, craie, débris de coquilles, etc.) Si c'était le cas, l'immersion dans une solution acide provoquerait la désagrégation des particules calcaires et rendrait la poterie poreuse, ou la détruirait même complètement.

C'est seulement après s'être assuré de l'absence de carbonates qu'on peut plonger la poterie dans une solution diluée d'acide nitrique ou chlorhydrique à 20 % au maximum — la poterie ayant au préalable trempé dans l'eau claire. On la laissera dans l'acide jusqu'à ce que l'effervescence s'arrête, mais on peut la surveiller constamment de manière à pouvoir la retirer dès que les incrustations seront dissoutes. Si la matière dont est fait l'objet contient du calcaire, le traitement à l'acide réclamera de grandes précautions. Le vase ou les tessons seront laissés à tremper dans l'eau propre ; puis on appliquera l'acide dilué goutte à goutte en surface seulement, chacune des parties ainsi traitées étant immédiatement rincée à l'eau courante. Il convient d'examiner avec soin les particules calcaires qui se trouvent à la surface de la poterie pour s'assurer qu'elles ne sont pas en train de se dissoudre. Mais quelles que soient les précautions prises, il vaut souvent mieux employer des moyens mécaniques, de préférence aux procédés chimiques, pour extraire les incrustations calcaires. Il est recommandé de tenir les céramiques peintes ou vernissées avec des pinces pendant toute la durée du traitement, afin de pouvoir les retirer immédiatement

si la surface semblait sur le point d'être endommagée.

Dans le cas de poteries anciennes recouvertes d'une glaçure à base de plomb, il se forme souvent à la surface une pellicule blanche. Il peut s'agir d'un dépôt de carbonate, provenant de la dévitrification de la glaçure et de la corrosion du plomb. Quand on veut nettoyer les céramiques vernissées, il est préférable d'appliquer goutte à goutte de l'acide chlorhydrique concentré sur le vase préalablement humecté et de rincer immédiatement à grande eau, jusqu'à ce que toutes les incrustations soient dissoutes. On fait ensuite bouillir la poterie dans l'eau afin d'éliminer la pellicule blanche de chlorure de plomb formée par l'acide au contact de plomb à l'état libre.

Sulfate de calcium. Si les incrustations de sulfate sont importantes, il est préférable d'en éliminer la majeure partie par des moyens mécaniques avant de procéder au traitement par l'acide. La pièce est alors immergée dans l'eau claire pendant quelques minutes puis on laisse tomber l'acide nitrique ou chlorhydrique goutte à goutte sur les incrustations.

Tout traitement à l'acide doit être suivi d'un lavage prolongé et son efficacité vérifiée par des tests de conductivité.

Silicates. Les dépôts siliceux à la surface des poteries doivent être éliminés par des procédés mécaniques, puisqu'ils ne sont pas solubles dans les acides minéraux ordinaires. Le conservateur de musée a peut-être lu, ou entendu dire, qu'on peut éliminer ces incrustations avec de l'acide fluorhydrique; en fait, cet acide est extrêmement dangereux, à la fois pour la personne qui s'en sert et pour l'objet traité; seuls les chimistes hautement qualifiés et pleinement conscients des dangers de l'opération peuvent recourir à cette méthode. Même eux préféreront souvent employer des procédés mécaniques plutôt que manipuler l'acide fluorhydrique.

MARQUAGE DES POTERIES

Les poteries poreuses ne « prennent » pas l'encre avec netteté. La partie à marquer devra donc être recouverte d'une ou deux couches de laque diluée, nitrate de cellulose par exemple, et l'encre pourra « prendre » sur la laque après séchage. Toutes les marques devront être recouvertes de deux couches de laque pour résister à l'eau et aux manipulations.

RÉPARATION DES POTERIES

Adhésifs

Il importe de bien choisir l'adhésif dont on se servira. Le plus pratique est sans doute la nitrocellulose, mais encore faut-il se méfier de certaines qualités commerciales qui ont la faveur des archéologues mais qui sont pauvres en élément plastifiant. Du point de vue de la rapidité, le ciment Balsa est bon; mais si l'on désire un produit moins cher, la maison Marcel Guest (Collyhurst, Manchester 9) pourra fournir l'adhésif H.M.G. qui convient parfaitement et prend en une demi-heure ou une heure selon l'épaisseur du joint. On peut dissoudre des morceaux de nitrocellulose dans un mélange à parties égales d'acétate d'amyle et d'acétone; lorsque la solution a la consistance voulue, on y ajoute un plastifiant (huile de ricin ou camphre). Si la poterie est très épaisse, il est préférable d'utiliser une colle forte comme l'Evostick, qui est un mélange de latex et de résine, soluble dans le toluène, le benzène ou le tétrachlorure de carbone. Les bords des tessons doivent être absolument propres et chaque cavité doit être nettoyée à l'aide d'une épingle pour que le joint soit aussi serré que possible. Si l'adhésif dont on se sert n'est pas présenté en tube, il est préférable de l'étaler avec un bâtonnet. On étend une fine couche d'adhésif sur les deux faces du joint, que l'on serre fortement l'une contre l'autre, après quoi on enlève l'adhésif en

excès. On pose alors la pièce dans un bac de sable de manière que l'un des fragments repose sur l'autre et y adhère par son propre poids. Il faut éviter de placer des « attelles » de plasticine le long des joints, car elles risquent en empâtant le joint d'empêcher la jointure de se faire convenablement. Les pièces rapportées doivent être placées en position d'équilibre sans que le sable touche au joint, et si elles s'effondrent il faudra les nettoyer avant de les recoller. Dans la mesure du possible il convient de réparer les poteries en partant de la base et en collant un seul fragment à la fois, de manière à pouvoir rectifier les erreurs à mesure que le travail avance. Si une auréole blanche se forme à la surface, près des joints, on pourra l'enlever avec de l'acétate d'amyle.

Il est parfois difficile de réparer des poteries friables en raison de l'effritement d'une des deux faces du joint ; dans ce cas, il faut consolider les tessons en les imprégnant d'une solution appropriée, avant de les recoller.

Remplissage des lacunes avec du plâtre de Paris

Les parties manquantes des poteries peuvent être remplies avec du plâtre dentaire du grain le plus fin. On commence par rouler de la plasticine, sur une surface unie et propre, pour lui donner les dimensions et l'épaisseur requises (le rouleau et le plan de travail seront saupoudrés de talc pour empêcher la plasticine d'y adhérer) ; on découpe le rouleau selon la forme voulue et l'on prend l'empreinte de la face interne d'une section existante de la poterie. Ce moule de plasticine est ensuite déplacé à l'intérieur du vase et ajusté à la fracture de manière que l'on puisse combler la lacune en y appliquant du plâtre de l'extérieur. Il est bon d'humecter ou de talquer le moule de plasticine pour pouvoir le retirer aisément. Il faut aussi mouiller copieusement les bords de la poterie avant de couler le plâtre, faute de quoi la matière dont est fait l'objet, étant sèche, absorbera toute l'eau du plâtre qui au

lieu de durcir restera mou et friable. On gâche le plâtre dentaire à grain fin dans un bol de porcelaine ou d'ébonite et on commence à remuer une fois seulement après que toute la quantité de plâtre nécessaire a été versée dans l'eau. On peut de cette manière régler la « prise » du plâtre, et obtenir la même plusieurs fois de suite. La « prise » est normale quand toute l'eau du récipient a été absorbée par le plâtre ; elle est plus forte si l'on ajoute un peu de plâtre au-dessus du niveau de l'eau, moins forte s'il reste un peu d'eau en excédent. On applique le plâtre dans la partie manquante à l'aide d'une cuillère ou d'une spatule, en prenant soin de le presser contre les bords de la cassure pour qu'il adhère bien. Les bavures de plâtre doivent être enlevées immédiatement, avant qu'elles ne durcissent. Pendant le séchage, on lisse la surface, avec une spatule humide en laissant subsister une légère protubérance ; il est plus facile, en effet, d'éliminer un petit excédent de plâtre que de faire un rajout. Une fois que le plâtre a pris, on peut le polir avec des outils métalliques, petites râpes ou rifloirs et avec du papier de verre en évitant d'érafler l'objet et en s'efforçant de produire un travail aussi propre que possible.

Remplissage des lacunes avec une pâte d'Alvar, de jute et de kaolin (pâte ASK)

Cette pâte plastique, bien supérieure au plâtre pour le remplissage des lacunes, se prépare de la façon suivante :

| | <i>Parties en poids</i> |
|--|-----------------------------|
| 800 g Alvar 770 (acétal de polyvinyle) | 100 |
| 1260 cm ³ acétone | 120 |
| 504 cm ³ alcool dénaturé industriel | 50 |
| 370 cm ³ acétate d'amyle | 40 |

Remuer et laisser reposer 24 heures dans un récipient couvert.

Ajouter :

| | |
|------------------------------------|-----|
| 928 ml xylène (benzène ou toluène) | 100 |
|------------------------------------|-----|

Bien agiter

Ajouter

| | |
|------------|----|
| 480 ml eau | 60 |
|------------|----|

Battre en émulsion, puis ajouter en tournant avec une cuillère de bois, de *la bourre de jute et du kaolin sec* dans la proportion de deux mesures de jute pour une de kaolin, jusqu'à ce que le mélange soit trop épais pour que l'on puisse continuer à le remuer. Le verser sur un plateau assez grand ou sur une dalle et continuer à y incorporer du jute et du kaolin dans les mêmes proportions jusqu'à ce que la pâte ne colle plus aux mains. Il est indispensable qu'elle soit bien pétrie.

L'Alvar est vendu par Shawinigan, Marlow House, Lloyd's Avenue, Londres E.C.3., et la bourre de jute par Gullaflox Ltd., Fibril Works, Dartford, Kent (Royaume-Uni).

Cette préparation, dite pâte AJK, peut être modelée pendant qu'elle est encore molle; il n'y a aucun déchet et la surface de la poterie ne risque pas d'être endommagée comme elle pourrait l'être par la poussière de plâtre. On peut la rouler en boudins aplatis qu'on superpose en spirales, comme les « colombins » des potiers, en appuyant fortement chaque « boudin » sur la cassure de la poterie et sur le boudin du dessous; on peut également l'étendre au rouleau, la découper et la façonner sur un moule de dimensions appropriées pour lui donner la forme des parties manquantes du vase (col ou bord).

Avec des bandes fixées sur la poterie, on peut faire une sorte de lacs dont on bouche ensuite les trous avec de la pâte. Il est facile de modifier la forme après durcissement en enduisant la surface d'un peu d'acétone, qui ramollit la matière et lui rend ses qualités plastiques. Pour combler les lacunes de faible étendue, on peut utiliser un moule de plasticine recouvert d'une mince couche de polythène, comme pour le travail du plâtre. On évitera de faire en une seule fois une réparation trop épaisse, car le solvant s'évaporerait en surface seulement et le fond ne durcirait pas. Une dernière couche de pâte ajoutée en surface permettra de compenser la contraction consécutive de l'évaporation du solvant.

La décoration peut être imprimée ou moulée. Pour les poteries à paroi mince, on roule la pâte en bandes qu'on laisse durcir par évaporation; on coupe ensuite ces bandes à la dimension souhaitée et on les réchauffe sur une plaque chauffante réglée par un thermostat. Quand elles deviennent malléables (il suffit de quelques secondes), on leur donne la forme voulue, d'après un dessin ou sur un moule, puis on les laisse refroidir et on les insère dans la lacune en se servant d'un adhésif pour en fixer les extrémités à la poterie. Les interstices entre les bandes sont comblés avec de la pâte. Cette méthode permet de reconstituer sans difficulté des vases à paroi mince et les bandes n'ont plus à être façonnées après leur mise en place. Si la surface de la poterie est très lisse, on peut poser la pâte très légèrement en retrait et la recouvrir d'un enduit de plâtre.

PEINTURE DES POTERIES

Le choix de la peinture à utiliser dépend forcément du genre de surface qu'on veut obtenir. Pour les surfaces mates, les peintures à la colle, les détrempe et les peintures en poudre conviennent parfaitement. Pour les surfaces brillantes, le mieux est d'employer des peintures à l'huile ou à base d'émulsions acryliques.

Avant d'appliquer les couleurs, il est bon de déterminer exactement dans quelle mesure les parties reconstituées doivent se rapprocher de l'original. En règle générale, le travail de rénovation ne doit pas se voir à distance (disons 2 mètres) mais doit se distinguer nettement de près, à une cinquantaine de centimètres. Cependant, les conservateurs sont loin d'être tous d'accord sur ce point, les uns voulant que les parties reconstituées soient pratiquement invisibles, les autres préférant leur laisser la teinte de la matière employée, sans coloration ultérieure.

VERRE

CONSERVATION

Les verres anciens étaient fabriqués à partir de silice (oxyde de silicium), de fondants ou modificateurs du verre (oxydes de sodium, de potassium et de calcium) et de colorants. Si la proportion de fondants était excessive, ce qui arrivait souvent, ils ne se combinaient pas — ou se combinaient très imparfaitement — à la silice. Dans une atmosphère où le degré d'humidité dépassait 40 %, ces fondants se transformaient en hydroxydes solubles et des gouttes d'eau se formaient à la surface du verre, où leur combinaison, avec l'anhydride carbonique de l'air donnait des carbonates. Or le carbonate de potassium absorbe la vapeur d'eau atmosphérique, à moins que l'humidité relative ne soit très faible et c'est ainsi que certains verres « transpirent ». Le seul traitement possible est de les conserver dans un endroit où l'humidité relative soit inférieure à 40 % (Organ 1956-57). Cette « transpiration » du verre ne fait qu'empirer si l'on enduit la surface de laque; aucune laque n'étant absolument étanche à la vapeur d'eau, le verre continuera à se désintégrer sous la couche de laque jusqu'à effritement complet.

Il ne faut pas confondre ce phénomène de « transpiration » avec la dévitrification. Dans ce cas, la surface du verre subit une cristallisation partielle et se détache souvent en écailles, ce qui produit normalement des effets chromatiques. On peut la consolider au moyen d'une solution diluée d'acétate ou

d'alcool de polyvinyle. Mais presque toutes les laques jaunissent en vieillissant et on en est réduit à choisir de deux maux le moindre: l'écaillage de la surface non traitée ou une légère altération de la couleur.

RÉPARATION ET COMPLEMENT
DES LACUNES

La manière de recoller le verre brisé est identique à celle que nous avons décrite plus haut pour les poteries, sauf que les adhésifs à base de cellulose ne conviennent guère; dans l'ensemble, ce sont les résines époxy qui donnent les meilleurs résultats.

Il est extrêmement difficile de remplacer convenablement les parties manquantes et le perfectionnement des techniques actuelles exigerait d'importants sacrifices de temps et d'argent. Il y a, en gros, pour le moment, deux façons d'aborder le problème: on peut soit découper dans une feuille de plastique façonnée d'avance des pièces de forme et de dimensions convenables, soit couler une matière plastique fluide dans les lacunes à combler. Dans le premier cas, la pièce découpée dans une feuille de Perspex sera légèrement chauffée pour pouvoir prendre la courbure voulue, puis fixée à l'aide d'un adhésif. Dans le second cas, on emploie généralement les acrylates de moulage fabriqués pour la prothèse dentaire. Wihr (1963) a publié un bref exposé de cette méthode.

BIBLIOGRAPHIE

- ORGAN, R. M. 1956-1957. *Museums journal* (London), vol. 56, p. 265.
 WIHR, R. 1963. Repair and reproduction of ancient glass. In: THOMSON (ed.): *Recent advances in conservation*, London, Butterworths.

La conservation des spécimens entomologiques en climat tropical

INTRODUCTION

Il est généralement plus difficile d'assurer la bonne conservation des collections d'insectes sous les tropiques que dans les climats tempérés. Les obstacles sont nombreux, surtout si l'on souhaite garder les spécimens épinglés et étalés. En raison de l'humidité et de la chaleur qui règne dans la plupart des régions tropicales, il est malaisé de protéger les collections montées à sec contre les moisissures et les insectes prédateurs; aussi est-il souvent préférable de conserver les spécimens dans des liquides.

S'il s'agit de collections qui doivent rester dans les pays tropicaux, les méthodes de conservation seront choisies en fonction de l'utilisation future des spécimens (étude, exposition ou échange). Si l'on se propose, au contraire, d'expédier les collections vers une destination lointaine, il est indispensable de les emballer efficacement et cette considération pourra déterminer l'adoption de telle ou telle méthode de conservation.

Dans tous les cas et quelles que soient les précautions prises ultérieurement, le premier traitement appliqué aux spécimens au moment de leur capture est de la plus haute importance. Aussi les pages suivantes seront-elles consacrées à une étude détaillée de cet aspect de la conservation des insectes.

TRAITEMENT DES SPÉCIMENS SUR LE TERRAIN

Spécimens destinés à être expédiés dans les pays tempérés

Les membres d'expéditions scientifiques ou de personnel de recherche venus des régions tempérées pour travailler dans les pays tropicaux devront souvent prendre des précautions particulières. Il sera possible d'expédier certains spécimens par avion immédiatement après leur capture; dans d'autres cas, d'inévitables délais obligeront l'entomologiste à prendre les mesures nécessaires pour préserver les spécimens d'une détérioration rapide toujours possible. Il s'agit principalement de protéger les collections montées à sec contre les moisissures et les insectes nuisibles et d'empêcher, dans les collections liquides, toute évaporation, fuite ou contamination. Dans un cas comme dans l'autre, on fera le nécessaire pour éviter que les collections soient endommagées pendant le transport (écrasement, chocs, etc.). On sera peut-être surpris d'apprendre qu'un colis expédié par avion et dûment étiqueté risque néanmoins d'être manipulé brutalement ou même déplacé à coups de pied, ou encore d'être enfoui sous une pile de boîtes, de malles ou de sacs pesants, malgré les inscriptions indiquant que le colis est fragile et ne doit pas être placé à l'envers. Les mêmes précautions seront nécessaires pour l'emballage des collections expédiées

par bateau. Il arrive qu'au moment du déchargement les grues laissent choir leur fardeau d'une hauteur de 1 ou 2 mètres sur le béton des quais; les accidents encore plus graves qui se produisent parfois permettent de mesurer toute l'importance d'un emballage bien fait.

Lorsqu'on expédie des collections d'insectes non préparés, montés à sec (ce qui constitue souvent le mode d'expédition le plus pratique), il convient d'emballer les petites boîtes de métal ou de carton contenant les spécimens dans des cartons de plus grandes dimensions, ou de les caler en les enveloppant dans du papier. Ces paquets sont à leur tour placés dans des boîtes en bois ou en carton très solides, matelassées de quelques couches d'une substance qui absorbe les chocs. Ce rembourrage peut être constitué par de la paille de bois, d'ouate de cellulose («cellucoton») ou même des journaux en tampons ou découpés en bandes froissées (ne jamais utiliser de matières végétales — paille de riz ou herbe par exemple — qui perdent rapidement leur élasticité).

Lorsqu'on expédie des spécimens conservés dans de l'alcool (70-75 %), de la formaline ou un autre liquide, chaque flacon doit être convenablement bouché et protégé par un double emballage de papier et d'ouate de cellulose. On pourra ensuite emballer de la sorte des lots de flacons de même taille qui seront placés dans des boîtes métalliques de dimensions appropriées. Ces boîtes seront alors soit soudées, soit placées dans d'autres boîtes soudées, pour empêcher toute évaporation. Ces dernières seront finalement empaquetées dans des emballages de carton et placées dans des caisses en bois matelassées d'une épaisse couche de carton ondulé, ou de toute autre substance propre à amortir les chocs au cours du transport. Il convient d'ouvrir de tels colis dès leur arrivée à destination, surtout s'ils ont longtemps séjourné dans la cale d'un navire, car si la boîte est rouillée ou percée, il y a toujours une certaine évaporation. Au

moment du déballage de collections de ce genre, il faut vérifier que les étiquettes n'ont pas été effacées, décolorées ou endommagées et les remplacer s'il y a lieu. On empêche l'évaporation en plaçant les flacons dans des bocaux contenant un liquide approprié. Il est d'autre part préférable de remplacer les bouchons de caoutchouc ou de liège par des bouchons de coton, étant donné que le liège a tendance à noircir et à se détériorer et le caoutchouc à s'amollir en emballage double, alors que le coton ne s'altère pas.

*Spécimens destinés à être conservés
dans les régions tropicales*

Quand une collection doit rester dans les régions tropicales, le transfert des spécimens du terrain au musée exige parfois des précautions semblables à celles que l'on prend pour les expéditions plus lointaines, surtout si la collection voyage en l'absence de l'entomologiste. Les températures élevées et l'humidité considérable du climat tropical obligent à prendre des précautions particulières jusqu'à ce que les nouvelles collections se trouvent enfin dans des conditions de conservation propres à réduire ou à éliminer les risques de pertes dues aux moisissures, aux insectes nuisibles ou à d'autres agents destructeurs. Pour les collections montées à sec, il faudra se procurer des boîtes appropriées et faire un grand usage de produits insectifuges ou fumigatoires. A défaut de ces précautions, il sera indispensable d'assurer le séchage continu des spécimens par une source de chaleur artificielle ou par climatisation de l'air. On diminue les risques de pertes dues aux moisissures, etc., en plaçant autant d'espèces que possible dans des préservatifs liquides, mais cette méthode présente certains inconvénients: les spécimens ainsi conservés se prêtent moins facilement à l'étude et au classement, qu'il s'agisse de les préparer ou de les exposer; d'autre part, les bocaux nécessaires à la

conservation dans des liquides étant relativement plus volumineux que des boîtes, leur utilisation entraîne des dépenses d'entretien plus considérables que dans le cas de la conservation à sec.

En outre, les données inscrites sur les étiquettes des collections en liquides sont en général d'une lecture beaucoup plus difficile, à moins que l'on augmente considérablement la place allouée à chaque spécimen.

MÉTHODES DE CONSERVATION

Montage à sec

En règle générale, les divers insectes capturés au filet, à la brosse ou à la main sont tués, dans des bocaux prévus à cet effet, par des vapeurs toxiques telles que les vapeurs d'acide cyanhydrique, obtenues en déposant du cyanure de potassium au fond du bocal ou du tube utilisé. L'humidité nécessaire à la production de gaz est fournie par le corps des insectes eux-mêmes, mais il faudra parfois ajouter une goutte d'eau au début de l'opération. L'acétate d'éthyle (éther acétique) est un autre produit toxique qui présente de nombreux avantages sur le cyanure; on laisse tomber au fond du tube un morceau d'ouate de cellulose ou de papier imprégné d'un peu de ce liquide, qui s'évapore alors rapidement et tue les insectes. Quand tout le liquide s'est évaporé, on en ajoute une goutte ou deux. L'acétate d'éthyle a l'avantage de provoquer une moindre crispation que le cyanure chez les spécimens, ce qui diminue les risques de fragmentation des insectes pendant leur transport ou au moment de la préparation des collections. Ce produit protège en outre les spécimens contre les moisissures pendant une longue période. Comme il s'agit d'un liquide, diptéristes et lépidoptéristes évitent de l'utiliser, mais il est possible de tuer les mouches et les hétérocères sans les mouiller si l'on prend soin d'assécher le flacon ou le tube à l'aide d'une couche

suffisamment épaisse de papier cellulosique. Quels que soient la méthode et le flacon utilisés, une exposition excessive à la chaleur provoque le plus souvent une détérioration du contenu, notamment par condensation de l'humidité. Ce phénomène ne présente pas toujours d'inconvénient dans le cas des coléoptères et d'autres gros insectes, mais il faut vider le récipient fréquemment et éviter d'y introduire trop d'insectes à la fois quand on se propose de tuer à l'acétate d'éthyle des spécimens fragiles ou aux ailes délicates.

Il faut préparer les collections sur le terrain peu après la capture des insectes et y consacrer le temps nécessaire, car le montage des spécimens demande beaucoup plus longtemps que leur capture. Les insectes que l'on veut monter à sec doivent, dans la mesure du possible, être étalés immédiatement, si l'on veut éviter d'écraser le corps ou de briser les appendices de certains spécimens. L'amollissement des insectes à l'aide de sable humide (contenant un fongicide) dans un récipient fermé, ou à l'aide de vapeur d'eau ou d'eau tiède, ne donne jamais de résultats aussi sûrs. Le montage des lépidoptères et d'autres insectes dont il faut étaler les ailes doit se faire sans délai. De façon générale, le montage est une opération qui ne peut attendre et les spécimens doivent être suffisamment bien séchés par des moyens artificiels au cours de la préparation pour que l'humidité atmosphérique ne provoque aucun amollissement ultérieur.

Les spécimens conservés à sec dont le montage sera assuré ailleurs que sur le terrain doivent être soigneusement rangés entre des couches d'ouate de cellulose ou dans des boîtes en carton. Il est déconseillé de placer des insectes de dimensions et de poids différents dans la même boîte. Il ne faut pas non plus placer un grand nombre de spécimens différents côte à côte en une même couche; chaque couche doit au contraire être composée d'insectes de même type et de mêmes dimensions. On évitera, par

exemple, de mélanger coléoptères et hétérocères ou coléoptères et névroptères. De même, on ne doit pas ranger dans la même boîte des spécimens provenant de milieux écologiques différents. L'entomologiste doit se munir d'une série de boîtes, petites et grandes, pour pouvoir ranger séparément les insectes de tailles différentes. Les produits fongicides sont évidemment de la plus haute importance. Chaque récipient doit contenir un fongicide, des paillettes ou des cristaux de naphthaline ou d'une substance analogue. En règle générale, les spécimens tués à l'acétate d'éthyle, séchés artificiellement et protégés par une quantité suffisante de naphthaline, sont à l'abri des moisissures. Il existe cependant des fongicides plus actifs que la naphthaline; nous en mentionnerons quelques-uns ici. Le paradichlorobenzène est excellent, mais se volatilise plus rapidement et ne permet pas d'assurer une conservation prolongée des spécimens. Il ne faut pas combiner le paradichlorobenzène et la naphthaline, car ces deux produits forment un mélange déliquescant dans les climats humides. Le chlorocrésol est un bon préservatif général des spécimens conservés à sec, qu'il protège assez efficacement contre les moisissures. La créosote de hêtre est un liquide qui assure très efficacement la protection des collections contre les moisissures et les insectes, mais doit être employé en petites quantités seulement (sur la face interne du couvercle de la boîte) dans le cas de spécimens piqués, étant donné qu'il a tendance à attaquer le métal des épingles.

Il nous faut enfin parler des pièges. Les spécimens capturés dans les pièges lumineux, les pièges de Malaise et autres (Gressitt et Gressitt, 1962; Oldroyd, 1950; Peterson, 1934) sont généralement montés à sec, mais il arrive qu'on y récolte des insectes de types et de tailles très variés, et même des araignées et des chenilles, qu'il faut ensuite trier. Certains des spécimens devront être conservés dans un liquide; d'autres, plus délicats, seront épinglés ou soigneusement

mis à part et rangés par couches. Il est possible de fabriquer des pièges lumineux conçus pour la conservation directe des spécimens dans de l'alcool. Ces pièges peuvent servir à la capture des diptères de très petite taille mais sont à déconseiller pour celle des hétérocères. Certains pièges de ce genre sont conçus pour séparer les hétérocères des autres insectes et permettent également d'utiliser des produits toxiques. Dans l'appareil de Berlese, l'entonnoir aboutit généralement dans un bocal d'alcool, mais on peut aussi utiliser de l'acétate d'éthyle, de l'eau ou même un récipient vide.

Conservation dans des liquides

Les insectes ou les acariens que l'on veut conserver dans des liquides seront de préférence tués dès leur capture dans de l'alcool éthylique à 70°. Pour certains types d'insectes, il faut ajouter à l'alcool divers produits (chloroforme, acide acétique, glycérine, etc.), qui servent principalement à empêcher les insectes de noircir, de se raidir, de rétrécir ou de se déformer. On désigne par les initiales K.A.A.D. un fixateur pour larves utilisé par beaucoup d'entomologistes. Il s'agit d'un mélange de kérosène (1 partie), d'alcool éthylique à 95° (7 à 10 parties), d'acide acétique glacial (2 parties) et de dioxane (1 partie) [Peterson, 1951]. On laissera les larves immergées dans le fixateur, d'une demi-heure à quatre heures selon leur taille, avant de les plonger dans l'alcool. Le K.A.A.D. et autres fixateurs du même genre sont corrosifs et ne doivent jamais être utilisés ou conservés dans des récipients comportant des parties métalliques exposées. Il est préférable de s'adresser à des spécialistes pour savoir quel produit convient le mieux à tel ou tel type d'insectes. Pour certains spécimens minuscules, tels que les collemboles, il pourra être nécessaire d'ajouter une dose d'éther pour trois doses d'alcool afin de permettre l'immersion complète des insectes en diminuant la tension superficielle. Un excellent

préservatif liquide, l'Isopropyl-Carnoy d'Ueshima, se prépare comme suit : alcool isopropyl à 98° (3 parties); acide acétique glacial (1 partie).

Par rapport à l'alcool éthylique, ce préservatif à l'avantage de conserver plus de souplesse aux spécimens. C'est un excellent fixateur des chromosomes et, contrairement au fixateur ordinaire de Carnoy, peut se préparer jusqu'à trois mois avant son utilisation. En cas d'urgence, l'alcool isopropyl à 70° qu'on vend partout comme alcool dénaturé, peut être utilisé seul et possède la plupart des qualités du mélange complet.

Il faut renouveler le préservatif liquide après un certain temps, car il risque d'être coloré, dilué ou affaibli. On doit s'assurer à ce stade du bon état des étiquettes et procéder à une nouvelle vérification quand les spécimens sont classés par groupe, définitivement rangés dans des bocaux ou mis à part aux fins d'étude. Si l'on a conservé des espèces différentes dans le même liquide, il faut vérifier que les spécimens n'ont pas été endommagés pendant leur conservation ou au cours du transport. Les insectes seront triés aussitôt que possible et en tout cas avant d'avoir eu le temps de durcir, de changer de couleur ou d'être écrasés ou éraflés; cette remarque vaut particulièrement pour les spécimens recueillis à l'aide de l'appareil de Berlese, car ils peuvent se trouver mélangés à du sable et à d'autres débris qui risquent de les abîmer. Lorsque les spécimens conservés dans les flacons sont enfin placés dans les bocaux de préservatif destinés aux musées, il est conseillé d'utiliser des joints de néoprène et non de caoutchouc, pour réduire l'évaporation.

Montage de préparation sur lamelle

Les pièces destinées à être montées sur des lamelles porte-objet devront parfois être conservées dans des liquides spéciaux, et le montage se fera peu de temps après le traitement des spécimens. Les acariens et

certaines autres insectes, par exemple, seront nettoyés à la lactophénine tiédie (20 ml de phénol, 20 ml d'acide lactique, 60 ml de glycérine et 20 ml d'eau) ou dans un autre liquide approprié avant d'être examinés ou montés sur lamelle porte-objet.

Les spécialistes ont chacun leur préférence quant au produit qui se prête le mieux au montage des préparations sur lamelle. Le baume du Canada et l'euparal sont fréquemment utilisés et les produits de Hoyer et de Gater servent souvent pour le montage des acariens ou des diptères de petite taille; mais toutes ces substances ont leurs inconvénients. L'épaisseur de la préparation a une importance critique. Si la couche est très épaisse, la substance peut s'obscurcir avec l'âge jusqu'à devenir opaque. Au bout d'un certain nombre d'années, une couche épaisse de baume du Canada peut rendre l'examen difficile, et la préparation de Hoyer (eau distillée, 50 ml; hydrate de chloral, 200 g; glycérol, 20 ml; gomme arabe, 30 g) est utile pour les montages provisoires. Dans certains climats humides, la préparation de Gater peut s'opacifier complètement, notamment dans les régions où l'humidité et la température varient considérablement selon les saisons. On assure une protection plus durable et une plus grande stabilité de la préparation en haussant le support du couvre-objet jusqu'au niveau supérieur du spécimen à l'aide de rondelles de papier superposées et en scellant les bords extérieurs des lamelles. Il importe de sécher soigneusement les lamelles après le montage (en les plaçant pendant plusieurs jours dans un four à 55 °C environ) et de sceller la lamelle couvre-objet avec un liquide approprié (« zut slide ringing compound » par exemple). Ces précautions empêchent les lamelles couvre-objet de se détacher si les préparations, au cours d'un transport ou d'un emmagasinage, ne reposent plus à plat.

Certains auteurs (Grandjean, Balogh et Sengbush) ont souligné qu'il faut éviter de monter définitivement les oribatidés entre

Animaux « hôtes »

B. P. Bishop Museum. Honolulu. Hawaii

| N° du BBM | Localité | Hôte | Date | Collec- teur | Sexe | Long. totale (mm) | Queue (mm) | Patte arrière (mm) | Oreille (mm) | Tragus (mm) | Avant- bras (mm) | Notes |
|--------------|----------|------|------|-----------------|------|-------------------------|---------------|--------------------------|-----------------|----------------|------------------------|-------|
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Ectoparasites

B. P. Bishop Museum, Honolulu, Hawaii

| N° du BBM | Localité | Hôte | Date | Collec- teur | Mites | | | Tiques | | | Puces | Poux | Mouches | Divers/Notes |
|--------------|----------|------|------|-----------------|-------|---|---|--------|---|---|-------|------|---------|--------------|
| | | | | | N | B | E | U | H | E | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fig. 42. Exemple de fiche signalétique pour la collecte de spécimens entomologiques.

lamelles scellées et qu'il est préférable de les conserver dans des flacons d'alcool ou d'autre liquide approprié.

COLLECTIONS SPÉCIALES

Il est recommandé de recueillir pour la plupart des espèces les données écologiques pertinentes et notamment celles qui se rapportent aux hôtes: animaux vertébrés, tels que mammifères, oiseaux, reptiles ou batraciens; insectes de divers groupes; nids; plantes ou substances végétales. Quand les circonstances le permettront, on conservera les insectes et leurs hôtes dans les mêmes récipients; dans les autres cas, on les identifiera grâce à des numéros attribués sur le terrain. On notera également dans un carnet diverses observations utiles: nombre d'insectes recueillis, espèces d'hôtes, localité et renseignements connexes, habitat de l'hôte, mesures et autres données pertinentes (fig. 42).

Si les hôtes sont des mammifères, la préparation consistera à dépouiller et à étiqueter les spécimens, dont le crâne, une fois séché, recevra un numéro de référence particulier. Certains petits mammifères, tels que les chauves-souris, peuvent être conservés entiers dans de l'alcool ou de la formaline. Cette méthode permet à l'entomologiste de récolter les parasites qui lui auraient échappé au moment du premier examen et de rechercher plus tard les endoparasites de l'animal. Il faut avoir soin de percer la cavité abdominale en plus d'un point pour assurer une bonne conservation des organes internes. Cette méthode peut également s'appliquer aux oiseaux, mais risque de gêner les études ultérieures. On pourra conserver les oiseaux de petite taille dans un liquide, en prenant les mêmes précautions que pour les mammifères. Lorsque l'hôte est un oiseau, il sera mesuré, étiqueté et dépouillé et l'on ne conservera que le crâne, les pattes et les os de l'extrémité des ailes. Même si l'on se propose de conserver le corps entier de l'hôte dans un

liquide, il faudra commencer par rechercher les ectoparasites, car ceux-ci pourraient se détacher de l'animal au cours de son transport dans le liquide préservatif, ce qui rendrait impossible toute localisation ultérieure des parties du corps de l'hôte auxquelles s'attaque tel ou tel parasite. Or ce genre d'information peut revêtir une importance considérable pour l'écologie comparée de différents parasites et l'étude des maladies qu'il transmettent.

Les reptiles et les batraciens sont le plus souvent conservés dans de l'alcool ou de la formaline, mais on ne prélève généralement que certaines parties de l'organisme. Il est évident que c'est en examinant attentivement le corps de l'animal hôte immédiatement après la mort que l'entomologiste obtiendra la meilleure récolte d'ectoparasites.

PIÈGES

On préférera, pour la chasse aux ectoparasites, des pièges consistant en une cage équipée d'une porte à ressorts permettant de prendre les animaux hôtes vivants. Les assommoirs qui tuent leur capture ne sont pas aussi efficaces, car beaucoup de parasites abandonnent l'animal hôte après sa mort et, dans les basses terres, les fourmis s'attaquent au cadavre. Certains animaux, cependant, ne pénètrent jamais dans les cages piégées et ne peuvent être capturés qu'avec des assommoirs. Ces pièges peuvent également être utilisés sur les hautes terres (à partir de 2 000 mètres d'altitude) où les cadavres ne sont pas attaqués par les fourmis et se décomposent moins rapidement. Il est d'usage de poser et d'appâter les pièges dans la soirée et d'aller chercher les spécimens au petit matin. On place les pièges dans les endroits les plus propices, à proximité des terriers ou des nids, au pied des arbres, au voisinage de branches ou de troncs abattus, ou sur ceux-ci, etc.; si l'on cherche à capturer des mammifères arboricoles, il faut aussi fixer quelques pièges sur des branches horizontales. Si l'on utilise un grand nombre de

pièges, on les disposera plus ou moins au hasard sans se préoccuper des pistes et des nids.

COMMENT TUER LES ANIMAUX DE PETITE TAILLE

La meilleure façon de tuer les animaux de petite taille dont on veut récolter les ectoparasites est d'utiliser un liquide organique tel que l'acétate d'éthyl, le chloroforme ou l'éther diéthylique. L'emploi de vapeurs de cyanure est à déconseiller. Placer un ou plusieurs animaux, enfermés dans des sacs de tissu propre, dans un grand sac de plastique épais contenant un morceau d'ouate imbibé du liquide toxique, qui provoque l'asphyxie de l'animal hôte et tue ou anesthésie ses parasites.

On peut également tuer les animaux de petite taille en leur comprimant le thorax au-dessus du cœur pendant au moins 30 secondes après les avoir retirés du piège et placés dans un sac de tissu. Il est indispensable que chaque animal soit placé dans un sac différent, et que les parasites ne puissent passer d'un animal hôte à un autre. Les sacs de tissu doivent toujours être parfaitement propres et il ne faut jamais les réutiliser sans les avoir au préalable soigneusement lavés et séchés. On veillera à ce que le cordon du sac soit suffisamment serré pour que ni le mammifère, ni ses parasites ne puissent s'échapper.

RÉCOLTE ET PRÉPARATION DES ECTOPARASITES

Si l'animal hôte a été tué au chloroforme, ses ectoparasites sont immobilisés, mais, s'il a été étouffé à la main selon la méthode indiquée ci-dessus, les ectoparasites ont conservé toute leur mobilité. Il faut aussitôt frotter le cadavre avec soin (de préférence sans le sortir du sac) avec de l'ouate imbibée d'éther ou de chloroforme pour anesthésier les ectoparasites. On pourra récolter ceux-ci en battant, en secouant et en peignant le

cadavre de l'animal hôte, et en examinant ses oreilles, ses cavités nasales, etc., ainsi que le sac (ou tout autre réceptacle utilisé). Lorsque les parasites recherchés sont des puces, des hippobocidés, des streblidés, des gamasidés ou d'autres ectoparasites agiles, il faut prendre toutes les précautions utiles pour empêcher qu'ils ne s'échappent. Lorsqu'on détache les tiques de la peau de l'hôte, il faut veiller à ne pas endommager leurs pièces buccales qui ont une grande importance pour les études systématiques. Une application d'essence de térébenthine ou d'une autre huile essentielle, de teinture d'iode ou de solution de nicotine, etc., obligera les parasites à desserrer leurs rostrés pendant quelques minutes. Une autre méthode consiste à découper un petit morceau de la peau de l'hôte avec les tiques qui y sont fixées, et de le plonger dans une solution d'alcool peu concentrée. Mais la méthode la plus courante consiste à immobiliser le cou de l'hôte pour détacher délicatement le parasite. L'efficacité de toutes ces méthodes dépend de l'expérience et de la patience de l'entomologiste. Si l'on est à la recherche d'anoploures et de mallophages, on examinera soigneusement toute la surface de la peau de l'hôte recouverte de poils ou de plumes. Pour recueillir les colonies d'acariens qui vivent dans les oreilles et les cavités nasales des hôtes, il est préférable de ne pas chercher à détacher les parasites du corps, mais de découper les tissus où ils se sont fixés pour les conserver dans de l'alcool. On pourra d'ailleurs faire cette opération chaque fois qu'on se trouvera en présence d'une colonie d'acariens. Cette méthode permet non seulement de gagner du temps sur le terrain, mais aussi d'assurer une conservation parfaite des parasites. En plongeant directement tous les prélèvements de ce genre dans de l'alcool à 70°, on tuera les parasites anesthésiés ou actifs et leur conservation sera assurée.

Il est très important d'identifier l'occupant d'un nid, ou de toute autre construction

du même genre. Si le nid est vide, il faudra revenir.

LES « HÔTES »

Avant de collectionner les « hôtes », on devra bien connaître la situation locale en matière de conservation des espèces — règlements, espèces protégées, saisons où la chasse est interdite (si celle-ci n'est pas réglementée, on se renseignera sur la situation du moment, car un collectionneur avide pourrait porter atteinte à une espèce extrêmement rare sans s'en rendre compte). Il est d'ailleurs possible de recueillir la plupart des ectoparasites d'un mammifère ou d'un oiseau vivant et de le relâcher ensuite. On peut aussi faire des prélèvements dans la plupart des nids, pour récolter les parasites à l'aide de l'appareil de Berlese, en remplaçant les matériaux qu'on emporte par des matériaux similaires, sans bouleverser le milieu où vit l'animal.

Pour identifier avec précaution la plante hôte d'un insecte donné, il convient de la cueillir et de la traiter comme un spécimen d'herbier. La plante recevra un numéro qui sera également attribué aux insectes récoltés. On notera aussi les principales données relatives aux plantes récoltées. Dans les régions mal connues des botanistes, on recueillera plusieurs spécimens de chacune des espèces végétales, au cas où il s'agirait d'une plante nouvelle, rare ou difficile à identifier.

L'ÉTIQUETAGE

Il est indispensable d'étiqueter correctement tous les spécimens récoltés. Les spécimens incomplètement ou incorrectement étiquetés sont sans valeur et peuvent même être là une cause d'erreurs. On inscrira notamment sur les étiquettes les données suivantes: pays ou île; région; localité et lieu précis de la capture; distance de la ville la plus proche, s'il s'agit d'un lieu peu connu; altitude en mètres; milieu;

habitat ou hôte; dans certains cas, méthode et date de récolte; nom de l'entomologiste. Il sera parfois nécessaire de recueillir, pour certaines espèces, un spécimen complet de l'hôte avec les données qui s'y rapportent. Il importe d'autre part que l'entomologiste qui a recueilli des insectes sur une plante sépare les spécimens dont il a pu constater qu'ils se nourrissaient effectivement de la plante en question de ceux qui ne faisaient que s'y trouver.

La confection des diverses étiquettes utilisées dans les musées des pays tropicaux exige les plus grands soins. Les inscriptions seront très lisiblement imprimées ou écrites à l'encre de Chine ou avec une autre encre indélébile, sur du papier pur chiffon, et il faut s'assurer que les étiquettes destinées à séjourner dans des liquides ont eu le temps de sécher complètement avant d'y être plongées.

Il ne suffit pas de coller ou d'attacher les étiquettes à la surface extérieure des bocaux et des flacons, car elles risqueraient de se détacher pendant le transport ou d'être mangées par des prédateurs. En outre, celles qui sont fixées sur des bocaux, des cartons vitrés ou des boîtes risquent d'être endommagées par les thysanoures, les blattes ou d'autres insectes nuisibles, surtout si elles ont été souillées de sueur au cours des manipulations. La sueur peut d'ailleurs causer à elle seule une décoloration des étiquettes, en l'absence de tout insecte prédateur.

Sous les tropiques, les plateaux contenant les boîtes d'insectes doivent être rangés dans des vitrines abondamment garnies de naphthaline, de préférence dans des pièces climatisées. Les flacons doivent toujours être placés dans des bocaux protecteurs contenant un liquide.

BIBLIOGRAPHIE

- GRESSITT, J. L.; GRESSITT, M. K. 1962. An improved Malaise trap. *Pacific insects*, vol. 4, p. 87-90, 2 fig.
- OLDROYD, Harold. 1950. *Collecting, preserving and studying insects*. London, Hutchinson. 327 p.
- PETERSON, Alvah. 1934. *A manual of entomological equipment and methods*, pt. 1. Michigan, Edwards Bros. 21 + XIII p., 138 pl., 12 tableaux.
- . 1951. *Larvae of insects*, pt. 1. Michigan, Edwards Bros. 315 p., nombreuses figures.
- SENGBUSCH, H. G. 1963. Method recommended for the preparation and culture of Oribates. *Advances in acarology*, vol. 1, p. 81-190. (Cornell Univ. Press.)
- SZENT-IVANY, J. J. H. L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre (chapitre 4 du présent ouvrage).
- UESHIMA, N. 1963. New techniques in cytotaxonomy. *Chromosome Information Service, (Tokyo)*, vol. 4, p. 17-18.

- 10a Les problèmes de la conservation des monuments, par H. J. Plenderleith
- 10b Exemples de problèmes rencontrés *in situ*, par Paul Coremans
- 10c Exemples de sauvegarde de monuments en Inde, par T.R. Gairola

10a *Les problèmes de la conservation des monuments*

INTRODUCTION

Au sens strict, le terme « monument » désigne un ouvrage destiné à perpétuer le souvenir de quelque chose. Œuvre d'art, ou non, il peut être en pierre ou en un autre matériau, se trouver à couvert ou en plein air. Les monuments intérieurs sont traités dans d'autres chapitres sous la rubrique appropriée : pierre, bois, etc. Nous ne considérerons ici que l'ouvrage ou le monument exposé en plein air à toutes les rigueurs d'un milieu tropical et nous examinerons quelles mesures peuvent être prises pour retarder ou empêcher sa détérioration et assurer, dans la mesure du possible, sa préservation permanente.

Évaluation du patrimoine

Pour évaluer le patrimoine culturel, il faut opérer un choix et un classement, dresser la liste des pièces authentiques et intéressantes et établir entre les éléments un certain ordre chronologique. Les pièces sont parfois très dispersées, mais il faut connaître leur emplacement et en tenir un registre permanent de telle sorte que l'on puisse assurer leur protection physique par la loi. Ainsi, grâce à une étude savante, on en vient à reconnaître et à inventorier un noyau choisi de chefs-d'œuvre ou de « spécimens types » et à constituer une documentation photographique à leur sujet. C'est la première étape. La seconde correspond au traitement effectif qu'il peut y avoir lieu de pratiquer

pour les préserver matériellement. L'ampleur de la tâche est, bien entendu, très variable. Parfois nulle ou consistant en une simple surveillance, elle peut aussi entraîner d'importantes et complexes opérations de sauvetage et de réparation. Il s'agit donc d'abord de constituer un noyau, qui comprendra les plus beaux spécimens de la collection, de le protéger, le cas échéant par des dispositions législatives, et ensuite de prendre les mesures nécessaires pour le préserver matériellement.

Principes du traitement

La conservation des biens culturels exige une connaissance des matériaux et des structures et de leur réaction aux divers agents extérieurs qui tendent isolément ou conjointement à leur destruction. La chimie, la physique, la technologie et l'étude de l'architecture entrent ici en jeu, ainsi qu'un sens des valeurs artistiques et archéologiques. Ces considérations sont essentielles. Mais, aujourd'hui, il est rarement indispensable de faire appel à la science pure pour la conservation des biens culturels. Les laboratoires des musées et les architectes du monde entier ont déjà fait en ce sens un travail très important, qui a donné naissance à une nouvelle forme particulière de science appliquée. Des techniques qui répondent à la plus grande partie des besoins ont été mises au point et une très intéressante profession a ainsi pris naissance. Solidement fondée, bien entendu, sur la science, elle offre les

services d'un personnel spécialisé dans la conservation et dont la compétence dépend de l'ampleur de ses connaissances, de son talent et de son expérience. D'autre part, le restaurateur professionnel se distingue surtout par son intégrité, c'est-à-dire par l'honnêteté de ses efforts pour conserver tout ce qui est authentique sans introduire de matériaux ni utiliser de procédés qui pourraient risquer de faire ultérieurement confondre son travail avec l'œuvre d'art ou l'objet authentique dont il s'est occupé. Cette remarque s'applique aussi bien aux grands monuments dont il est question dans le présent chapitre qu'aux peintures et aux objets appartenant aux collections des musées. L'Unesco a ouvert une nouvelle voie (Daifuku, 1963)¹ lorsqu'elle a entrepris l'étude des besoins de la conservation dans les pays tropicaux, où les conditions sont très spéciales et les problèmes complexes. Pluies torrentielles des climats de mousson, prodigieuse croissance de la végétation, monuments engloutis dans des dunes de sable mouvant ou bien s'effondrant sous des charpentes ou des murs croulants, quelles que soient l'originalité et la difficulté particulière de ces conditions, la nécessité fondamentale de la conservation demeure incontestée, même s'il faut adapter les remèdes aux circonstances.

Les dangers de l'exposition aux intempéries

On peut classer les monuments selon la mesure où ils sont menacés par les éléments : monuments exposés, monuments protégés et monuments mis à l'abri dans des musées. Avant d'aborder le problème de la réparation et de la restauration proprement dites, il est bon de rappeler que la première chose à faire, le soin le plus urgent à donner à un monument exposé est quelquefois de le protéger soit par une forme quelconque d'écran naturel ou d'abri artificiel, soit même en le transportant en un endroit plus sûr. Ce principe est fondamental pour la préservation des monuments.

Les monuments extérieurs sont soit des ouvrages simples et dégagés (stèles, rochers sculptés, figures, colonnes), soit des constructions (lanternes, portes, arcs), soit même des bâtiments complexes (pagodes, stupas, temples). Quelle que soit leur nature, les fondations sont de première importance et il faut s'assurer qu'elles sont consolidées et protégées dans toute la mesure du possible contre les infiltrations d'eau. L'eau est une des grandes causes de dégâts non seulement pour les fondations, mais aussi pour les superstructures. Toutes les pierres se détériorent lentement lorsqu'elles sont continuellement exposées, soit à une humidité capillaire venant du sol ou à de grosses pluies d'orage occasionnelles. L'eau emporte la matière soluble des pierres et, en s'accumulant dans les fissures, les brise. Pendant les orages, la pluie se charge d'acide nitrique qui dissout les carbonates. Les formes les moins évoluées de la vie végétale poussent sur les pierres brisées, meurent pendant la saison sèche et prolifèrent à nouveau en donnant un humus sur lequel pousse une végétation plus évoluée. Les animaux se nourrissent de cette végétation ; ainsi l'homme est-il parfois lui-même une cause de destruction lorsqu'il ne pense pas à empêcher la végétation de se répandre. Cependant, l'élément commun à tous ces agents de détérioration est la présence et l'action de l'eau.

Le monument exposé doit donc être, dans toute la mesure du possible, protégé de l'humidité. Comment ? Nous examinerons d'abord par quels moyens on peut protéger un pavement, puis un ensemble caractéristique comme un mur. De là, on peut déduire les méthodes à appliquer pour des constructions plus complexes.

1. Voir aussi dans *Museum*, vol. III, n° 1, 1950, le texte intégral de la monographie *Monuments et sites*, qui contient les recommandations d'un comité d'experts réuni à Paris, en octobre 1948, pour examiner les problèmes relatifs à cette question.

FONDATEMENTS ET PAVEMENTS

La première chose à faire pour la conservation d'un monument situé en climat tropical, c'est d'examiner les fondations: il faut étudier la configuration du terrain, la nature du sol, l'écoulement des eaux et s'assurer que les eaux d'inondation seront aisément évacuées. Si le monument est un bâtiment avec revêtement du sol — ou même, s'il s'agit simplement d'une mosaïque ou d'un pavement à tesselles — il suffira de taper du pied pour déceler des vides éventuels. Il faut inspecter de près toute fissure de la mosaïque ou du revêtement; de même, les tesselles branlantes sont révélatrices. La seule solution en pareil cas peut être de soulever la mosaïque et de réparer les fondations. Si les bases sont peu sûres et qu'un affaissement semble probable, il faut tasser le sol avec des éclats de pierre et du béton avant de replacer la mosaïque. On aurait tort de refaire les fondations en mortier d'argile, car elles joueraient sous l'action de la pluie et des fissures réapparaîtraient très vite.

La méthode adaptée pour soulever un pavement de mosaïque peut se résumer de la façon suivante:

1. Nettoyer la surface de la mosaïque afin de faire apparaître le dessin en employant une brosse métallique et, au besoin, une spatule de peintre dont on aura arrondi les angles.
2. On se borne généralement à déplacer en une fois des surfaces de pavement de 60 cm² à 1 m². Découper selon des lignes droites choisies en fonction de la décoration et délimiter la région voulue en retirant une rangée de tesselles et en découpant le mortier dans toute son épaisseur.
3. Fixer sur la surface de la mosaïque ainsi nettoyée une toile de jute à grosses mailles en utilisant une forte colle animale, à laquelle on peut ajouter un peu de farine si l'on a lieu de penser qu'il faudra rouler la mosaïque. Mais, si

possible, mieux vaut éviter cette opération.

4. Glisser des lames de 60 cm de longueur entre le lit de mortier et les fondations de pierres tassées (et non pas entre les tesselles et le mortier!); en pesant de côté sur ces leviers, libérer progressivement la région voulue.
5. Renverser l'ensemble sur un panneau afin que la surface de la mosaïque puisse reposer à plat.
6. Nettoyer le revers et le faire prendre dans un mortier ordinaire très fort ou, si le sol a tendance à être humide, dans un mélange de 30 % de ciment de Portland et 70 % de sable liant.

Il est à noter que, lorsque le sol est entièrement recouvert de pavés ou de briques, ou rendu imperméable à l'humidité par un autre procédé, cette humidité aura tendance à remonter le long des murs adjacents à moins qu'on ne ménage un espace dans le revêtement là où il rejoint les murs; ce peut être une étroite tranchée où l'on tassera un agrégat qui sera recouvert d'une surface poreuse.

MURS

Couche hydrofuge

Après le problème primordial de la solidité des fondations, il faut considérer celui de l'étanchéité des murs. Pour assurer cette étanchéité, il est souvent très utile d'introduire à la base une couche hydrofuge invisible, en se servant de matériaux qui formeront une barrière imperméable et combattront les effets de l'action capillaire par laquelle l'eau s'infiltré dans les matériaux poreux et progresse vers le haut. On peut souvent se procurer sur place les matériaux hydrofuges nécessaires. Le maçon pensera normalement à l'ardoise, au goudron, à la poix, au bitume ou à l'asphalte, ou encore à une feuille de plomb ou de cuivre encastrée dans du ciment de Portland. Mais si l'on est en présence d'un sol salin, il faudra enduire

entièrement la feuille de plomb de gomme laque avant de la mettre en place. Il faudra évidemment, d'autre part, éviter d'entasser la terre à l'extérieur des murs au-dessus du niveau de la couche hydrofuge sous peine de réduire beaucoup l'effet de celle-ci.

Sommet des murs, toits et gouttières

L'imperméabilisation par le haut est également importante, mais il est inutile de vouloir l'obtenir en recouvrant, par exemple, le haut d'un mur de mortier au ciment. Le mortier finit par se craqueler et se détacher en plaques, en laissant les joints exposés. Le résultat sera beaucoup plus satisfaisant si l'on peut insérer discrètement quelques tuiles ou si l'on peut surmonter le mur d'un agrégat de ciment, en y incorporant peut-être quelques morceaux d'ardoise soigneusement disposés. S'il s'agit d'un immeuble, il faut prendre des dispositions pour l'inspecter régulièrement et s'assurer que les gouttières, caniveaux et égouts ne sont pas obstrués. Il faut prendre soin d'enlever les feuilles, les débris de nids d'oiseaux ou d'insectes, etc., et de vérifier, notamment, les joints entre la toiture et les murs, l'état des chaperons métalliques et autres détails.

Résistance à l'eau du mur lui-même

Reste le problème du mur lui-même. Sa surface est-elle suffisamment imperméable et l'enduit, s'il y en a, en bon état? Il est possible d'améliorer la qualité de ce dernier par le gobetage (voir plus bas) mais il faut se rappeler que l'enduit doit garder le même degré de porosité que la pierre elle-même, car si on le rend beaucoup plus dur et moins poreux, la pierre se trouvera exposée à une usure encore plus grande. Il est conseillé, par conséquent, d'étudier les diverses formules d'enduit ainsi que les techniques permettant d'enlever et de remettre en place une pierre ou une brique qui, pour une raison quelconque, s'est détériorée ou effritée.

Murs de soutènement

Quand on construit un mur massif destiné à étayer un terrain surélevé, l'eau qui s'écoule de ce terrain risque d'exposer la face interne du mur à une humidité bien plus grande que celle de la face externe, et il faut prévoir, dans ce cas, la construction de canaux d'écoulement ou la mise en place de briques creuses pour empêcher l'accumulation d'eau derrière le mur.

Il est courant de rencontrer un phénomène analogue dans les fouilles pratiquées dans un site urbain et, dans certains cas, il peut être prudent d'aplanir le terrain le plus élevé ou, du moins, de l'abaisser de telle sorte que la dénivellation ne soit pas trop forte. Le problème est particulièrement important quand le sol est riche en sels solubles, car, si l'on ne prend pas cette précaution, le mur se recouvrira d'une épaisse couche d'efflorescences salines qui hâtera beaucoup sa destruction.

DOMMAGES CAUSÉS PAR LES SELS SOLUBLES

Lorsque le sol contient de grandes quantités de sels solubles, ceux-ci risquent de causer plus de dommages à un monument que tout autre agent naturel.

Les sels proviennent de la décomposition de roches comme le feldspath et le gypse, et leur accumulation en certains endroits peut être due à la perméabilité relative du sol, à des inondations, voire à l'irrigation intensive de rizières voisines. En tout cas, ces facteurs ont pour effet d'élever progressivement le niveau de la nappe phréatique et de faire monter les sels jusqu'aux fondations du monument, où ils pénètrent ensuite par capillarité.

La frange capillaire située à la base d'un monument ainsi atteint n'est pas difficile à distinguer, car les parois sont dégradées et le plus souvent décolorées, la pierre est tendre et poudreuse, prête à s'écailler au

moindre contact. Lorsque l'humidité relative subit des variations importantes pendant la journée, les sels hygroscopiques montent beaucoup plus haut que la frange capillaire; les mouvements et les recristallisations incessants font alors de grands ravages dans les pierres poreuses et dans les briques. Un exemple classique est celui de Mohenjo Daro (Pakistan), où les sels saturent littéralement les briques jusqu'à 13 mètres au-dessus de la frange capillaire; les briques mal cuites se sont désagrégées à tel point qu'elles n'apparaissent plus, parfois, que sous forme de traces dans la poussière. Les briques surcuites (d'une couleur plus foncée) sont plus résistantes.

Méthodes suggérées pour le dessalement

Si l'état du monument est tel que la conservation soit possible du point de vue technique et économique, on pourra envisager de recourir aux méthodes suivantes :

1. Prendre toutes les mesures possibles pour faire baisser la nappe phréatique — par exemple, en creusant des puits tubés, des fossés d'écoulement ou d'assainissement (analogues à ceux qui sont utilisés en agriculture). A cette fin, il faut procéder à une étude minutieuse de la perméabilité du sol pour découvrir les zones où le drainage sera plus efficace. La culture du riz devrait être interdite à proximité du monument. Si la nature du sol le permet, on peut en revanche autoriser la culture d'arbres fruitiers, car elle favorise le drainage.
2. Éliminer les sels en procédant avec soin à une vaporisation d'eau douce, l'eau chargée de sels étant ensuite évacuée vers des zones d'assèchement situées assez loin du monument.

Le succès de ces opérations dépend évidemment de nombreux facteurs, et surtout d'une étude préliminaire approfondie et d'une évaluation minutieuse du problème; à cette fin, les photographies aériennes peuvent être très utiles, notamment pour déterminer

les principales directions de l'écoulement des eaux.

Précautions à prendre

Lorsqu'il n'est pas possible d'avoir l'avis d'un expert, on peut néanmoins prendre des mesures pour réduire les dommages en enlevant régulièrement les dépôts de sels qui se forment près des fondations, de manière à rompre le cycle diurne de dissolution et de cristallisation. On peut aussi poser des briques de boue au sommet des murs; sous l'effet de la pluie, la boue se répand le long des murs, ce qui est certes peu esthétique mais permet aux sels solubles de se cristalliser dans la boue, ce qui épargne les briques, celles-ci n'étant plus soumises aux forces cycliques qui causent leur désagrégation. Toutefois, il faut veiller en outre à débarrasser régulièrement le sol de la boue imprégnée de sels.

Toutes les causes de dommage devraient être éliminées dans la mesure du possible. Il peut arriver, par exemple, qu'au cours des fouilles préliminaires, des déblais aient été déposés trop près de la principale zone d'intérêt. Ces déblais peuvent contenir une grande quantité de sels; ils doivent donc être transportés progressivement en un lieu assez éloigné, d'où les sels solubles peuvent être évacués sans dommage pour les monuments que l'on veut protéger.

UTILITÉ DES DISPOSITIFS DE PROTECTION EXTÉRIEURE

La protection extérieure peut revêtir des formes diverses selon le site, la configuration du terrain, la nature du monument et, surtout, la direction des vents les plus violents. Il peut suffire de planter une rangée d'arbres en biais, assez éloignés pour que les racines ne risquent pas de saper le monument. Si celui-ci est entouré de jardins, une pergola ornée de plantes grimpantes peut servir d'écran; mais si l'on n'y prend garde, ces plantes risquent de s'étendre

jusqu'au monument et, par leurs stolons, leurs vrilles ou leurs racines adventives, d'endommager sensiblement ses parties vulnérables. Enfin, on peut parfois installer près du sommet de certains monuments une assise de tuiles destinée à empêcher que l'eau de pluie ne dégoutte le long des murs ; on peut aussi prolonger les avant-toits de manière qu'ils assurent une meilleure protection.

On a réussi à protéger par le haut certains monuments, notamment de grandes étendues de mosaïques. A cette fin, on a construit une charpente élémentaire surmontée d'un toit léger en tuiles ou en matière plastique, ou une galerie latérale couverte d'une substance synthétique transparente, par exemple de perspex ondulé vert, renforcé au moyen de fibre de verre. A titre de mesure provisoire, on peut utiliser des plaques de polyéthylène ; si l'endroit est exposé à un rayonnement solaire intense, il est préférable d'employer une matière plastique opaque de couleur noire. Diverses formes d'abris ont été utilisées avec succès à Constanza (Roumanie), à Piazza Armerina (Sicile) et dans le Forum romain. Quand une dalle monumentale est tombée ou a été découverte dans les broussailles, il faut veiller à lui donner une position oblique de manière que l'eau de pluie tombant sur sa surface décorée puisse s'écouler facilement.

CONSOLIDATION

Il faut apporter la plus grande attention à la solidité du monument, ce qui peut obliger à l'étayer provisoirement au moyen de poutres, de rails de chemin de fer, etc., pour en soutenir les diverses parties. L'inspecteur surveillera toujours attentivement l'apparition de nouvelles fissures ; pour vérifier les mouvements éventuels du monument, il peut appliquer des « témoins » de plâtre sur les joints et les fissures, et les observer pendant un certain temps. Une fissuration accrue du plâtre indique qu'un affaissement est en train de se produire. Pour réaliser

un étayage permanent, il peut être nécessaire d'utiliser séparément ou conjointement des tirants ou des tenons d'acier. Dans ce cas, ces accessoires doivent être aussi discrets que possible. Les tenons doivent être dissimulés dans la maçonnerie et le métal doit être de préférence enrobé de ciment imperméable.

Si les métaux ferreux ne sont pas utilisés judicieusement, leur emploi risque finalement d'aller à l'encontre de l'effet recherché ; exposés à la pluie et à l'action des sels, ces métaux, en effet, noircissent, rouillent, provoquent des taches et augmentent sensiblement de volume sous l'effet de l'oxydation du fer, ce qui fait souvent éclater la pierre. Il est donc extrêmement souhaitable de protéger de l'oxydation les poutrelles de fer ou les éléments d'acier laminé utilisés dans les ouvrages de maçonnerie exposés aux intempéries. Il faut également protéger le bronze et le cuivre, car leur oxydation peut provoquer des taches importantes. Les tenons en acier inoxydable ne présentent pas cet inconvénient et doivent être utilisés de préférence lorsqu'il s'agit de sculptures.

On peut consolider un monument en remplaçant les matériaux détériorés — pierres branlantes dans un mur, briques en mauvais état — ou en enlevant les parties défectueuses pour les reconstituer avec des matériaux de bonne qualité.

Lorsqu'on procède à une réparation ou à une reconstruction de quelque importance, il faut, en règle générale, essayer de ne pas imiter exactement l'apparence de l'original avec des matériaux nouveaux. La nouvelle surface doit s'harmoniser avec l'ancienne et être assez discrète, mais sa couleur et, de préférence, sa texture doivent laisser voir qu'il s'agit d'une réparation ; dans le cas d'un groupe de monuments, il faut adopter à cet égard une convention uniforme pour la totalité du groupe. Évidemment, on devra constituer une documentation détaillée qui, s'il s'agit d'un ensemble, pourra être conservée dans un musée voisin.

ANASTYLOSE

Définition

Lorsqu'un monument s'est désagrégé mais que des fragments importants en subsistent, il est parfois possible, grâce à des mensurations et à une étude détaillée, de reconstituer sa forme et de déterminer ses dimensions avec exactitude; on peut alors envisager de le reconstruire. Cette reconstruction d'un monument démembré à partir de ses éléments s'appelle l'anastylose.

Dans la conservation des monuments, l'anastylose joue un rôle fondamental et mérite un examen très attentif. Par exemple, il peut y avoir tout lieu de reconstruire une colonne composite dont les éléments ont été trouvés épars sur le sol. Il peut même être justifié de reconstruire une partie du fût lorsqu'on en connaît la hauteur avec certitude et que le chapiteau ou l'entablement peuvent être replacés correctement par rapport à l'ensemble du monument; mais il faut alors que les parties nouvelles puissent être distinguées de ce qui est original. Il serait manifestement aussi erroné de faire d'une colonne une copie destinée à être prise pour une pièce authentique que d'essayer de reconstruire un bâtiment sans en connaître le plan. Les « restaurations » de ce genre sont entièrement passées de mode, mais on en trouve encore des exemples de nos jours. Nous n'hésitons donc pas à répéter qu'actuellement toute bonne restauration est fondée sur le principe de l'« intégrité », ce qui signifie qu'en évaluant la réussite d'une restauration, on doit toujours pouvoir discerner à coup sûr, du moins si l'on a l'œil exercé, ce qui est authentique de ce qui n'est qu'un expédient justifiable et indispensable pour la réalisation de l'anastylose.

Justification

Une anastylose audacieuse effectuée à partir de petits fragments peut être considérée

comme justifiée dans les circonstances suivantes :

1. Quand on sait, sur la foi de preuves irréfutables, quels étaient les plans et la décoration du monument original et de son cadre, étant entendu que l'on sait exactement quelle place attribuer à chaque fragment.
2. Quand le monument reconstitué s'intègre dans le paysage. Un monument peut s'insérer parfaitement bien dans le cadre lorsqu'on le voit à 200 mètres de distance, mais, par souci d'exactitude, on doit faire en sorte que, vu à 50 mètres, il apparaisse nettement comme étant en grande partie une reconstitution moderne d'éléments perdus.
3. Quand il existe, assez près du monument, un centre de documentation permettant de vérifier quels sont les éléments d'origine et de les distinguer des parties reconstituées de toutes pièces.

Distinction entre les parties nouvelles et l'original

Quand on reconstruit un mur, il peut être souhaitable de lui donner une arête horizontale en vue de l'imperméabiliser, de le surmonter d'un chaperon, etc. Dans ce cas, les matériaux utilisés ou leur texture doivent montrer qu'il s'agit d'une construction nouvelle; il vaut mieux procéder ainsi que de mettre, comme on le fait parfois, une rangée de pierres blanches pour indiquer la limite entre les éléments anciens et ceux qui sont récents. Cette dernière méthode est préconisée par les puristes, mais, dans la pratique, la ligne blanche ainsi formée est plutôt gênante et apparaît comme l'effet d'un excès de zèle.

Les parties nouvelles peuvent, tout en s'accordant avec le reste, s'en distinguer de diverses façons. Les grands blocs de marbre blanc ou de travertin qui, à l'origine, constituaient des voûtes et qui subsistent encore souvent à la base peuvent être imités lors de la reconstruction par des plaques de marbre ou de travertin agglomérées de

manière à prendre la forme générale des blocs manquants.

Les briques ajoutées peuvent avoir les mêmes dimensions que les anciennes, mais être d'une couleur légèrement différente; cette solution est applicable aux tuiles, dont on peut également ébrécher les arêtes visibles afin de rendre leur apparence conforme à celle des tuiles originales, tout en veillant à ce qu'on ne puisse pas les confondre.

Dans un revêtement de marbre coloré, on peut combler les grandes surfaces vides au moyen d'un ciment de texture marbrée et de couleurs variées, et, pour restaurer des murs en ruine, on peut utiliser des briques posées dans un autre sens afin de créer une différence de texture. Mais il ne faut pas oublier que, dans toute restauration, l'erreur impardonnable est de vouloir aller trop loin.

Il y aurait beaucoup à dire aussi sur l'emploi et l'abus du mortier, mais il suffit de signaler que le mortier utilisé pour une partie nouvelle devrait avoir la même épaisseur que l'ancien; en outre, les couleurs s'harmoniseront sans doute mieux si l'on peut y incorporer des débris ou de la poudre de brique. Enfin, il ne faut jamais laisser le nouveau mortier dépasser entre les briques et s'imposer ainsi à la vue dans toute sa blancheur. C'est là le comble de la vulgarité, car le mortier doit toujours rester un élément accessoire du mur. On doit donc le racler de manière qu'il n'affleure pas tout à fait, ce qui d'ailleurs préservera les parties anciennes. Si le rejointoiement n'a pas été réalisé avec soin, les anciennes pierres ne pourront pas sécher aussi bien et, si elles absorbent trop d'eau, elles se dégraderont davantage.

Il faut parfois s'entourer de précautions lorsqu'un monument ancien (une pierre sculptée) se trouve intégré dans un monument plus récent. Avant de décider d'entreprendre des travaux pour dégager la pierre ancienne, il faut envisager toutes les conséquences possibles de cette opération, car une action précipitée risque fort de causer des dégâts irréparables. Ce genre de problème se pose lorsque des civilisations

successives ont érigé des constructions sur les vestiges d'anciens monuments; dans ce cas, il est toujours intéressant de se demander quel est le meilleur moyen de restaurer ce qui constitue le cadre du monument. On doit malheureusement admettre qu'il existe, notamment dans les régions tropicales, des monuments importants en si mauvais état qu'ils sont manifestement irrécupérables. Dans les forêts tropicales du Mexique, des monticules informes sont souvent tout ce qui subsiste de ce qui était autrefois un ensemble de pyramides et de temples. Mais si ces monuments ne peuvent jamais être restaurés, les méthodes modernes d'excavation archéologique permettent du moins d'obtenir de précieux renseignements sur leur structure et leur contenu.

LES MORTIERS

Les mortiers de chaux et de sable

On a employé toutes sortes de matières malléables comme mortier pour asseoir et jointoyer les pierres (boue, argile, chaux mélangée d'eau et de sable, plâtre et ciment), mais les mortiers les plus satisfaisants sont ceux qui sont composés de chaux et de sable. Les propriétés du mortier dépendent souvent de la qualité de la chaux, qui, normalement, doit provenir de la calcination d'une pierre à chaux exempte d'impuretés et avoir été soigneusement éteinte (hydratée). Si la pierre à chaux contient du magnésium (dolomite), sa calcination ne permet pas d'obtenir un produit satisfaisant, car il faut très longtemps pour bien éteindre la chaux ainsi obtenue, en raison de l'oxyde de magnésium qu'elle contient. La chaux provenant d'une pierre à chaux argileuse permet d'obtenir un mortier hydraulique, qui peut même durcir sous l'eau, ce qui présente un grand intérêt dans les pays où les pluies sont abondantes. Certains spécialistes vont jusqu'à préconiser l'emploi exclusif de mortiers hydrauliques pour la conservation des bâtiments publics.

A l'état brut, le mortier ordinaire est un mélange humide et malléable de chaux éteinte et de sable, entre lesquels se produit une réaction chimique. Il sert à remplir les joints d'une maçonnerie, où il durcit une fois que la chaux s'est combinée au bioxyde de carbone de l'atmosphère pour former du carbonate de calcium et au sable pour former des silicates de calcium.

Le remplacement du mortier dégradé par du mortier frais s'appelle le « rejointoiement ». Cette opération s'effectue en quatre temps: *a*) gratter le mortier du joint primitif jusqu'à une profondeur de 1 cm environ; *b*) brosser énergiquement la surface ainsi mise à nu afin d'enlever la poussière; *c*) mouiller soigneusement le mortier restant au moyen d'un pinceau; *d*) placer le mortier frais dans le joint en veillant à ne pas le laisser couler le long de la paroi, ce qui provoquerait des taches. Le rejointoiement doit avoir une apparence uniforme sur l'ensemble du mur.

Il faut choisir un mortier assez mou pour les pierres tendres, tandis qu'un bon mortier ordinaire peut être utilisé dans tous les autres cas. On trouvera ci-après deux méthodes éprouvées, l'une pour les pierres normales, l'autre pour les pierres tendres.

Mortier ordinaire à la chaux et au sable pour le jointoiement normal. Avec la formule suivante, on obtient un mortier dur et résistant mais un peu friable à l'application.

Mélanger six parties de sable cru, abrasif, bien lavé, avec une partie de chaux hydraulique éteinte et laisser reposer. Au moment de l'emploi, prendre six parties de la préparation ci-dessus après l'avoir bien malaxée, ajouter une demi-partie de ciment de Portland et bien mélanger le tout avec le minimum d'eau. Utiliser immédiatement et jeter ce qui reste après plus de trois heures. La couleur, la solidité et la texture dépendent du sable employé.

Mortier spécial à la chaux et au sable pour la pierre tendre ou la brique. Mélanger trois parties

de sable abrasif bien lavé, comme ci-dessus, avec une partie de chaux hydraulique éteinte et employer immédiatement.

Remplacement des briques ou des pierres abîmées

On utilise le mortier pour l'opération commune qui consiste à remplacer une brique ou une pierre endommagée. On procède de la façon suivante.

Découper et extraire l'élément défectueux, bien laver le trou, ôter toute la poussière et mouiller tout autour avec une brosse. Choisir la brique ou la pierre nouvelle de manière à pouvoir l'adapter facilement dans le trou en conservant suffisamment d'espace pour mettre du mortier par derrière et tout autour. Oter cette brique ou pierre et la dresser au marteau et au ciseau pour lui donner un peu la forme d'un coin; puis, après avoir étalé du mortier sur toutes les faces de jointure, la replacer et bien l'enfoncer au marteau en interposant un tasseau de bois pour répartir les forces et amortir les coups. Oter les bavures de mortier en excédent avant qu'il ne durcisse pour éviter de tacher le matériau, mais attendre ensuite que le mortier soit à demi durci pour le repousser un peu en appuyant dessus afin de renforcer la jointure. Le procédé est le même pour la maçonnerie.

CIMENT DE PORTLAND ET BÉTON

Le ciment de Portland est pour une large part un mélange formé des mêmes genres de matériaux que le mortier hydraulique, mais il est beaucoup plus dur et plus fort et s'obtient en calcinant, à de très hautes températures, des quantités déterminées de matériaux calcaires et argileux. Il est d'un maniement trop délicat pour être employé isolément — du fait qu'il prend très vite — mais ce peut être un ingrédient intéressant dans un mortier.

Dans le commerce le ciment de Portland se vend sous forme de poudre dans des sacs imperméables. Il faut le maintenir au

sec jusqu'au moment de l'utilisation. On le mélange alors avec du sable cru, à raison d'une partie pour trois de sable ou davantage, en incorporant suffisamment d'eau pour former une pâte ferme et homogène. Celle-ci durcit rapidement par action chimique et forme une masse dure comme du roc. En l'absence de fer, le produit est d'un blanc pur; toutefois, il est généralement légèrement coloré selon la qualité du sable et aussi du ciment. On donne au mélange des propriétés hydrauliques en ajoutant de la chaux.

Si l'on incorpore une certaine quantité de gravier, de mêchefer ou de pierres concassées, on obtient du béton; la formule type de fabrication est la suivante: ciment, 1 partie; sable, 2 parties; agrégat, 4 parties.

Le béton résiste à de très fortes compressions; c'est donc le matériau idéal pour consolider les fondations, étayer les bâtiments, etc. S'il faut en outre qu'il résiste à la traction, on peut le renforcer avec des armatures d'acier. Des éléments de construction transportables, extrêmement solides, peuvent être préfabriqués en béton armé. L'une des techniques modernes consiste à maintenir les aciers sous tension jusqu'à ce que le ciment ait durci; c'est le béton précontraint, qui représente pratiquement un nouveau type de matériau de construction offrant de grandes possibilités à l'architecte.

Pour les bâtiments qui menacent ruine, le béton armé est le matériau de consolidation par excellence. Employés ensemble, le mortier liquide et la tige métallique donnent à l'architecte restaurateur les moyens de sauver des édifices qui s'effondreraient s'ils n'étaient pas étayés artificiellement. En général, ces étais artificiels servent à supporter le poids des structures de telle sorte que les pierres anciennes peuvent durer plus longtemps. Dans toute la mesure du possible, on les dissimule pour que le monument conserve son caractère.

PARASITES ORGANIQUES

Sous leur forme la plus simple, les parasites organiques, qui se développent sur la pierre et sont visibles à l'œil nu, ont d'ordinaire une couleur verte, rousse ou grise et appartiennent à la catégorie des bryophytes (algues, mousses et lichens)¹; cependant, à certaines époques de l'année ou sur certaines pierres, ils se réduisent pratiquement à des taches noires qui défigurent l'élément atteint. C'est le moment où il est le plus facile de les éliminer, puisqu'il suffit de brosser la pierre avec une solution aqueuse à 2 % de silico-fluorure de zinc. On peut aussi utiliser des solutions à 1,5 % environ de chlorure de zinc ou de magnésium.

Dans certains cas, d'ailleurs, cette prolifération ne semble guère causer de dommages ou bien la détérioration paraît être plus superficielle que profonde; mais, lorsqu'il s'agit de grès ou de calcaire poreux, il est plus sage de partir du principe que toutes les matières organiques sont nuisibles, quelle que soit leur nature et quel que soit l'attrait qu'elles présentent aux yeux de certains.

SAUVETAGE ET TRANSPORT

Pour compléter cet exposé général relatif à la protection des monuments sous les tropiques, il faut encore dire quelques mots des opérations de sauvetage telles que la récupération des gros blocs de pierre enfouis sous un amas de végétation. Il ne suffit pas toujours d'abattre les arbres environnants parce que les fondations du monument ont certainement été envahies par les racines et que, de toute manière, la végétation tropicale reprendra vite le dessus. Lorsqu'on décide de déplacer un monument pour le mettre à l'abri, il faut rassembler du matériel qui permette d'opérer ce déplacement; pour plus de commodité lors du

1. Pour plus de détails, voir le chapitre 3.

manièrement, il peut d'ailleurs être nécessaire de le faire entrer dans une sorte de cadre.

Willcox (1954) a publié un récit extrêmement intéressant d'une opération de ce genre; travaillant à Caracol (Honduras britannique), il est parvenu à transporter des stèles et des autels mayas sculptés qui pesaient jusqu'à 20 tonnes nettes et à les livrer intacts au Musée de Philadelphie. Il décrit les appareils qu'il a utilisés et qui rappellent ceux qu'on employait jadis au temps des grands voiliers: palans, vérins, glissières faites de rails en bois préalablement graissés, chaînes de halage et un instrument manifestement très puissant, appelé «lug all», capable de soulever 1,5 tonne, mais pouvant se porter d'une main. D'après la description, il s'agit d'un appareil à levier et cliquet agissant sur filin d'acier. A l'aide de vérins on a d'abord hissé les lourds blocs de pierre sur quatre gros billots de bois puis on les a calés entre deux panneaux formés de poutres garnies de feutre, ces deux panneaux étant pressés contre la pierre et réunis entre eux par des barres de fer à tige filetée de 12 mm fortement boulonnées; ainsi, dans quelque position qu'elle fût placée, la pierre était fermement maintenue et ne pouvait bouger. On a ensuite fait glisser ces cadres sur des rails en bois préalablement graissés pour finalement les hisser sur une plate-forme de transport au moyen d'un bulldozer emprunté qui a servi de grue: on avait pour cela remplacé la lame par un essieu de camion (en guise de flèche) et employé une grosse chaîne pour l'attachage. S'il n'y a pas de problème de main-d'œuvre et qu'on dispose de porteurs expérimentés travaillant sous la direction d'un chef compétent, on peut déplacer de grands monolithes en employant une série de cordages; les porteurs sont répartis également de chaque côté et harmonisent leurs efforts. Hisser l'objet en position verticale n'est pas forcément difficile si l'on a recours aux techniques anciennes bien connues qui font appel au plan incliné et à l'action de la pesanteur.

LES MUSÉES DE SITE

Lorsqu'on entreprend des opérations de sauvetage de ce genre, il faut aussi préparer l'endroit où l'on placera les monuments préservés pour leur donner une protection suffisante. Si le monument peut être installé à l'intérieur d'un musée, sa protection est doublement assurée. En outre, le musée a l'avantage de faciliter les comparaisons entre les objets exposés, par contre l'aspect monumental est généralement perdu. On peut remédier en partie à cet inconvénient en établissant un petit musée de site.

D'excellents exemples de ce genre de musée existent dans la plupart des pays qui s'occupent sérieusement d'archéologie et de la sauvegarde des monuments et, il faut bien le dire, les meilleurs ne sont pas toujours les plus imposants. C'est ainsi qu'un parc ou un jardin peut très bien servir de fond pour de petits monuments qu'il ne conviendrait pas de placer à l'intérieur d'un musée, mais pour lesquels il faut néanmoins prévoir des écrans de protection; à cet égard, les édifices tels que les cloîtres, les galeries ouvertes et même les bâtiments de ferme présentent un intérêt évident.

PRINCIPAUX PROBLÈMES POSÉS PAR LES MONUMENTS TROPICAUX

L'action du temps qui décompose les roches pour les transformer en sols (terre, sable, argile) est bien connue mais, dans les zones tropicales, la décomposition des roches (par exemple celle des granites et des basaltes en Inde) est intensifiée par l'action de la chaleur et les fortes pluies, et il se produit une évolution particulière qui aboutit à la longue à la formation de latérite (ainsi appelée en raison de sa couleur rouge-brun rappelant la brique). Pendant la formation de la latérite, la silice contenue dans la roche est en grande partie lessivée tandis que les oxydes hydratés de fer et d'aluminium demeurent. Ces oxydes peuvent en fait former de 90 à 100 % de la latérite lorsque

la substance est dense et compacte; le pourcentage est inférieur s'il y a des argiles. L'existence de périodes de sécheresse semble essentielle à la formation de la latérite. En effet, c'est de l'argile et non de la latérite qu'on trouve sous les forêts ombrophiles ou la végétation de la jungle. La décomposition latéritique pose un problème très grave au conservateur et, malheureusement, ce symptôme peut être observé sur quelques-uns des monuments les plus beaux des zones tropicales.

Il n'est pas facile d'énoncer des règles permettant de préserver les monuments

importants qui sont exposés à un vieillissement accéléré. C'est là avant tout la tâche de l'architecte et de l'ingénieur; sous les tropiques, là où il y a un problème de formation de latérite, il n'existe pas de remède facile quels que soient les moyens dont on dispose.

On trouvera ci-après dans les chapitres *rob* et *c* un aperçu des problèmes de conservation posés par un certain nombre de monuments importants de l'Asie du Sud, de l'Asie du Sud-Est, du Moyen-Orient, de l'Amérique latine et de l'Inde (fig. 43).

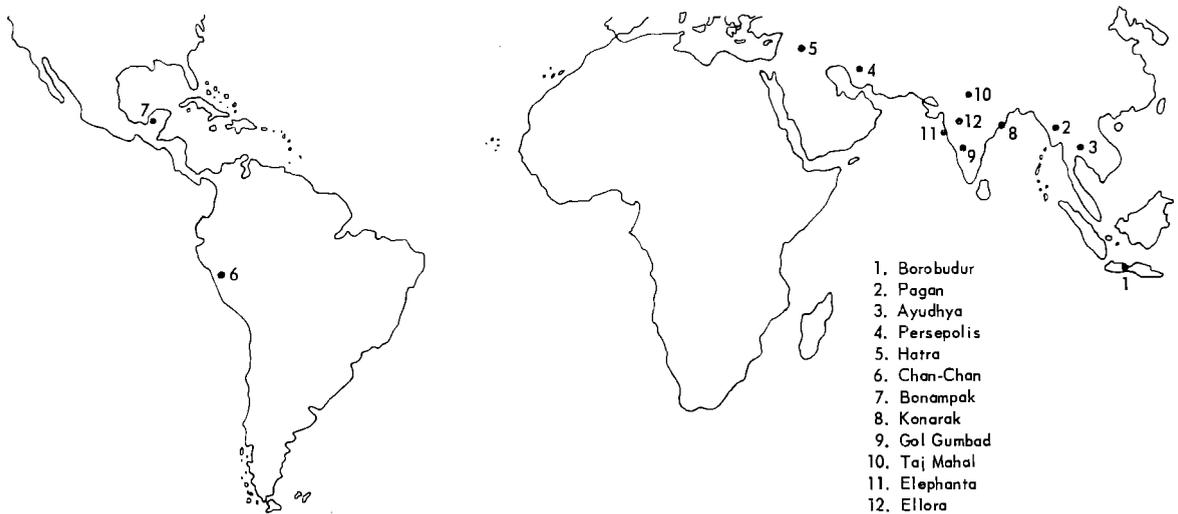


Fig. 43.
Carte indiquant l'emplacement des monuments importants de la zone tropicale dont il est question dans le texte.

106 *Exemples de problèmes rencontrés* *« in situ »*

Les renseignements suivants qui ont trait à sept monuments importants situés au voisinage des tropiques ont été fournis par le regretté Paul Coremans d'après les observations qu'il avait consignées durant ses travaux.

INDONÉSIE : LE SANCTUAIRE DE BOROBUDUR

Site. Sanctuaire bouddhique (IX^e siècle environ apr. J.-C.) situé à une quarantaine de kilomètres au nord-ouest du Djokjakarta, dans l'île de Java (Indonésie). Abandonné au début du XVI^e siècle et bientôt entièrement recouvert par la terre et la végétation. Graduellement remis au jour au XIX^e siècle et restauré par anastylose de 1907 à 1911. Lors de la mission de l'Unesco en 1956, on a pu constater une détérioration active. Un technicien indonésien a été formé à Bruxelles de 1957 à 1959. L'état actuel du sanctuaire est inconnu.

Climat. Climat équatorial humide (Koeppen) : moyenne des températures annuelles : 25,5 °C ; humidité relative 80 % ; moyenne annuelle des précipitations : 1 525 mm ; variation maximale de température mesurée en 1956 à la surface de la pierre : de 25 à 45 °C en quatre heures.

Matériau. Andésite, roche éruptive noirâtre assez tendre et poreuse ; recouverte de plâtre à l'origine.

Détérioration. Détérioration mécanique de la pierre qui, alternativement, s'échauffe

(au soleil) et se refroidit (sous les eaux de pluie) ; sur le plan chimique et biologique, détérioration intense de la pierre par les eaux de pluie et les cryptogames, avec formation de limonite, de kaolin et de silice.

Mesures de protection. Il faudrait appliquer des remèdes simples et par exemple réparer les jointures entre les pierres, assurer l'évacuation rapide des eaux de pluie (par des gouttières, etc.) ; répandre de bons herbicides au lieu d'enlever mécaniquement les cryptogames. La couche de plâtre (sable et chaux) qui, à l'origine, recouvrait l'ensemble du sanctuaire a maintenant disparu : c'était assurément, tant qu'elle a duré, une protection excellente de la pierre contre la pluie et le soleil ; en outre, elle empêchait le développement des cryptogames.

BIRMANIE : LE SITE DE PAGAN

Site. Pagan, ancienne capitale de la Birmanie située à 400 km environ au nord de Rangoon, est le plus important site ancien de la Birmanie. Les ruines de Pagan couvrent une quarantaine de kilomètres carrés ; les monuments (surtout des pagodes bouddhiques) datent, pour la plupart, du XI^e au XIII^e siècle de notre ère. Après la chute de la dynastie de Pagan, des milliers de bâtiments ont été mutilés et laissés à l'abandon jusqu'au début du XX^e siècle et la majorité sont aujourd'hui en ruine ; on en a inventorié de 800 à 1 000, mais une cinquantaine seulement sont confiés aux

soins du Service archéologique de Birmanie. Des milliers de mètres carrés sont couverts d'anciennes peintures murales d'une haute valeur artistique et d'une grande importance pour l'épigraphie et l'iconographie bouddhiques. Mission de l'Unesco en 1961. Un archéologue et un chimiste spécialiste de l'archéologie ont suivi des stages de formation à Bruxelles en 1962-1963 et 1963-1964.

Climat. Climat équatorial alternativement humide et sec (Koeppé) : températures entre 21 et 40,5 °C ; humidité relative entre 25 et 80 % ; moyenne annuelle des précipitations 760 mm.

Matériaux. Les édifices sont construits surtout en briques recouvertes à l'origine d'un enduit de plâtre.

Détérioration. De nombreux bâtiments sont abîmés. C'est surtout aux températures élevées et aux fortes pluies de mousson qu'il faut attribuer la détérioration progressive des peintures murales à la détrempe situées à l'intérieur des bâtiments, où l'humidité se condense et des cryptogames apparaissent pendant la saison humide. Quelques bâtiments religieux encore utilisés aujourd'hui sont en meilleur état.

Mesures de protection. La sauvegarde de Pagan ne sera possible que lorsque le Service archéologique aura les moyens d'abord de consolider les bâtiments anciens puis de préserver les peintures murales qu'ils contiennent. Il a été recommandé d'apposer un enduit de plâtre sur l'extérieur des bâtiments pour les protéger de la pluie et de la chaleur.

THAÏLANDE : LE SITE D'AYOUDHYA

Site. A environ 80 km de Bangkok, Ayoudhya, qui a été la capitale de la Thaïlande du xiv^e siècle à 1767, est sans doute le plus important des sites anciens de ce pays. La plupart des bâtiments sont en

ruine, et très peu sont dans un état acceptable ; le Département des travaux publics a fait procéder récemment à des essais de restauration. Les peintures murales les plus anciennes sont perdues. Mission de l'Unesco en 1961. Formation d'un technicien thaïlandais à Bruxelles en 1962-1964.

Climat. Climat littoral soumis au régime des alizés (Koeppé) ; température annuelle moyenne : 28,5 °C ; humidité relative : 80 % ; moyenne annuelle des précipitations : 1 400 mm.

Matériaux. Principalement des briques recouvertes, à l'origine, d'un enduit de plâtre.

Détérioration. Les temples et autres bâtiments anciens ont été trop longtemps abandonnés et exposés à des conditions climatiques défavorables ; importants dommages structurels dus surtout à la chaleur, à la pluie, aux cryptogames et à la capillarité.

Mesures de protection. Aucun espoir de pouvoir protéger efficacement Ayoudhya et les autres sites à moins de créer une division spécialisée au Département des beaux-arts. Il faudrait organiser d'urgence une section technique chargée des problèmes structurels et de la restauration des bâtiments ainsi qu'un laboratoire spécialisé.

IRAN : PERSÉPOLIS

Site. Sur un plateau, à environ 80 km au nord-est de Chiraz ; le site ancien le plus important d'Iran : capitale des Achéménides fondée vers 500 et détruite en 330 av. J.-C. ; fouilles commencées en 1931. Magnifiques et importants vestiges d'architecture et de sculpture. Mission de l'Unesco en 1960.

Climat. Climat continental semi-aride : températures mensuelles moyennes variant entre 5 et 30 °C ; humidité relative : de 15 à 55 % ; moyenne annuelle des précipitations :

450 mm; écarts de température, mesurés sur la pierre, en six heures : de 2 à 34 °C.

Matériaux. Principalement roche schistoïde, calcaire à grain fin.

Détérioration. En 1960, trente-neuf ans après les premières fouilles, les sculptures dégagées avaient perdu beaucoup de leur finesse de détail, principalement en raison de l'érosion (tempêtes de sables) et des importants écarts de température; dilatation du calcaire.

Mesures de protection. Conservation et restauration intéressantes mais difficiles: travaux généraux de consolidation (jointures) et de réparation; construction d'abris (toitures et écrans latéraux) surtout pour les sculptures et les bas-reliefs délicats; installation des œuvres d'art irremplaçables dans le musée local.

IRAK : LE SITE DE HATRA

Site. Ruines monumentales au milieu du désert, à une cinquantaine de kilomètres au sud-ouest de Mossoul: ensemble unique d'art parthe (qui a atteint son plein développement au II^e siècle de notre ère) avec des influences mésopotamiennes et grecques; le site ancien le plus important de l'Irak. Mission de l'Unesco en 1960. Un restaurateur a été formé à Bruxelles en 1961.

Climat. Climat continental semi-aride: écarts annuels de température de moins de 0 °C à plus de 50 °C; importantes variations annuelles de l'humidité relative; précipitations annuelles: environ 400 mm, dont la moitié en pleine saison d'hiver.

Matériaux. Calcaire sableux ou pur, recouvert à l'origine d'un enduit de plâtre.

Détérioration. Les principales causes de détérioration sont les forts écarts de température, le gel et les tremblements de terre (les deux derniers ont eu lieu respectivement à la fin du XIX^e siècle et en 1945).

Mesures de protection. Des travaux de base permettant de préciser l'état des fondations et des murs doivent précéder la restauration proprement dite. Les opérations ont commencé en 1963, avec l'aide d'une fondation privée.

PÉROU : LE SITE DE CHAN-CHAN

Site. Importantes ruines archéologiques de l'ancienne capitale de l'Empire chimu (vers 1300-1440 apr. J.-C.) couvrant de nombreux kilomètres carrés, près de Trujillo, sur la côte du Pacifique, à environ 560 km au nord de Lima. Le site se compose de dix ensembles dont certains mesurent jusqu'à 350 × 450 m, tous entourés de murs élevés et construits selon un plan systématique comprenant des rues, des maisons d'habitation, des pyramides, des cimetières et des réservoirs. Mission de l'Unesco en 1964.

Climat. Climat chaud et sec; température moyenne annuelle: environ 21 °C; humidité toujours élevée; moyenne annuelle des précipitations: 50 mm ou un peu plus; grosses averses très rares; brumes persistantes en hiver.

Matériaux. Adobe (argile séchée au soleil) pour les bâtiments comme pour la décoration; enduit de plâtre à l'origine.

Détérioration. Surtout détériorations mécaniques dues à la chaleur.

Mesures de protection. La création d'un laboratoire national et d'un service national des monuments historiques est considérée comme essentielle; la sauvegarde des monuments et des sites est une question d'organisation à l'échelon national.

MEXIQUE : LE SITE ET LES PEINTURES
MURALES DE BONAMPAK

Site. Bonampak est situé dans l'État de Chiapas, qui forme la partie sud-est du Mexique, au milieu de la forêt tropicale, près de la frontière du Guatemala. Important centre religieux maya : un temple décoré de peintures murales datant du VII^e siècle de notre ère. Site abandonné il y a environ dix siècles et redécouvert en 1946. Confié aux soins de l'Instituto Nacional de Antropología e Historia. Missions de l'Unesco en 1961, 1962 et 1964 pour la sauvegarde des peintures murales.

Climat. Climat tropical alternativement humide et sec (Koeppé); températures moyennes annuelles : environ 25 °C, avec une humidité relative de 80 % ou davantage; la hauteur annuelle des précipitations est mal connue; elle pourrait atteindre 2 500 mm.

Matériaux. Temple de calcaire, recouvert de plâtre à l'origine; peintures murales sur un fond de chaux obtenue par calcination du calcaire local; couleurs : terres, noir de fumée et bleu maya; technique : non encore définie.

Détérioration. Des dommages considérables ont été causés aux temples et aux peintures murales par la pluie, la migration des sels et les efflorescences (principalement de carbonate de magnésium et, en moindre quantité, de carbonate de calcium). Des cryptogames mettent en danger les peintures murales.

Mesures de protection. Réparation des voûtes et des murs, mise en place d'écrans de tôle ondulée contre la pluie. Une proposition visant à faire de ce monument exceptionnel un musée local climatisé est à l'étude.

Il est intéressant de noter que même en ce qui concerne des monuments aussi dispersés que ceux qui viennent d'être décrits et présentant en outre des problèmes de sauvegarde qui paraissent à première vue insolubles, il est possible de mettre en évidence certains facteurs communs de détérioration contre lesquels on peut lutter au moyen de mesures de conservation assez simples comportant, en général, la mise en place d'écrans protecteurs, la consolidation des structures et l'amélioration de l'écoulement des eaux.

100 *Exemples de sauvegarde de monuments en Inde*¹

INTRODUCTION

Les monuments de l'Inde sont situés entre 8 et 35° de latitude nord et 68 et 97° de longitude est, c'est-à-dire dans une vaste région qui comprend des régions littorales humides, les hautes altitudes de l'Himalaya et les régions sèches de l'intérieur du pays. Les écarts de température y sont très grands, de même que les différences d'humidité. Dans ces vastes espaces on trouve des conditions climatiques très variées, mais caractérisées avant tout par la mousson tropicale.

Les monuments comprennent des lieux de sépulture préhistoriques, des stupas, des temples, des mosquées, des forts, des rocs découpés et sculptés, avec toutes leurs décorations figuratives et stylisées. Les pierres employées sont surtout le grès, le granite, la quartzite, le marbre, les diverses variétés locales de calcaire et le basalte. En raison des températures tropicales, des chutes de pluie et des variations hygrométriques, les matériaux d'origine tendent à se décomposer très rapidement.

LES CAUSES DE DÉTÉRIORATION

Les agents qui provoquent la détérioration des monuments dans cette région sont: *a)* les lichens, les algues et les moisissures; *b)* la végétation; *c)* les sels marins transportés par les vents dans les régions littorales; *d)* les sels du sol dont les constructions s'imprègnent par capillarité; *e)* le lessivage

des éléments solubles de la pierre par les eaux de pluie; *f)* l'usure due aux vents transportant des sables et des poussières; *g)* les dépôts de diverses matières (graisses, suies, fumées, peintures, excréments d'animaux ou d'oiseaux).

L'action isolée ou combinée de ces agents détériore les structures dans une mesure qui dépend du site et du milieu. Les dommages prennent parfois des proportions si alarmantes qu'ils causent, ou menacent de causer, la destruction des monuments et qu'il devient indispensable d'utiliser des moyens de conservation chimiques et de procéder à des restaurations architecturales.

Dans les régions côtières où il pleut beaucoup et où l'air est chargé de sels marins, les monuments souffrent principalement: *a)* de la croissance d'une végétation, qui, si on n'intervient pas, peut arriver à couvrir un bâtiment tout entier et même à plonger profondément des racines dans les fondations; *b)* de l'absorption de sels marins; *c)* du lessivage par l'eau de pluie et de l'affaiblissement qui en résulte.

1. On peut ranger dans une catégorie à part les grands monuments de l'Inde tropicale, exposés aux moussons, extrêmement dispersés et de caractère varié. Ces monuments font l'objet d'études systématiques menées par le Département d'archéologie (Dehra Dun) et par le laboratoire du Musée national de New Delhi.

Des détails sont donnés sur quelques-uns des principaux édifices du sous-continent et sur certains monuments uniques en leur genre tels que les grottes d'Elephanta et d'Ellora. [H. J. P.]

Dans les régions montagneuses et là où les pluies sont abondantes, les monuments sont exposés aux dangers *a* et *c*. Dans les régions sèches, le sable et les vents chargés de poussières ont des effets abrasifs sur les matériaux de construction. Les monuments peuvent aussi être défigurés et parfois détériorés par des taches de diverses sortes, des dépôts, l'action destructrice de certains animaux et, parfois même, hélas ! de l'homme. La détérioration est souvent causée par un mauvais écoulement des eaux, car, dans ce cas, le bâtiment reste humide et la capillarité a des effets néfastes.

Les monuments indiens s'élèvent à l'air libre, en général dans des régions écartées, et il est souvent difficile de les traiter, mais les moyens d'action sont à peu près les mêmes partout et peuvent être brièvement décrits.

MÉTHODES DE TRAITEMENT

Élimination des lichens, des algues et des mousses. Le traitement visant à éliminer ces formes de végétation consiste à badigeonner les surfaces avec une solution d'ammoniaque dilué (3-5 %) et à broser doucement. La surface nettoyée est alors traitée au moyen d'une solution aqueuse de fluorure de zinc et de silicium (1-2 %). Le traitement est répété au bout d'une semaine environ. Finalement, la surface poreuse est couverte d'une couche protectrice d'acétate de vinyle ou de méthyl-méthacrylate (planche 12b). Lorsque des plantes et des arbres poussent sur les monuments (planche 11) on coupe les racines profondes et on injecte dans les souches, au moyen d'une seringue, une solution d'arséniate de soude ou d'acide sulfurique.

Élimination des sels. Pour éliminer les sels apportés par les vents marins qui se déposent sur les monuments dans les régions côtières, on peut procéder soit à un lavage prolongé à l'eau douce, soit à des applications répétées de pâte de papier humide qu'on laisse sécher

entre deux applications. La surface poreuse qui apparaît après l'élimination des sels est stabilisée au moyen des solutions d'acétate de vinyle ou de méthyl-méthacrylate.

Effets de la pluie. On ne peut combattre les effets de la pluie qu'au moyen d'écrans protecteurs placés, par exemple, au-dessus des monuments à protéger, mais cette méthode est critiquable du point de vue esthétique. Il vaut souvent mieux transporter à l'intérieur les sculptures de ces monuments, lorsqu'on peut les déplacer. Recouvrir les surfaces exposées d'un enduit n'est pas un moyen de protection très efficace. Même une couche de paraffine ne donne pas de résultats satisfaisants quand le climat est chaud et humide.

Lutte contre l'alcalinisation. On peut retarder l'alcalinisation croissante des monuments en entourant leurs fondations d'assises imperméables.

Enlèvement des dépôts superficiels. Les dépôts extérieurs de matières grasses, de peintures ou de fumées peuvent être enlevés au moyen de solvants organiques, et les autres au moyen de détergents ne risquant pas d'endommager le matériau de construction.

Colmatage au ciment liquide. Les fissures peuvent être remplies de ciment « liquide », c'est-à-dire de ciment de Portland dilué jusqu'à ce qu'il prenne la consistance d'une crème.

Stabilisation. On consolide les monuments détériorés au point de menacer ruine en restaurant les parties atteintes, ce qui a le double avantage de renforcer les structures affaiblies tout en leur rendant leur attrait esthétique.

Mise à l'abri. Il est parfois possible de protéger les monuments contre l'érosion due à la mer et au sel marin en plantant des arbres à des endroits judicieusement choisis,

ou en construisant un écran de blocs de ciment, mais la méthode ordinaire, qui n'est d'ailleurs pas toujours praticable, consiste à laver périodiquement les monuments avec de l'eau.

EXEMPLES CARACTÉRISTIQUES DE MONUMENTS INDIENS

Le temple du Soleil à Konarak

Site. Ce temple est situé dans l'État d'Orissa, par 19° 8' de latitude nord et 85° 8' de longitude est, à un peu plus d'un kilomètre du rivage. Il a été construit au milieu du XIII^e siècle de notre ère par le roi Narasimha Deva I^{er} et consacré au Dieu-Soleil. Il ressemble au célèbre temple du Jagannath, à Puri, avec son *jagmohan* (grande salle de réunion) et son *viman* (sanctuaire) aux proportions élevées. Le temple de Konarak, caractérisé par la décoration sculpturale exubérante qui le recouvre tout entier (planche 13a) non seulement marque l'apogée du style Kalinga en architecture et en sculpture, mais constitue aussi l'un des sommets de l'histoire de l'art indien.

Matériaux. Le temple est construit en « khondalite » (schiste grenatifère à sillimanite), à forte teneur en fer. La khondalite n'est pas un matériau particulièrement durable. Elle se transforme à la longue en une roche sableuse caractérisée par des stries et des taches rouges et brunes sur un fond chamois. Les sculptures sont profondément rongées et les alcalis ont été lessivés, ce qui a rendu la surface irrégulière. Les statues, les piliers des portes et les fenêtres sont en schiste chlorité. Le beau ton verdâtre dû aux composés ferreux se parsème de taches rougeâtres dues à la transformation de l'oxyde ferreux en oxyde ferrique. La mer étant proche, des sels solubles sont transportés par les vents et se déposent sur la pierre. A une certaine époque, le temple était rempli de sable et les fortes pluies côtières pénétraient à

l'intérieur. L'eau accumulée s'écoulait lentement à travers les fissures des sculptures et certaines parties de l'intérieur restaient couvertes de mousse et de lichen d'un bout de l'année à l'autre. Les goujons et crampons de fer utilisés à l'origine pour empêcher les énormes blocs de pierre de se disjoindre avaient rouillé et n'étaient plus capables de supporter leur charge.

Mesures de protection. Pour conserver la plate-forme du temple, on y a injecté du ciment liquide mêlé de sable et d'un matériau inerte imperméable d'origine locale, l'« ironite », par des centaines de trous forés à cet effet. La terrasse supérieure du *viman* a été en partie refaite avec un béton frais à la chaux mélangé de ciment et d'« ironite ». Les crampons de fer rouillés ont été remplacés par des crampons de cuivre. Les mousses et les lichens ont été enlevés au moyen d'une solution aqueuse d'ammoniac et le traitement a été complété par deux applications d'une solution de fluorure de zinc et de silicium à 1-2 %. Les sels apportés par le vent de la mer qui s'étaient accumulés à la surface ont été enlevés au moyen d'applications répétées de pâte de papier. Les effets du lessivage des éléments solubles de la pierre par les eaux de pluie et ceux de l'érosion apparaissent sur la planche 13b. La surface poreuse a été recouverte d'une double couche de solution à 5 % d'acétate de vinyle. Autour du temple, de larges espaces ont été plantés d'anacardiens et de casuarinas afin de protéger le monument contre l'action des sables. Des mesures ont été prises pour empêcher l'eau de stagner dans les fondations et ailleurs : elles ont consisté à étudier les pentes et à les inverser lorsque c'était nécessaire.

Le Gol Gumbad à Bijapur

Site. Bijapur (17° de latitude nord, 75° 8' de longitude est) est situé dans l'État de Maharashtra. Le Gol Gumbad, tombeau d'Adil Shah, contemporain de l'empereur

mogol Shah Jahan, a été construit entre 1627 et 1656. Ce vaste mausolée possède la plus grande coupole du monde, qui s'élève à 60,5 mètres au-dessus de la base du bâtiment. Cette coupole a 43,4 mètres de diamètre extérieur et 37,9 mètres de diamètre intérieur : son épaisseur est donc d'environ 2,75 mètres. Elle repose sur une structure composée d'une salle carrée, entourée de quatre grands murs renforcés par des tours octogonales aux quatre coins. A la base de la coupole, à l'intérieur, une galerie dite « galerie des échos » large de 3,35 mètres, fait saillie dans le bâtiment, à une hauteur de 33,37 mètres. La coupole a de remarquables propriétés acoustiques.

Matériaux. Après trois cents ans environ d'existence, le monument a commencé à se détériorer visiblement. Des plaques de plâtre imprégnées de sel se sont détachées. Les goujons de fer s'étaient rouillés et le mortier qui liait les briques de la coupole avait perdu sa force. Le plâtre s'étant fissuré, sa surface était devenue inégale, ce qui affaiblissait la structure et, incidemment, diminuait ses qualités acoustiques.

Mesures de protection. En 1937, l'extérieur de la coupole a été imperméabilisé au moyen d'une couche (6,5 cm d'épaisseur) d'un mortier spécial appelé « gunite », après colmatage des fissures au mortier liquide. La gunite employée était composée d'une partie de ciment de Portland pour trois parties et demie de sable. Entre 1949 et 1951, après avoir gratté le plâtre imprégné de sel (planche 14), on a appliqué à l'intérieur une couche de gunite allant en diminuant d'épaisseur (de 23 cm à la base du dôme, sur une hauteur de 60 cm à 11,5 cm au sommet). Ce revêtement a été enduit d'une couche de plâtre très lisse et uniforme de la couleur du dôme existant. Au cours des réparations, les crochets de fer rouillés ont été remplacés par des crochets ou des goujons d'acier inoxydable.

Le Taj Mahal

Site. Le Taj Mahal est situé à Agra (27° 2' de latitude nord et 78° de longitude est) dans l'État d'Uttar Pradesh. C'est l'un des plus beaux mausolées du monde, véritable modèle de perfection, construit sur l'ordre de l'empereur mogol Shah Jahan (1627-1658) en souvenir de son épouse, Mumtaj Mahal ; la construction occupa vingt mille travailleurs pendant dix-sept ans (1631-1648). Il s'élève au milieu d'un vaste ensemble de jardins, ornés de nombreuses fontaines, sur une terrasse qui surplombe la Jumna.

Matériaux. Les fondations du Taj s'enfoncent jusqu'au niveau de l'eau. La maçonnerie est en pierres liées de chaux au-dessous du sol et la plate-forme, au-dessus, est faite de briques sur mortier recouvertes de marbre. Le marbre blanc utilisé pour l'édifice venait de Makrana et de Raiwala dans l'État de Jaipur, le grès rouge de Fatehpour Sikri et des environs d'Agra, et les pierres précieuses, de Perse et d'ailleurs. On avait constaté à l'intérieur du tombeau des infiltrations d'eau de pluie dues à l'âge et à l'usure naturelle du monument. Certaines pierres avaient fait saillie à l'extérieur, s'étaient fissurées et déjointées. Des plaques de marbre s'étaient brisées sous l'action de la rouille des crampons et goujons de fer qui les pénétraient. On avait remarqué des efflorescences de sels sur le plâtre à l'intérieur du dôme. Certains piliers portaient de larges fentes et les pierres qui les constituaient étaient brisées.

Mesures de protection. Pour imperméabiliser le dôme, toutes les pierres qui avaient fait saillie ou s'étaient fissurées ont été soit remises en place, soit remplacées par de nouvelles pierres fixées au moyen d'un mortier à la chaux hydraulique. Les matériaux ont été choisis de même dimension que les éléments originaux et l'on a pris soin d'éviter, dans toute la mesure du possible,

les rapiécages disgracieux. Les joints ont été remplis d'un mortier spécial composé de chaux de marbre, de poussière de marbre, de *rumi mastagi* (résine), de *batasha* (sucre) et de *belgiri* (fruit de l'*Aegle marmelos*), délayé avec de l'eau dans des proportions convenables. Le mélange utilisé pour les réparations comprenait soit une partie de ciment pour quatre parties de chaux hydraulique, soit une partie de ciment pour deux parties de chaux hydraulique (planche 15).

A l'intérieur, le haut de la coupole a été débarrassé du plâtre ancien jusqu'à une hauteur de 20 mètres, et toute cette surface a été recouverte d'un mortier à faible teneur en ciment (une partie de ciment pour dix parties de sable) afin de pomper les sels. Pour le crépi final, on s'est servi de chaux hydraulique. Le revêtement de marbre de l'édifice et les incrustations ont été réparés : les pierres et les éléments sertis fissurés ou brisés ont été remplacés. Les crampons de fer ont été remplacés par des crampons de cuivre. A l'intérieur, le béton en mauvais état du sommet de la coupole a été enlevé et la surface dégagée a été recouverte d'une couche de béton à la chaux de Kankar d'une épaisseur de 7,5 cm, sur laquelle a été étendue une autre couche composée de ciment, de sable et de béton dans les proportions de 1-2-4. Le revêtement de l'intérieur de la coupole a été allégé, puisqu'il n'a plus que 11 cm d'épaisseur au lieu d'environ 36 cm. Les piliers et autres éléments structurels détériorés ont été remplacés de manière que ces changements ne portent pas atteinte à la valeur esthétique de l'édifice.

Les cavernes et les sculptures d'Elephanta

Site. Les cavernes d'Elephanta (19° de latitude nord et 73° de longitude est) taillées dans le roc sont situées sur une île de la côte occidentale de l'Inde, à 11 km au nord-est de Bombay. Les cavernes et les sculptures datent du début du VII^e siècle de notre ère, elles appartiennent à la période « post-goupta ». On y remarque notamment

une très vaste caverne composée d'une grande salle centrale soutenue par des piliers cylindriques reposant sur un haut socle cubique et surmontés de supports d'entablement. A l'intérieur, on trouve d'importantes sculptures taillées directement dans le roc.

Les cavernes et les sculptures se désintégraient, notamment sous l'action des sels marins absorbés par la roche poreuse et des infiltrations d'eau. Les sculptures, les piliers et la roche du toit s'écaillaient, et des fragments s'en détachaient. De larges fissures s'étaient produites. Pendant la plus grande partie de l'année, l'eau provenant de la colline située au-dessus, saturée pendant la mousson, suintait dans les cavernes.

Mesures de protection. La terre, la végétation et les roches désintégrées ont été enlevées du haut de la caverne. Un certain nombre de trous convenablement espacés ont été forés au-dessus de la caverne, à des profondeurs variées, et l'on a injecté sous pression du ciment liquide dans les fissures. Des trous ont été creusés dans le roc formant la paroi postérieure de la caverne, parfois jusqu'à 20 mètres de profondeur, et des injections de ciment liquide sous pression ont été effectuées afin de colmater les fissures et les crevasses qui permettaient à l'eau de pénétrer dans la caverne. La concentration des sels sur les sculptures a été diminuée grâce à des applications répétées de pâte de papier. Dans certains cas, il a fallu faire jusqu'à sept applications. Le taux de réduction de la concentration du chlorure de sodium par applications de pâte de papier est indiqué ci-dessous pour un panneau.

| <i>Applications</i> | <i>Poids en g de NaCl extrait, par 1 000 cm² de pâte de papier d'une épaisseur d'environ 13 mm</i> |
|---------------------|---|
| 1 | 0,7095 |
| 2 | 0,528 |
| 3 | 0,2 |
| 4 | 0,2 |

Après ce traitement à la pâte de papier, la surface a été recouverte d'une ou deux

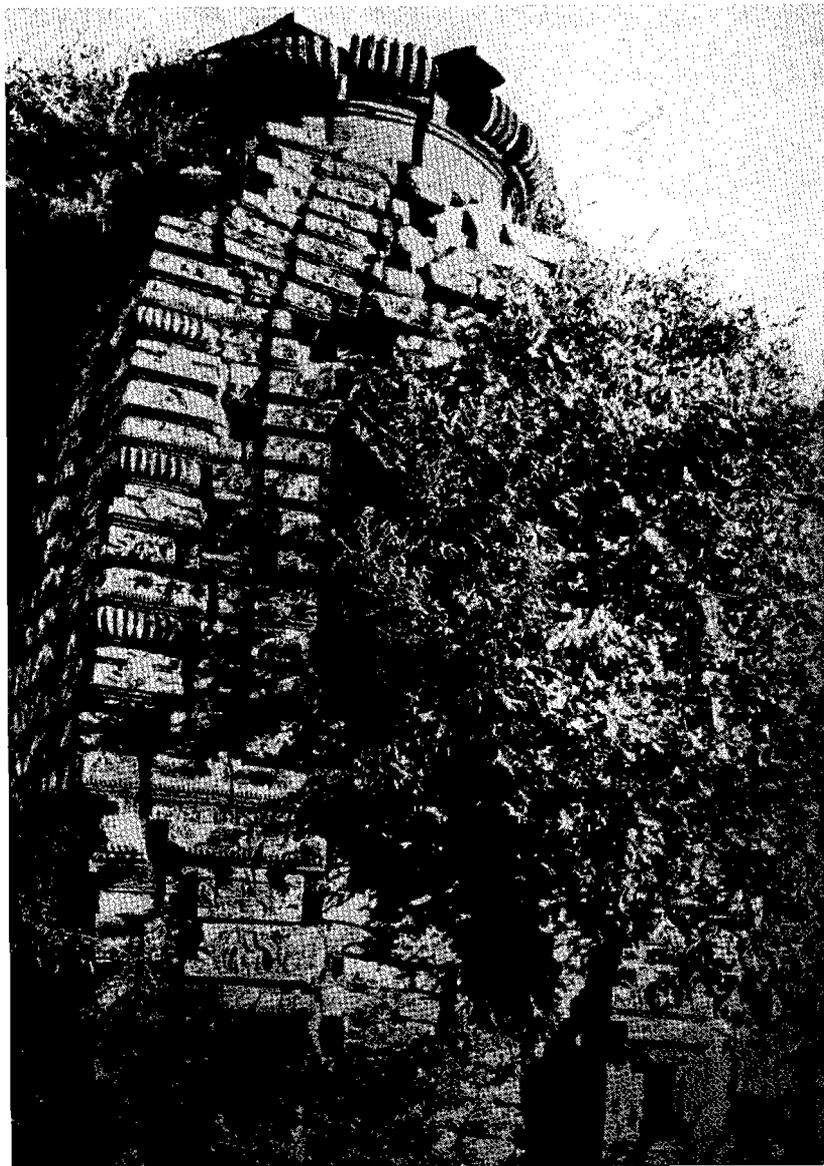


Planche 11

Bhubaneshwar (État d'Orissa). Éléments d'un temple envahi par des arbustes et des arbres. Dans les régions tropicales humides, la végétation peut se développer avec une rapidité extrême. Les racines, qui disloquent les monuments, ont une action particulièrement destructrice.



Planche 12a

Le temple de Mukteshwar, État d'Orissa (Inde). On remarquera l'envahissement par les mousses et les lichens qui menace beaucoup de monuments de pierre dans les régions tropicales humides.

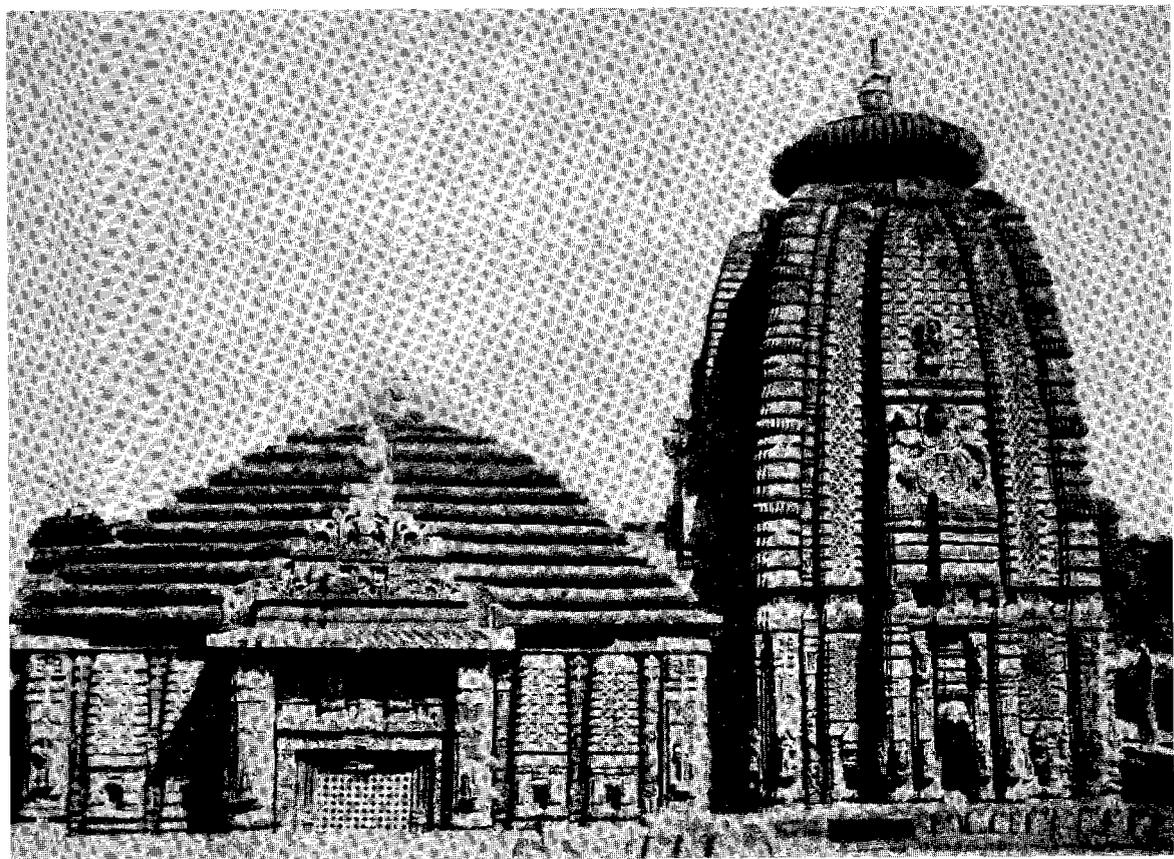
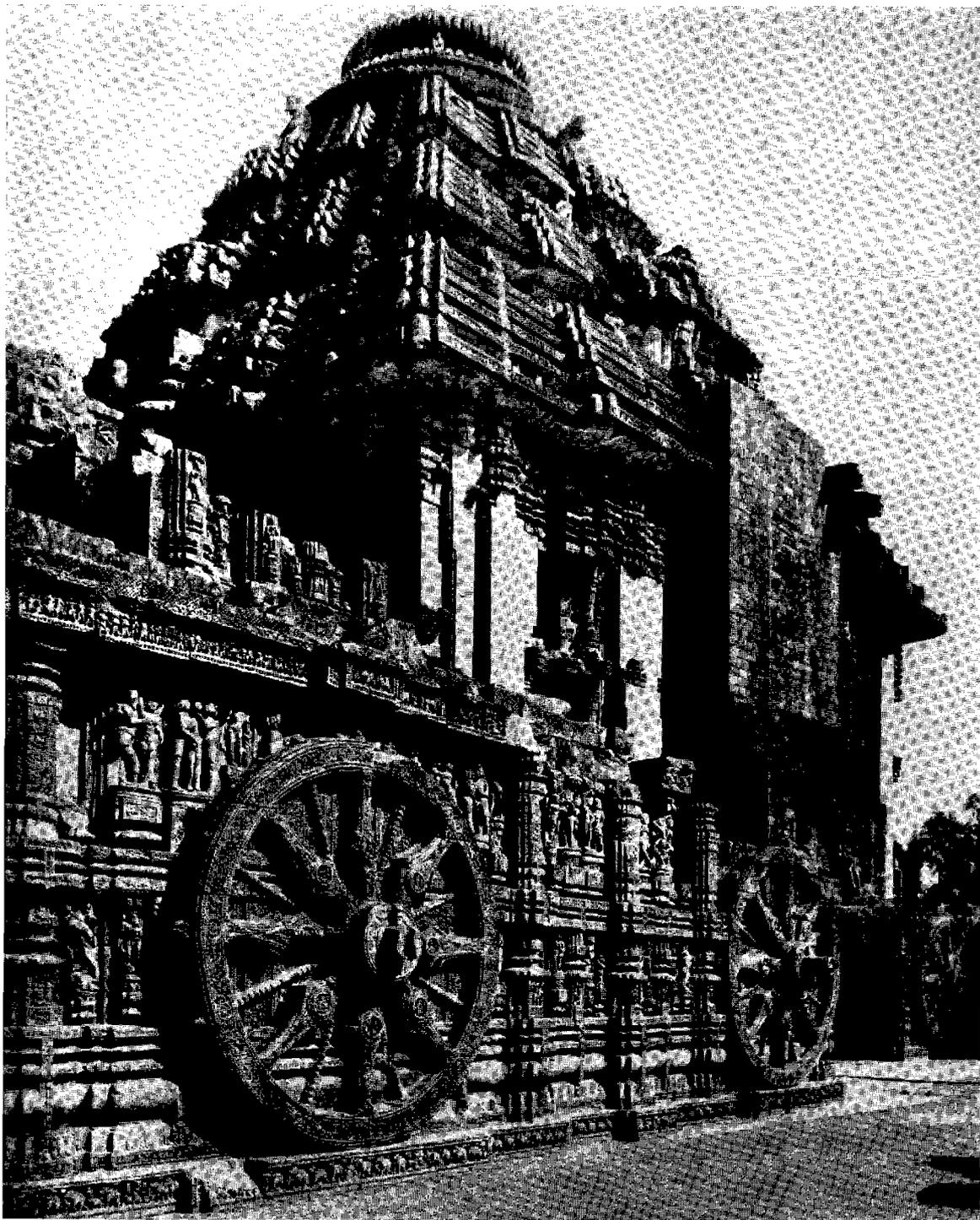


Planche 12b

Le temple de Mukteshwar après traitement
aux fongicides.



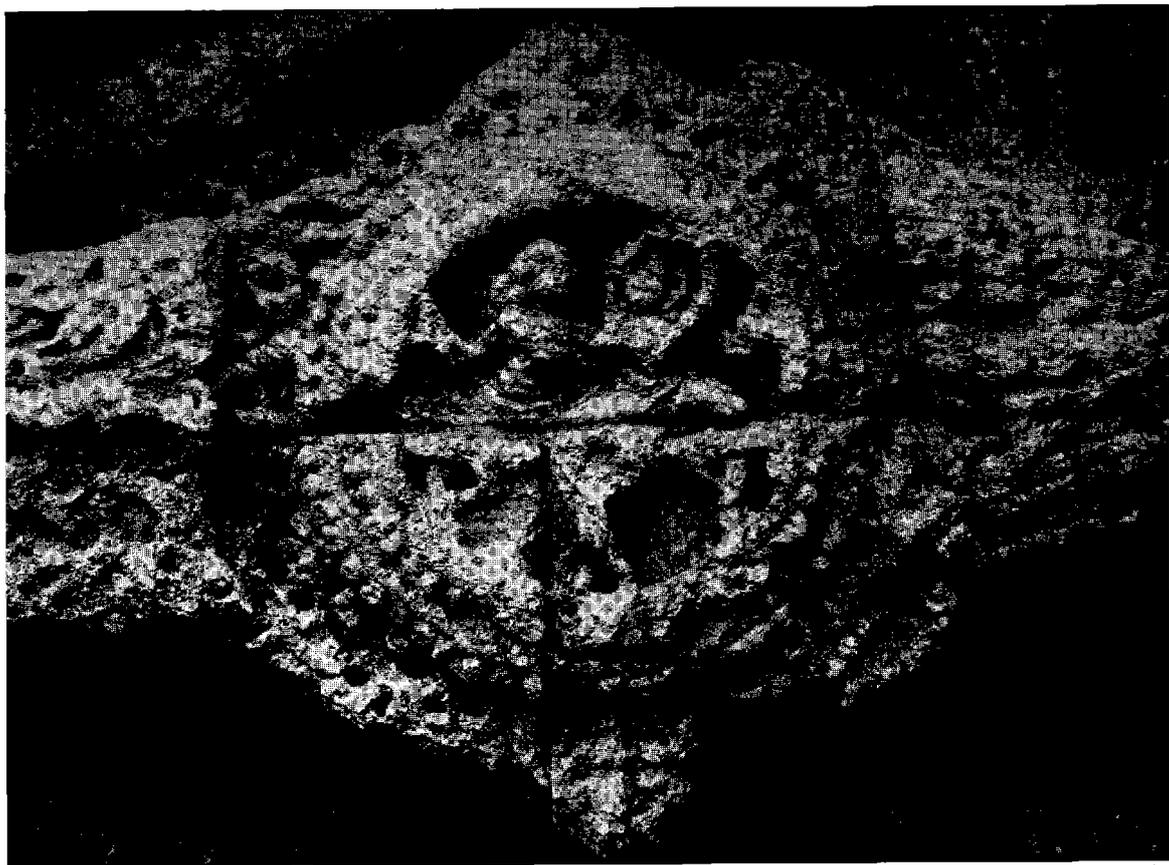


Planche 13b

Détail de phénomènes de lixiviation sur un des rayons des roues de pierre qui décorent le temple du Soleil à Konarak.

Planche 13a

Le temple du Soleil à Konarak (Inde), après les travaux de préservation.



Planche 14

Gol Gumbad, dans l'État de Maharashtra (Inde).
Renforcement de l'intérieur du dôme à la
gunité (1949-1951).

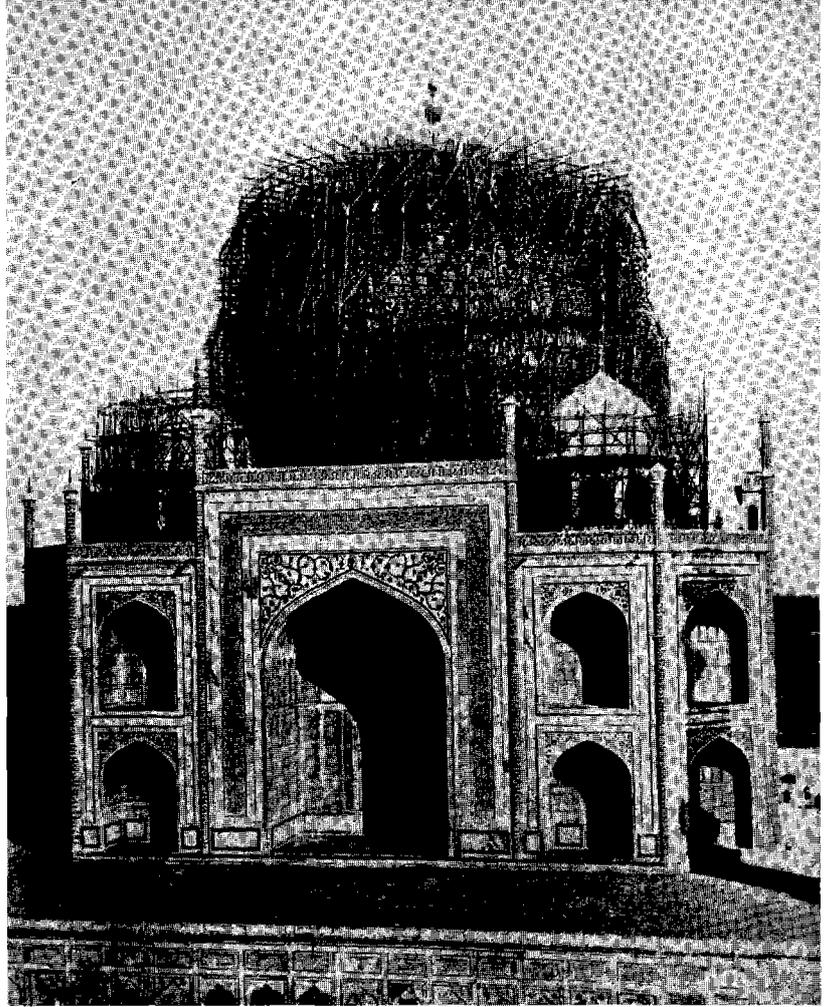


Planche 15
Réparation du dôme du Taj Mahal (Agra).



Planche 16 a

Salle creusée dans le roc à Ellora dans l'État de Maharashtra (Inde). L'un des piliers porteurs est fortement désagrégé.

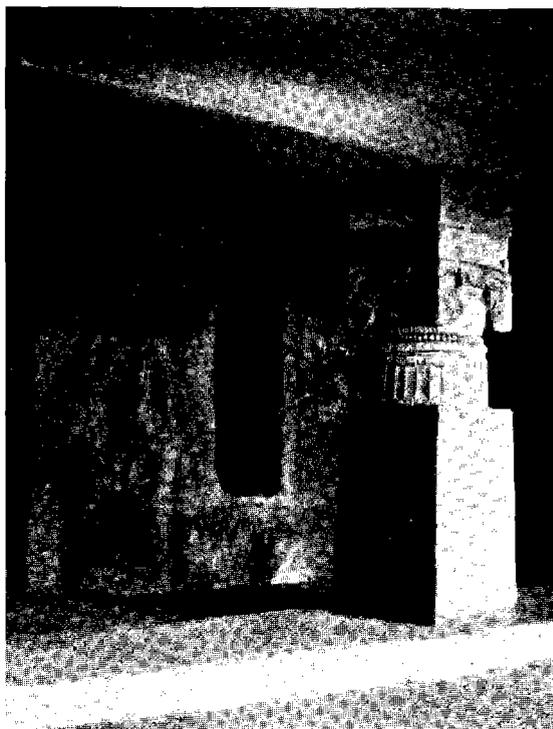


Planche 16 b

Le pilier restauré.

couches de solution d'acétate de vinyle à 5 %. Les colonnes détériorées ont été remplacées par une simple maçonnerie de pierres de taille pour soutenir le toit. Les parties détachées ou craquelées de toutes les sculptures ont été intérieurement consolidées au moyen de goujons de métal inoxydable et les fissures des panneaux ont été soigneusement remplies d'un mortier de couleur convenable.

Ellora

Site. Ellora (20° de latitude nord et 75° de longitude est) se trouve à environ 30 km d'Aurangabad dans l'État de Maharashtra. On y trouve 34 cavernes taillées dans le roc au pied d'une colline; la plus grande, (n° 16), appelée *Kailash*, date du VIII^e siècle. Les plus anciennes remontent à l'an 500 de notre ère. Ces cavernes ont été occupées en même temps par des moines bouddhiques, brahmaniques et jaïna. Presque toutes sont précédées d'une cour.

La roche dans laquelle ont été creusées les cavernes et modelées les sculptures est du basalte en escalier du Deccan, qui a pour caractéristique de se dilater graduellement quand il est exposé à l'air et de s'altérer en argile brune, rouge ou noire. Les sculptures

et les piliers comme les plafonds et les parois donnent des signes de désintégration. Les infiltrations d'eau à travers les plafonds et les parois ont accéléré la détérioration aussi bien des cavernes que des sculptures. L'eau s'écoule mal; elle s'accumule dans la colline et comme les cavernes sont situées en dessous, elle s'infiltré par le plafond et les parois.

Mesures de protection. Les mesures suivantes ont été prises :

1. Établissement de drains de surface au-dessus des cavernes pour évacuer l'eau de pluie sans qu'elle cause de dégâts.
2. Colmatage des fissures au ciment liquide.
3. Construction de supports maçonnés partout où c'est nécessaire, le renforcement au moyen de béton étant préféré à la maçonnerie en moellons.
4. Fixation aux murs, au moyen de goujons de cuivre, des parties de sculptures risquant de se détacher.
5. Restauration, réduite au minimum, des parties manquantes des sculptures et des piliers et stabilisation au béton des parties en surplomb mal assujetties (planche 16a, b), et fermeture du sanctuaire au moyen de portes afin d'éviter qu'il ne soit souillé par les chauves-souris et les oiseaux.

ANNEXE

ORGANISATION D'UN SERVICE DE PROTECTION DES MONUMENTS

H. J. Plenderleith

Nous terminerons en rappelant que tout service chargé de la protection et de l'entretien des monuments sous les tropiques doit posséder :

1. Une documentation composée notamment de cartes régionales et locales, indiquant la position des monuments.
2. Un fichier contenant l'historique de chaque monument.

3. Des collections de photographies (y compris des photographies aériennes, ou tout au moins la possibilité d'en consulter).
4. L'équipement en instruments permettant de mesurer l'humidité, etc., et des appareils photographiques pour tenir à jour la documentation.

5. Un atelier pour les travaux d'urgence et les réparations, installé dans un dépôt central et (ou) dans des dépôts régionaux appropriés.
6. Un équipement de base permettant au service de faire des travaux de consolidation permanente au moment de l'année le mieux indiqué.
7. Un système de surveillance suffisant, les monuments ayant besoin d'être protégés contre beaucoup d'ennemis en puissance dont le moindre n'est sans doute pas l'homme lui-même !

Les personnes chargées de la sauvegarde des monuments doivent être attentives à ce qui se passe dans le monde et rester en relation avec les principaux représentants de leur culture ou de cultures similaires, qu'ils résident dans le pays ou à l'étranger. Ils ne doivent pas hésiter à demander conseil, en cas de besoin, au Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels (Rome).

BIBLIOGRAPHIE

DAIFUKU, H. 1963. *The preservation of monuments: a Unesco programme*. Australian National Advisory Committee for Unesco, 4 juillet 1963. (Information circular, XIV.)

WILLCOX, Horace. 1954. Removal and restoration of the monuments of Caracol. *Bulletin of the University Museum*. Université de Pennsylvanie, juin 1954.

La conservation des sites urbains

INTRODUCTION

Le xx^e siècle se caractérise par l'essor des collectivités dont la vie économique est fonction de l'industrialisation et, en conséquence, par le développement de grands centres urbains. On observe ainsi deux phénomènes : diminution progressive de la population rurale (s'accompagnant parfois d'un déclin plus ou moins prononcé des petits centres urbains) et croissance des grandes villes au détriment des campagnes et des localités voisines. L'évolution économique entraîne souvent la disparition progressive de petits centres historiques qui, à mesure que s'exécutaient divers plans de rénovation urbaine, se sont trouvés englobés dans de grandes villes. Il arrive aussi que des localités situées à une certaine distance de vastes agglomérations soient abandonnées ou détruites, du fait de l'application de programmes de « modernisation ». Sans doute les monuments de grande valeur artistique ou historique sont-ils, dans bien des cas, individuellement protégés, mais ils se trouvent alors placés dans un cadre nouveau qui accentue leur caractère de vestige.

Les plans de rénovation et d'urbanisation rapides tendent également à miner les groupes sociaux tels que l'« unité de voisinage ». L'anonymat qui règne souvent dans les grands ensembles d'habitation est peut-être, lui aussi, à l'origine du malaise que l'on observe dans les grandes villes. L'homme a besoin de racines, de liens, non

seulement avec ses contemporains, mais aussi avec son passé.

Soulignons d'entrée que sauvegarder l'intégrité d'un site ne consiste pas nécessairement à assurer la préservation de tous les monuments qui s'y élèvent. Certains sacrifices peuvent se révéler indispensables ; car, même quand la protection de chacune des unités architecturales situées dans le périmètre du site paraît présenter un intérêt capital, c'est avant tout à la conservation et à la protection de l'aspect général de ce site qu'il convient de s'attacher. La démolition d'édifices secondaires pourra être envisagée dans certains cas, comme étant propre à favoriser l'heureuse mise en valeur d'un édifice plus important ; mais les autorités responsables de la conservation du site pourront fort bien, après avoir examiné la question, s'opposer à une telle mesure, si celle-ci leur paraît de nature à nuire à l'intégrité du site ou à fausser sa signification historique.

Un site urbain peut être important du point de vue de l'administration publique d'un pays ou d'une région ; mais il y a parfois d'autres raisons d'en assurer la protection. Un tel site peut, par exemple, présenter un intérêt historique exceptionnel, compter parmi les éléments qui rattachent le présent au passé, ou se distinguer à la fois par ses monuments et par son cadre. Mais, quels qu'en soient les motifs, la conservation d'un site doit toujours tendre, non seulement à la protection des composantes de ce site, mais aussi à la préservation de son aspect d'origine. Cela est essentiel. Il y a, en matière

de conservation, des critères généraux qui sont normalement observés dans toutes les régions du monde, mais les conditions propres aux régions tropicales soulèvent, bien entendu, des problèmes particuliers, qui retiendront spécialement notre attention dans le présent chapitre.

Nous allons prendre, pour illustrer bon nombre de points, l'exemple de l'ancienne ville d'Ouro Preto, sur le plateau oriental du Brésil (à 20° 20' de latitude sud). L'humidité et les températures diurnes y atteignent des chiffres élevés, mais les nuits y sont fraîches en raison de l'altitude (1 030 à 1 060 m). Issue d'un petit campement de chercheurs d'or qui s'étaient établis là en 1701, cette ville avait, au bout de vingt ans, suffisamment prospéré pour devenir la capitale de la nouvelle province de Minas Gerais. Telle qu'elle se présente actuellement, avec des édifices qui s'étagent de bas en haut d'une forte pente, elle porte les marques de son histoire : enrichissement précoce, puis période de rapide essor suivie d'un siècle et demi de puissance et de prestige et, enfin, déclin progressif, appauvrissement et perte de son statut de capitale. La ville est, depuis 1933, placée sous la protection de l'État, et les autorités officielles ont dû intervenir pour assurer la conservation du quartier où se dressent les beaux bâtiments publics qui datent du temps de sa splendeur (planche 17).

LÉGISLATION

Les textes législatifs ou administratifs sur lesquels on peut s'appuyer pour assurer la conservation d'une ville, d'un village ou d'un quartier d'autrefois sont toujours plus complexes que ceux qui s'appliquent à la protection de monuments isolés. Cela tient essentiellement à la multiplicité des droits de propriété qui s'exercent sur tout site encore habité par les hommes (planche 18). Il arrive, bien entendu, qu'on ait à protéger des sites qui, très peuplés autrefois, sont aujourd'hui abandonnés. Les problèmes à

résoudre ne sont pas alors plus compliqués que ceux qui se poseraient dans le cas d'un monument isolé, puisqu'il s'agit simplement de préserver le site en question de toute nouvelle occupation ou utilisation. Mais, bien souvent, les sites historiques, en dépit d'un déclin résultant de la disparition progressive des influences économiques et sociales qui avaient fait leur prospérité, demeurent habités. La politique de conservation et ses modalités d'application doivent alors être suffisamment souples pour pouvoir s'adapter à chaque situation particulière.

Un site urbain ne peut bénéficier d'une protection permanente et efficace que s'il est soumis à un régime de conservation nettement défini et convenablement étayé par la législation nationale. Les pouvoirs publics doivent être habilités à appliquer les mesures nécessaires pour faire respecter l'intégrité de l'ensemble architectural et de son cadre, autrement dit la législation nationale doit être telle que le site et ses monuments puissent à tout moment être soustraits — par voie de décret ou de décision administrative — aux dangers dont ils seraient menacés.

ADMINISTRATION DES SITES

Les services administratifs qui ont à appliquer cette législation doivent d'abord s'assurer que toutes les mesures prévues par la loi ont bien été prises. Dans le cas d'un site habité, les principales obligations à remplir peuvent être les suivantes :

1. Créer un « service d'inspection » chargé d'exercer une constante surveillance sur le site et ses abords.
2. Dresser un inventaire de tous les biens — meubles et immeubles — qui auront été reconnus comme faisant partie des richesses culturelles du site.
3. Instituer un département spécial de conservation qui devra prendre généralement soin du site et s'occuper en particulier de la réparation et de la restauration de ses éléments primitifs.

La conservation des sites totalement et définitivement abandonnés pose peu de problèmes, puisqu'il s'agit à peu près uniquement de trouver l'argent et le personnel technique dont on aura besoin pour les travaux de protection et de restauration. Mais, si l'on a affaire à des sites qui sont encore habités ou occasionnellement occupés, il convient de réfléchir aux moyens, nettement plus importants, qui devront être mis en œuvre pour en assurer la conservation.

CAUSES DE DÉTÉRIORATION

La conservation de tout un site urbain exige évidemment des opérations plus complexes, et plus coûteuses, que celle d'un monument isolé. Aussi y a-t-il de fortes chances pour que, là où il y a eu déclin économique et appauvrissement de la population locale, ces opérations soient totalement négligées, alors que l'omission d'une seule d'entre elles pourrait suffire à entraîner immédiatement une détérioration générale.

Les moyens à employer pour prévenir le déclin économique et social d'un site urbain n'ont pas à être étudiés dans le cadre du présent manuel. Mais le plus élémentaire devoir des autorités préposées à la conservation des monuments et des sites est, à notre avis, de prévoir toutes les causes possibles de détérioration et de prendre en temps opportun les mesures préventives nécessaires.

Types de construction

Nous avons déjà indiqué que, dans les pays tropicaux, certaines causes de détérioration prennent plus d'importance qu'ailleurs. Cela tient en grande partie au fait que, dans bien des cas, les constructions qu'on rencontre dans ces pays se caractérisent par une fragilité due à la précarité des conditions d'existence de ceux qui les ont édifiées. Prenons par exemple le cas des villes qui se sont construites en Amérique du Sud à l'époque où y

sont arrivés de nombreux chercheurs d'or et autres métaux précieux: on constate facilement que c'est en majeure partie à des facteurs internes qu'a été due leur détérioration: la plupart des maisons étaient en effet en bois, avec des cloisons en divers métaux légers et pouvaient facilement prendre feu. Or des constructions aussi sommaires sont réprouvées dans les villes modernes et l'on a tendance à les laisser disparaître. Il arrive de même qu'on laisse se modifier, jusque dans ses traits essentiels, la configuration primitive d'une ville. C'est ainsi qu'en Amérique latine, parmi les curiosités qui mériteraient d'être conservées, on peut citer les réseaux curieux de routes et de rues à deux niveaux caractéristiques de certaines régions minières; mais comme on a aujourd'hui tendance à uniformiser et aplanir au maximum le réseau routier, ces vieilles routes disparaissent peu à peu. C'est pour des raisons de ce genre que la conservation des sites urbains est infiniment plus difficile à assurer en Amérique latine qu'en Europe, par exemple, où les édifices sont en général construits plus solidement et en matériaux plus résistants.

Causes naturelles de détérioration

Les principales causes naturelles de détérioration observées dans les régions tropicales sont de trois sortes:

1. Les infiltrations d'eau de pluie, qui finissent par imbiber le bois, éroder le sol, affaiblir les fondations, développer une humidité favorable aux moisissures ou autres agents biologiques de destruction (planche 19) ce qui entraîne l'affaiblissement, puis l'effondrement des charpentes en bois et même la décomposition du revêtement intérieur des murs.
2. Les insectes font des ravages; c'est notamment le cas des termites, qui sont capables de détruire en très peu de temps tous les meubles et autres pièces en bois, et des fourmis, qui s'attaquent aux fondations.

3. La végétation tropicale, bien connue pour sa vitalité et son exubérance, peut faire éclater toitures et parois et miner les fondations.

Effets de la négligence

A ces causes naturelles de détérioration, particulièrement importantes sous les tropiques, viennent s'ajouter des facteurs humains.

La remise en état d'édifices depuis longtemps abandonnés à leur sort exige évidemment des réparations importantes. Mais l'appauvrissement de telle ou telle fraction de la population peut — si attachée soit-elle au souvenir d'un glorieux passé — rendre pratiquement impossibles des réparations aussi sérieuses.

Certains édifices sacrés se sont, pour la même raison, plus ou moins rapidement délabrés à la suite du déclin ou de la disparition des paroisses ou communautés religieuses dont ils dépendaient. Les entreprises de caractère industriel ou commercial ont, elles aussi, souffert, et c'est à peine si l'on retrouve aujourd'hui la trace de professions autrefois florissantes.

Reconstruction et modernisation

Il existe un autre danger, moins évident : c'est celui que courent les quartiers urbains qui se sont repeuplés ou sont sur le point d'être « modernisés ». Les nouveaux habitants de ces quartiers aspirent naturellement au progrès ; aussi les pouvoirs publics et organismes privés se trouveront-ils souvent conduits à prendre, dans leur désir de répondre à ces aspirations, des mesures qui se révéleront défavorables à la protection des sites et de leurs richesses culturelles. Les autorités locales décideront, par exemple, d'élargir les rues ou de rendre certains terrains disponibles pour la construction d'immeubles ; on se préparera éventuellement à refaire les chaussées, à tendre des lignes électriques, à installer des lampadaires et autres appareils pour illumination des

monuments ; quelques sociétés privées entreprendront d'agrandir et de moderniser leurs immeubles existants ou d'en édifier d'autres, ce qui pourra entraîner la démolition de bâtiments d'un style plus ancien ou l'empiètement utilitaire d'espaces verts. Plus flagrantes encore sont les atteintes que peuvent porter à l'harmonie du paysage les gratte-ciel et les panneaux publicitaires criards ou les sordides guinguettes qui bordent les routes. Il semble en outre qu'on ait, dans le monde entier, la déplorable manie de garer les voitures et même les autobus aux endroits où leur présence s'harmonisera le plus mal avec la beauté du paysage ou de l'architecture (planche 20). Encore n'est-ce là que la moins grave conséquence de l'invention du moteur à combustion interne. La circulation automobile est en effet devenue dans les villes un véritable facteur de destruction et, dans les rues étroites de certains quartiers, le passage incessant de lourds véhicules ébranle à la fois, avec des effets désastreux, les murs et les fondations des immeubles.

Si incroyable que cela puisse paraître, l'expérience montre également que, presque toujours, la renaissance économique d'un centre urbain naguère délaissé présente, pour les sites historiques, plus d'inconvénients que n'en aurait eu la persistance de ce délaissement. La raison en est que les effets des causes naturelles de détérioration mettent longtemps à se faire sentir, alors qu'une « modernisation » mal conçue peut, en un laps de temps très bref, infliger à un site des dommages qui seront, de par leur nature même, irrémédiables.

RÉGIME DE PROTECTION

A partir du moment où sont connues les principales causes de détérioration d'un site, il devient possible de mettre au point des méthodes de conservation. La réparation, même totale, des parties endommagées ne saurait suffire : il faudra également prendre des mesures de protection pour l'avenir.

Autrement dit, il faudra instituer sur place des services spéciaux dotés de tous les pouvoirs administratifs qui leur seront nécessaires pour empêcher de nouvelles détériorations et pour assurer une surveillance efficace des lieux.

LOIS ET RÈGLEMENTS SPÉCIAUX

Les dispositions légales et administratives qui visent à assurer la protection d'une zone déterminée doivent être parfaitement claires ; il importe en effet que les particuliers et les sociétés soient dûment avertis des sanctions qu'ils encourraient en enfreignant ces dispositions et que les agents locaux des services de conservation soient mis en mesure de réprimer rapidement de telles infractions et de lutter efficacement contre tout danger qui menacerait le site. Bien qu'on ne puisse naturellement pas, en établissant les lois ou règlements, prévoir toutes les éventualités, du moins peut-on essayer de parer ainsi à celles qui ont le plus de chances de se matérialiser un jour.

Responsabilités des autorités officielles

Il est à peu près impossible de savoir d'avance quels sont les principes juridiques et administratifs dont l'application permettrait de conjurer toute menace ; on se trouvera donc souvent en présence de cas qui n'auront pas été prévus par le législateur. Le représentant de l'administration devra alors, pour défendre l'intégrité du site, ne pas craindre de s'opposer, s'il le faut, à la population locale et aller, au besoin, jusqu'à porter l'affaire devant les tribunaux.

Aide à attendre de la population

Les habitants d'une zone dont les sites sont soumis à une protection spéciale ne devraient cependant pas en vouloir aux agents chargés d'assurer cette protection. Il faut leur faire comprendre que leur situation n'a rien d'unique (puisque les critères qui président

à la conservation des monuments et des sites sont à peu près les mêmes dans tout le monde civilisé), que leurs richesses culturelles méritent d'être conservées même s'ils doivent en ressentir quelque gêne, que ces richesses font partie du patrimoine mondial et que leur préservation est du plus haut intérêt pour l'humanité. La population devrait également être encouragée à reconnaître le caractère officiel de la mission qui incombe aux agents des services de conservation. Il faut se rappeler qu'en Italie, pays le plus riche du monde en trésors artistiques et historiques, on a reconnu la nécessité de donner aux services administratifs le pouvoir de prendre des décisions qui l'emportent sur celles des tribunaux.

CONFLITS DE COMPÉTENCE

Notons cependant que les difficultés que soulève la conservation d'un site urbain ou d'un quartier historique ne sont pas nécessairement dues à la seule population locale. Souvent, en effet, des conflits de compétence se produisent entre les services de conservation et d'autres services publics et posent des problèmes très difficiles à résoudre. Prenons, par exemple, le cas du Brésil : on y trouve des villes qui, construites au temps où le pays faisait l'objet d'une exploration intense, ont vu leur population s'amenuiser et s'appauvrir à mesure que faiblissait l'intérêt jadis suscité par les mines de métaux et de pierres précieuses. L'ancien mode d'administration n'en a pas moins été jalousement maintenu. Il en résulte que, lorsque le caractère historique ou artistique de ces villes leur a valu d'être rangées parmi les « sites classés », l'administration locale a souvent jugé que les services de conservation empiétaient sur ses attributions. Dans de tels cas, tous les efforts devraient être faits pour arriver à un accord destiné à éliminer dès l'origine les motifs de conflit et pour définir une politique générale de conservation qui ne risque pas de porter atteinte à l'autorité de l'administration

locale. Il conviendrait notamment de préciser dans chaque cas le degré de liberté dont l'administration locale devrait continuer à jouir pour pouvoir développer le centre urbain en cause sans que cela porte atteinte ni au caractère historique du site ni aux intérêts du service de conservation.

SURVEILLANCE DES SITES

La première chose à faire est d'organiser un service d'inspection qui devra veiller, conformément à une discipline stricte, sur l'ensemble du site. L'efficacité de la conservation ne peut en effet être assurée que grâce à un travail quotidien d'observation et de contrôle portant à la fois sur le site lui-même et sur ses trésors culturels.

Si l'on constate des signes de détérioration dans un édifice, dans une chaussée historique ou dans un décor de verdure, il convient de prendre toutes mesures utiles pour remédier au mal avant que celui-ci ne s'aggrave et, de toute façon, avant qu'il ne devienne irréparable. Bon nombre des dommages qui pourraient résulter des actes ou de la négligence des hommes pourront également être évités si l'on agit à temps.

Les inspecteurs doivent être prompts à réagir contre les innovations qui risquent de nuire à l'aspect général ou à la beauté architecturale du site telles que fils électriques inesthétiques, lampadaires s'harmonisant mal avec le style des vieilles rues (planche 21), panneaux publicitaires agressifs, etc., et parer rapidement à tous abus ou négligences qui pourraient porter atteinte à l'intégrité de l'ensemble architectural et de son cadre.

INVENTAIRE ET CATALOGAGE

Un bon service de conservation exige en outre l'organisation d'une section dont le rôle consistera à dresser l'inventaire des richesses artistiques du site et de ses caractéristiques naturelles. Destiné non seulement à faciliter les travaux d'érudition en mettant des informations exactes à la

portée de tous les intéressés, mais aussi à rendre plus aisée la sauvegarde des biens matériels en cause, cet inventaire doit donner lieu au rassemblement systématique de documents fournissant tous les renseignements possibles sur la zone à protéger. Il est particulièrement intéressant de réunir des plans topographiques reproduisant, à une échelle convenablement choisie, et avec courbes de niveau, la configuration générale du site (fig. 44) et de compléter ces plans au moyen d'un relevé photographique. Il faut en outre photographier tous les éléments du site (rues, routes, bâtiments, etc.) et leur adjoindre des schémas en coupe, en élévation, etc., ainsi que des dessins représentant les principaux objets de valeur contenus dans les édifices. Il faut relever minutieusement les caractéristiques intérieures et extérieures des monuments civils et religieux et établir un état ou dossier distinct pour chacun des éléments amovibles (autel, revêtement de plafond, fresque, etc.) d'intérêt historique ou artistique. La documentation rassemblée devra, en somme, être suffisamment ample et détaillée pour non seulement faciliter le travail de conservation, mais permettre aussi une reconstitution exacte du site au cas où celui-ci se trouverait détruit dans quelque catastrophe.

PLANIFICATION

La conservation d'un monument qui a toujours été surveillé et ne présente aucun signe de détérioration structurelle ou secondaire ne demande généralement pas de planification spéciale. Il en est de même de la conservation des vieilles villes aujourd'hui abandonnées sur lesquelles ne pèse aucune menace de réoccupation ou de modernisation. Il suffit alors de prendre au moment opportun les mesures que nécessitent les circonstances. Mais la conservation d'un site urbain occupé par une population active exige en revanche qu'on se conforme à un plan d'opérations qui aura été élaboré avec le plus grand soin (fig. 45).



Planche 17

Ouro Preto. Vue du quartier historique de la ville. L'érosion du flanc des collines que l'on distingue à l'arrière-plan est due aux travaux de creusement des mines d'or.

Planche 18

Ouro Preto. Assemblage de maisons appartenant à des propriétaires différents, mais ayant des toits communs.





Planche 19
Ouro Preto. Arrière de maisons de bois
menacées par la décomposition (cryptogames)
et les termites.



Planche 20

Ouro Preto. L'utilisation de la place comme zone de stationnement détourne l'attention du monument et crée une impression de resserrement et non d'espace.

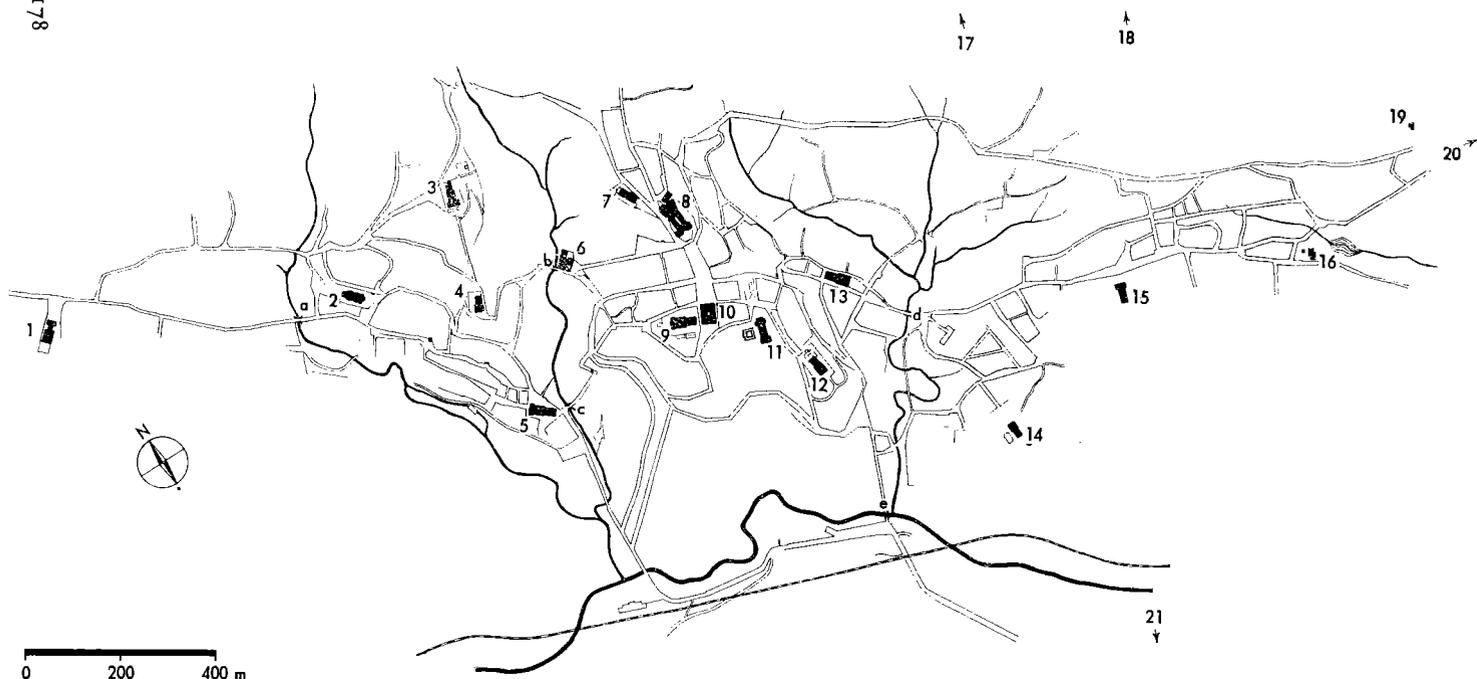


Planche 21

L'un des monuments historiques d'Ouro Preto. Les fils apparents et les lampadaires inesthétiques sont désagréables à voir et jurent avec le monument de style ancien.



Fig. 44. Plan schématique de la ville d'Ouro Preto (Brésil).



- a) Pont Rosário
- b) Pont São José
- c) Pont Pilar
- d) Pont Antonio Dias
- e) Pont Barra

- 1. Église Senhor Bom Jesus de Matosinhos
- 2. Église Nossa Senhora de Rosário
- 3. Église São Francisco de Paula
- 4. Église São José
- 5. Chapelle Nossa Senhora do Pilar
- 6. Casa dos Contos
- 7. Église Nossa Senhora de Mercês e Misericórdia
- 8. École des mines
- 9. Église Nossa Senhora do Carmo
- 10. Musée Inconfidência
- 11. Église São Francisco de Assis
- 12. Église Nossa Senhora das Mercês e Perdões
- 13. Chapelle Antonio Dias
- 14. Chapelle Nossa Senhora das Dores
- 15. Église Santa Efigênia
- 16. Chapelle Padre Faria
- 17. Chapelle São Sebastião
- 18. Chapelle Santana
- 19. Chapelle Nossa Senhora da Piedade
- 20. Chapelle São João Batista
- 21. Chapelle Senhor Bom Jesus das Flores

Fig. 45. Plan schématique d'Ouro Preto indiquant l'emplacement des principaux monuments.

Nombreux sont en effet les facteurs d'ordre matériel ou social qui entrent alors en ligne de compte. Il ne suffit plus de songer à la protection et à la conservation des richesses culturelles. Il faut également prendre en considération les besoins d'une population qui aspire tout naturellement au confort et au progrès et à laquelle il serait peu équitable d'imposer le rude mode de vie d'une époque révolue.

Principes directeurs

Les plans de conservation d'un site historique doivent tendre à sauvegarder non seulement les caractéristiques et la configuration générale des lieux, mais aussi ce qu'on peut appeler les accidents géographiques. On devra s'attacher à préserver certaines dénivellations du sol, ce qui subsiste de certaines vieilles routes, les styles locaux d'architecture, certains jardins publics et privés. Bref, il faudra étudier les moyens de préserver et de mettre en valeur, surtout s'il s'agit de nobles monuments ou de coins particulièrement pittoresques, tous les vestiges du passé; et il faudra aussi s'intéresser constamment au paysage qui sert de cadre au site à conserver, afin d'éviter que son aspect ne se trouve modifié par la construction de bâtiments modernes d'une hauteur démesurée ou par des terrassements inopportuns.

Servitudes et règlements par zones

Il est évidemment essentiel de se préoccuper dans tout plan de réaménagement de l'amélioration des conditions de vie de la population. Aussi avant d'aménager de nouveaux districts ou des villes-satellites nécessaires à l'expansion, faut-il étudier et mettre au point un système de servitudes par zones, afin de protéger de tout empiètement éventuel les anciens sites urbains.

Ce système de servitudes par zones doit être garanti par la loi et répondre aux besoins de la population tout en étant conçu de

manière à permettre la conservation des sites. C'est là une exigence plus impérieuse que toute autre et, si les spécialistes de la conservation constatent que le caractère d'un site risque d'être compromis par l'installation d'entreprises industrielles ou commerciales, ils doivent faire appel à toute leur imagination et à toute leur habileté pour empêcher un tel empiètement; ils doivent même aller jusqu'à essayer de trouver ailleurs des terrains qui feraient encore mieux l'affaire de ces entreprises. Pour l'établissement d'un système de servitudes zonales qui prévoit les besoins du présent et de l'avenir, il faut tenir compte tout à la fois de la nature du terrain, de ses diverses possibilités d'utilisation et des différentes activités et installations qu'on pourrait juger bon d'y implanter par la suite. Mais l'objectif primordial doit toujours être la conservation du patrimoine national.

MESURES PRATIQUES DE CONSERVATION

Les problèmes scientifiques et techniques que peut poser la conservation d'un site urbain sont longuement étudiés aux chapitres 10 et 14 du présent ouvrage, qui traitent respectivement des monuments et des maladies de la pierre. Il nous suffira donc de formuler ici quelques recommandations qui s'expliquent par le caractère composite des sites urbains.

Préservation du caractère original d'un site urbain

Comme on l'a vu, les sites ou quartiers urbains d'intérêt historique doivent bénéficier de la même protection légale que les monuments isolés; la conservation de tout un paysage urbain peut, en effet, présenter autant d'importance que celle d'un monument particulier et de ses abords. L'atmosphère caractéristique d'un vieux quartier, doit à tout prix être sauvegardée et, dans un tel quartier, l'insolite apparition d'immeubles

modernes ferait le plus grand tort au paysage. Il faut donc s'opposer à l'édification de bâtiments dont les proportions jureraient avec celles des ensembles architecturaux existants, et éviter, grâce à des lois strictes, que ces ensembles ne se trouvent submergés par les constructions modernes. Il faut également veiller à ce que les rues conservent ou reprennent leurs anciens noms, même si ceux-ci ont été modifiés dans le louable dessein de commémorer de grands événements ou de rendre hommage à d'éminentes personnalités. Si l'on entreprend des travaux de réparation ou de consolidation, il convient de respecter (sauf cas de force majeure) les anciens procédés de construction et les anciens modes de pavage des rues ou des routes. Doivent également être respectées certaines particularités architecturales intéressantes : les toits, les corniches, les fenêtres ou croisées, etc., ainsi que les couleurs originales des faces intérieures et extérieures des murs.

*Modernisation d'un site
ou quartier urbain d'intérêt historique*

L'intégrité du site ne sera cependant pas compromise par des altérations de faible importance ou relativement peu visibles. Certaines altérations peuvent donc, si elles sont peu apparentes ou n'affectent que des édifices d'intérêt secondaire, être tolérées. L'aspect extérieur d'un bâtiment ancien, ou les éléments caractéristiques qui en subsistent, doivent absolument être sauvegardés ; mais, à l'intérieur, les modernisations sont généralement admissibles ; il ne faut cependant pas, si le plan intérieur est lui-même considéré comme présentant un intérêt exceptionnel, l'altérer par d'inopportunes modifications. Les éléments structuraux ou décoratifs particulièrement remarquables doivent également être sauvegardés.

LIMITATION DE LA PUBLICITÉ
COMMERCIALE

Pour conserver à un site son caractère d'autrefois, il faut lutter contre certaines pratiques et, notamment, contre certaines formes de publicité commerciale. L'abondance des affiches et panneaux publicitaires à éclairage fixe ou intermittent — dont certains atteignent de grandes dimensions — caractérise aujourd'hui l'aspect nocturne de nos villes qui, pour séduire les foules, se veulent ruisselantes de lumière. Il serait impossible de sauvegarder le caractère original d'un site où serait tolérée la publicité au néon, car toute réclame doit, en vertu des principes mêmes de la publicité, être placée de façon à attirer immédiatement le regard. La proximité d'éléments étrangers tels que les réclames publicitaires ne peut que nuire à la beauté et au pittoresque des sites urbains historiques. Prendre comme supports d'une publicité multiforme les monuments ou bâtiments historiques hérités du passé, c'est sans aucun doute porter atteinte à leur noblesse et à leur dignité. Les placards publicitaires et affiches en couleur, qui, sauf dans les pays les plus évolués, bordent partout les grandes routes, détruisent la poésie du paysage. Les services de conservation devront prendre de rigoureuses mesures pour que toute publicité criarde de ce genre soit bannie des sites à protéger et de leurs alentours. Il faudra établir des règles strictes quant aux normes auxquelles une affiche ou réclame devra répondre en ce qui concerne les dimensions, la forme, la présentation, l'emplacement et le contenu, pour pouvoir figurer sur un site classé ou à proximité.

CIRCULATION ROUTIÈRE
ET STATIONNEMENT

Les problèmes que posent l'intensité de la circulation routière, le stationnement de véhicules de toutes sortes et le chargement et déchargement des camions sont

inévitables dans toute ville moderne. Dans les grandes agglomérations, le développement considérable de la circulation entraîne automatiquement un accroissement du nombre de voitures en stationnement. Il s'agit là d'une caractéristique de notre époque : l'insuffisance des parcs de stationnement soulève, dans tous les pays du monde, des difficultés qui s'aggravent de jour en jour. Et l'on n'entrevoit pas encore le moyen d'y remédier.

Parc de stationnement pour touristes

Là où certaines mesures restrictives peuvent être appliquées, aux alentours des monuments classés, par exemple, le problème du stationnement est plutôt lié aux besoins des visiteurs qu'à ceux de la population locale. Nous n'avons certes rien à redire à l'attrait qu'exercent sur le public les sites et monuments dignes d'intérêt; nous estimons, au contraire, que, puisque le tourisme peut jouer sur le plan économique et culturel un rôle important, les pouvoirs publics et les services de conservation doivent, en tant que mandataires de la collectivité, favoriser ses progrès. Ils tomberaient d'ailleurs dans l'absurde en essayant d'isoler du reste du monde ou de rendre difficiles d'accès les zones dont ils ont à assurer la protection.

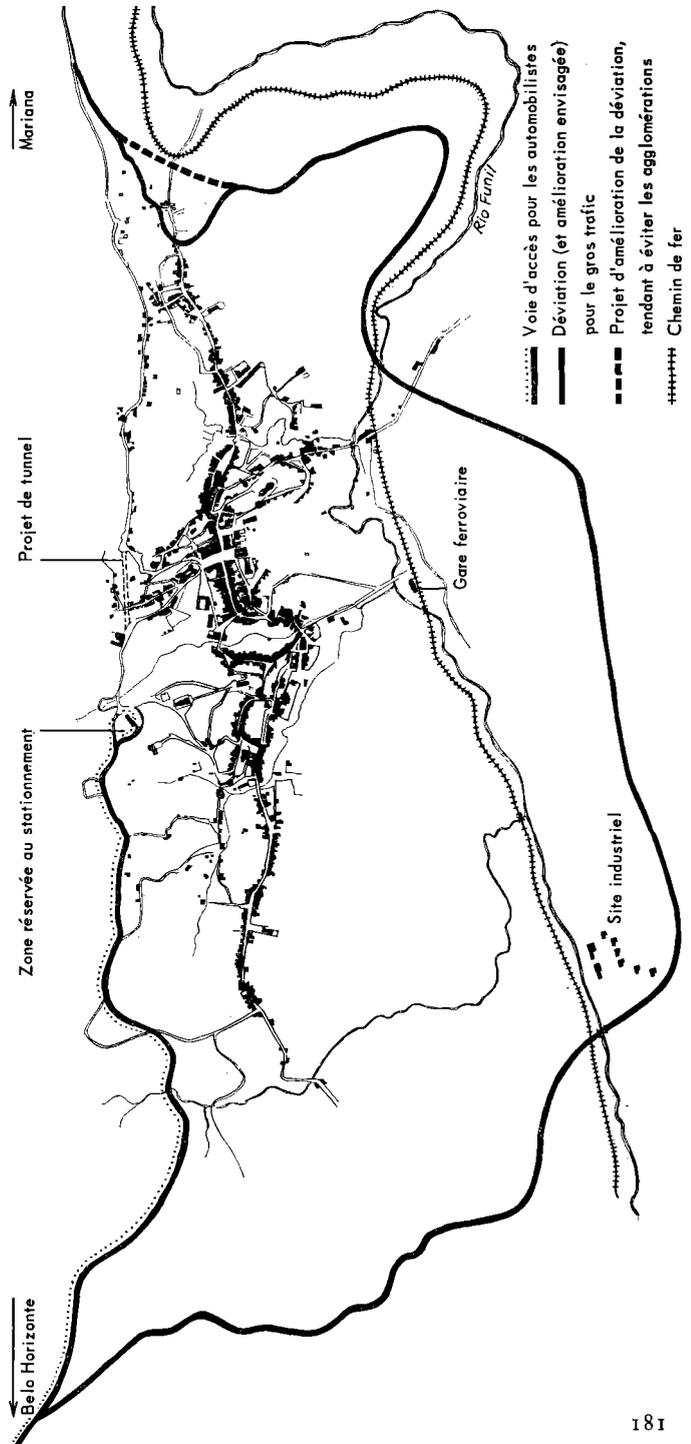


Fig. 46.
Plan d'Ouro Preto: voies d'accès et voies de passage (routes et voies ferrées).

L'afflux des visiteurs et des touristes est utile et nécessaire, ne serait-ce que parce qu'il contribue à l'expansion du commerce. Il conviendra donc de prévoir au voisinage de tout monument d'intérêt culturel une zone de stationnement située de telle manière qu'elle ne risque pas de nuire à l'esthétique de ce monument. Quant à l'encombrement et l'animation que fera régner dans les rues la foule qui les envahira pendant quelques heures par jour, on serait mal avisé de s'en plaindre, alors que tant d'avantages lui sont liés.

Problèmes posés par les gros véhicules

Pour protéger dans leur intégrité et dans leur beauté les sites jugés dignes d'intérêt, il faut encore prendre deux autres mesures importantes. Il faut interdire la circulation des poids lourds, car, bien souvent, ni les chaussées ni les édifices ne sont suffisamment solides pour subir sans dommage les tensions et vibrations résultant du passage de ces véhicules. Il faut d'autre part faire en sorte que les terminus de lignes d'autobus ne soient jamais situés ni au voisinage immédiat de monuments classés, ni dans les secteurs les plus caractéristiques d'un quartier d'intérêt historique ou artistique.

Quant aux voitures qui ne font que passer, il est du devoir des pouvoirs publics de prévoir pour elles, afin d'éviter une circulation inutile dans les zones encombrées, quel que soit leur intérêt culturel, des déviations ou rocade s'harmonisant

avec l'ensemble du réseau routier de la région (fig. 46).

CRITÈRES ARCHITECTURAUX

Faut-il, dans les immeubles neufs des quartiers historiques, imiter les formes et styles d'autrefois ou faut-il au contraire leur donner un aspect qui reflète hardiment l'idéal du jour? En d'autres termes, la préférence doit-elle être accordée à un intransigeant purisme qui interdit toute contrefaçon ou à un académisme facile reproduisant fidèlement les modèles du passé?

Pour répondre convenablement à cette question essentielle, il convient d'adopter les critères ci-après. Si l'on utilise des matériaux et des procédés par trop différents de ceux d'autrefois (vastes panneaux de verre, par exemple), le mieux sera d'accentuer au maximum le contraste. Mais s'il s'agit simplement de combler, dans un quartier historique, certains espaces vides, c'est le principe d'une fidèle imitation qui devra prévaloir. Dans les deux cas, le succès de l'entreprise dépendra d'ailleurs de la compétence professionnelle et du sens artistique de l'architecte.

En général, la création de cadres ou décors plus ou moins factices est à déconseiller et, en toutes circonstances, il est particulièrement important d'éviter les trop grandes différences d'échelle et de veiller à l'harmonie générale des couleurs et des proportions.

La conservation des peintures murales

L'INVENTAIRE

Si l'on entreprend d'assurer la conservation des peintures murales d'une région, il est indispensable d'avoir des renseignements complets sur les œuvres à préserver. Avant toute chose, il faut donc, par un inventaire systématique, noter leur emplacement, leur importance relative, leur état de conservation et le degré d'urgence des mesures de conservation qu'elles appellent. De ces informations, on peut déduire si, dans le cas considéré, l'œuvre peut sans danger demeurer *in situ* ou si le seul espoir de la préserver est de la déposer pour la mettre dans un musée.

En dehors de ces considérations touchant la structure même de l'œuvre, il faut tenir compte également des risques auxquels toute peinture murale est exposée ; ainsi, des gens de passage, prenant abri dans une grotte ou un bâtiment abandonné, peuvent y causer des dommages en allumant des feux ou même en gravant des inscriptions sur les murs. On a vu des photographes humecter des peintures pour les faire mieux ressortir, ce qui a eu souvent des conséquences désastreuses.

En établissant l'inventaire des œuvres, on s'apercevra sans doute que certaines exigent des soins spéciaux. Il faudra toujours réunir une documentation de base et notamment se procurer des photographies ou même prélever des micro-échantillons en vue d'essais en laboratoire.

PRINCIPES FONDAMENTAUX

Il convient de poser d'emblée deux principes fondamentaux. Premièrement, les peintures murales font normalement partie d'un ensemble monumental pour lequel elles ont été expressément conçues et qui influe lui-même de manière déterminante sur leur caractère et leur effet esthétique. Cela est tout aussi vrai pour les peintures des grottes que pour celles qui font partie intégrante d'un édifice architectural. Il faut donc tout faire pour conserver si possible ces peintures dans leur cadre original. Les en retirer aboutira inévitablement à défigurer l'ensemble du monument, le cadre architectural aussi bien que la peinture elle-même, et peut-être aussi à les endommager dans leur structure. C'est pourquoi la dépose d'une peinture doit toujours être considérée comme un dernier recours, une opération exceptionnelle à n'entreprendre que si aucune autre mesure de conservation n'est possible.

Le deuxième principe général est que l'on court à l'échec si l'on tente d'arrêter ou d'enrayer un processus de détérioration sans en avoir identifié, puis supprimé, les causes. Les principaux facteurs de détérioration des peintures murales sont ceux qui dégradent aussi les structures architecturales elles-mêmes (ces problèmes sont traités de façon détaillée aux chapitres 10 et 14). Tout d'abord, il convient de déterminer l'influence de l'humidité et son origine (capillarité, infiltration ou condensation) de manière à

pouvoir prendre les mesures voulues pour protéger tout l'ensemble. L'atmosphère humide et stagnante des grottes et des chapelles favorisant particulièrement la croissance des micro-organismes, il est nécessaire de régler la ventilation et peut-être aussi, dans les cas graves, de réduire le nombre de visiteurs et d'installer un système de climatisation. Ces questions sont toutefois du ressort de spécialistes.

EXAMEN PRÉLIMINAIRE

L'examen visuel doit toujours avoir priorité ; dans la plupart des cas, il suffira à révéler la nature et l'étendue des problèmes à résoudre (surface à nettoyer, efflorescence, incrustations, dégâts d'origine mécanique, etc.). Pour évaluer le degré d'adhérence des pigments et l'état de la surface en général, l'examen en lumière rasante peut être particulièrement utile. Une torche électrique puissante ou un projecteur à lumière polarisée révélera ainsi les moindres irrégularités de surface — par exemple, le fait que la peinture s'écaille. Pour déterminer l'adhérence du mortier au support (maçonnerie ou autre), il peut être nécessaire de sonder la surface en la tapotant du doigt : si elle sonne creux, c'est qu'il y a une poche d'air entre le mortier et le support (fig. 47). A l'expérience, on apprend vite à évaluer d'après le son le degré d'adhérence. Chaque fois que l'on détecte un manque d'adhérence, il convient d'en marquer l'emplacement avec toute la précision possible sur un dessin ou une photographie de manière à se rendre compte de toute extension ultérieure du dommage et à pouvoir y remédier méthodiquement. Il est facile de déterminer le degré de cohésion entre la couche de peinture et le mortier, il suffit d'observer la résistance de la surface à l'abrasion : si la cohésion est faible la peinture devient poudreuse. Il faut également, surtout si l'on envisage la possibilité de transférer la peinture murale, vérifier son degré de résistance à l'humidité. On peut le mesurer

en frottant doucement la surface de la peinture à un endroit d'importance secondaire avec un tampon d'ouate humide. Il ne faut toutefois pas oublier qu'à cet égard certaines couleurs sont plus sensibles que d'autres et il se peut qu'on les ait appliquées avec un liant spécial. C'est pourquoi on peut avoir grand intérêt à connaître les techniques employées dans le passé par les diverses écoles locales de peinture.

Les taches blanches ou opalescentes peuvent être dues à la présence de micro-organismes ou à l'efflorescence de sels. Dans ce cas, il vaut mieux laisser au laboratoire le soin d'en déterminer la nature.

Si la peinture se distingue mal parce qu'elle est très usée, il est souvent possible de mieux la voir en recourant à la lumière ultraviolette filtrée (fluorescence). La photographie permet d'enregistrer les résultats de cet examen.

NETTOYAGE DES PEINTURES MURALES

Bien entendu, les méthodes employées pour nettoyer les peintures murales varient selon les substances à éliminer et les matières à préserver (voir également le chapitre 14 « La conservation de la pierre »).

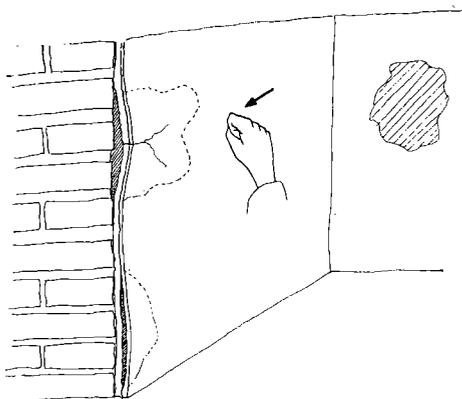
Brossage. Si, comme c'est souvent le cas, il s'agit simplement d'un dépoussiérage, il suffit de brosser la peinture à sec avec une brosse douce.

Solvants. Si la peinture est non seulement poussiéreuse mais grasseuse (c'est le cas notamment lorsqu'elle a été exposée à la fumée), il faut recourir aux solvants, en commençant par les plus faibles et en n'utilisant des produits plus énergiques qu'en cas de nécessité.

La plupart du temps, on obtient des résultats satisfaisants avec une solution ammoniacale à 10-20 % environ qu'on applique doucement avec un tampon d'ouate, en ménageant tout spécialement les couleurs peu résistantes. Au besoin,

Fig. 47.

Peintures murales. Évaluation par tapotement du degré d'adhérence au mur de la surface peinte.



on peut employer une solution aqueuse de butylamine à 10-20 % ou une solution aqueuse de cyclohexylamine à 80-90 %, l'eau ayant pour effet d'accroître l'action dissolvante du produit sur les graisses. Ces deux dernières solutions sont également très efficaces pour éliminer les repeints à l'huile.

Abrasifs. Lorsque la surface de la peinture est très dure, on peut ajouter à l'un ou l'autre de ces solvants un abrasif doux comme la diatomite ou la poudre de pierre ponce. Dans les cas extrêmes, on peut même recouvrir la surface à traiter d'une pâte de stéarate d'ammonium qu'on laisse agir de quelques minutes à quelques heures suivant le cas (en vérifiant de temps en temps l'amollissement obtenu).

Comment ôter la cire. Les peintures traitées à la cire ont tendance à s'assombrir et à se couvrir de poussière. On peut ôter la cire avec du tétrachlorure de carbone ou du trichloréthylène, mais il ne faut pas oublier que ce dernier produit est assez toxique et risque de causer des brûlures.

Comment ôter les résines. Parfois des vernis résineux (copal, shellac) qui ont été appliqués à la peinture murale lors de restaurations antérieures risquent de l'assombrir ou de l'abîmer de quelque autre façon. On peut généralement les ôter avec l'un ou l'autre des solvants suivants ou avec un mélange de ces différents produits : diméthylformamide,

alcool et essence de térébenthine, benzol, acétone.

Comment ôter les colles animales. On peut dissoudre les colles animales et la gomme arabique appliquées lors de restaurations antérieures avec de l'eau chaude contenant de 10 à 20 % d'ammoniaque, avec du butylamine ou avec une solution aqueuse de cyclohexylamine à 80 % comme nous l'avons indiqué plus haut.

Avant de commencer l'opération, il faut toujours essayer le solvant sur une partie peu visible et peu importante de l'œuvre et, au moment du nettoyage effectif, traiter en dernier les parties les plus importantes et les plus délicates.

Comment ôter les efflorescences salines. Lorsqu'il s'agit de sels solubles, les efflorescences s'enlèvent par un brossage suivi d'un lavage à l'eau. On peut poursuivre le traitement en appliquant de la pâte à papier humide sur la surface de la peinture, après s'être assuré que la couche picturale résiste bien à l'humidité¹.

En séchant, la pâte absorbe et dissout les sels que l'on peut donc ôter ensuite en même temps qu'elle.

Parfois, on décèle la présence de sels insolubles, de gypse, de stalactites ou encore

1. Il est parfois nécessaire de protéger les pigments, au moment où l'on extrait les sels, en appliquant du nylon soluble ou du Catalan CB dans une solution d'alcool.

un voile blanc de carbonate de calcium ; ces substances posent des problèmes délicats, car la seule solution simple qui consisterait à employer des moyens purement mécaniques, c'est-à-dire à gratter la peinture avec un scalpel ou un instrument de dentiste, n'est pas toujours possible. L'opération exige en tout cas une patience et des précautions infinies.

Comment ôter les dépôts organiques. Il n'est pas rare de trouver des peintures endommagées par l'accumulation de matériaux organiques, nids d'abeilles et de guêpes, excréments de chauves-souris, etc. Il convient d'employer d'abord en pareil cas des moyens mécaniques, après quoi on peut ôter la pellicule très fine qui reste en lavant la peinture avec un tampon d'ouate humecté d'eau ammoniacuée, selon le procédé indiqué plus haut.

Comment ôter les excroissances végétales. En présence de mousses ou de lichens en pleine croissance, il faut envisager d'empoisonner les matériaux où ces végétaux puisent leur nourriture en les traitant avec du silicone fluorure de sodium ou avec du chlorure de zinc ou de magnésium (voir les chapitres 10 et 14). En milieu humide, et notamment dans les grottes, ce sont souvent des algues qui verdissent à la lumière (planche 22). En milieu tropical on peut s'attendre aussi à trouver des champignons. Il faut les identifier si possible et les combattre en les stérilisant et en améliorant la ventilation de manière à assurer la circulation d'un courant d'air frais. Les agents habituels de stérilisation sont la formaline — en solution diluée qui peut s'appliquer à la brosse ou par pulvérisation — ou le pentachlorophénate de sodium, poison plus violent qui s'applique en solution aqueuse à 2 % avec une brosse douce et assure une protection plus durable. La lutte contre les champignons et les bactéries est avant tout question de ventilation.

Comment ôter le lait de chaux. Pour des raisons de goût ou de convenance, d'ordre religieux ou autre, on a souvent masqué des peintures murales en les recouvrant d'une couche opaque d'aspect crayeux, généralement un badigeon de carbonate de calcium. En pareil cas, il faut déterminer la nature du matériau employé en prélevant des fragments par grattage et en observant leur réaction à l'acide (il y a effervescence pour tous les carbonates). En général, ces revêtements s'ôtent par des procédés mécaniques, mais l'opération est lente et délicate et il importe d'agir avec beaucoup de patience et de prudence si l'on veut rendre à la peinture sous-jacente son état primitif. Il ne faut pas oublier qu'il peut y avoir plus d'une couche de peinture sous le badigeon : le manque de précaution risquerait de tout gâcher.

CONSOLIDATION DES PEINTURES MURALES

Fixation de la couche de peinture

Il est nécessaire de fixer la couche de peinture lorsqu'elle s'écaille ou tend à s'effriter. Un bon fixatif doit avoir une adhérence suffisante pour consolider la peinture. Il doit être incolore, pénétrer en profondeur, résister à l'abrasion et, surtout, ne pas modifier les couleurs de la peinture murale ni en changer la tonalité générale.

Parmi les matières actuelles en usage qui répondent le mieux à ces exigences, on peut citer une résine synthétique incolore de type acrylique, appelée « Paraloid ». Ce produit s'applique à la brosse ou par pulvérisation selon les cas, en solution (de 1 à 5 %) dans du toluène ou de préférence du cellosolve, car le toluène est toxique. On peut aussi le dissoudre dans du chlorothène, la solution à 30 % étant ensuite diluée avec du Shellsol E pour que la concentration de Paraloid soit finalement de 1 à 5 %. La préparation ainsi obtenue pénètre mieux, l'évaporation du solvant est plus lente et on risque de voir une pellicule

brillante se former sur la peinture. La solution la plus diluée étant la plus pénétrante, on déterminera par des essais le maximum de dilution compatible avec l'efficacité du traitement. Si la solution est trop concentrée, elle laisse sur la surface une pellicule qui peut aller jusqu'à déchirer la couche de peinture lorsqu'elle se contracte en séchant. Il importe donc d'utiliser le moins de liquide possible et d'éviter toute accumulation qui formerait une pellicule continue et brillante. Tout excédent doit être épongé avec de l'ouate absorbante.

Le Bedacryl (122 X) est un autre fixatif satisfaisant; la solution vendue dans le commerce doit être diluée dans un volume au moins dix fois supérieur de toluène.

Le shellac était très apprécié avant l'apparition des fixatifs synthétiques; mais s'il a un très haut pouvoir adhésif, en revanche il tend à jaunir et à s'assombrir progressivement avec le temps. C'est pourquoi on ne l'utilise plus qu'exceptionnellement et avec circonspection.

Bien entendu, l'imprégnation ne peut se faire au-delà d'une certaine profondeur. Si les résultats semblent insuffisants et si la partie supérieure du mortier demeure faible, il n'y a pas d'autre solution que de déposer la peinture par arrachage ou *strappo*¹.

Consolidation du mortier

Traitement simple. Deux situations peuvent se présenter. Le premier cas est celui du mortier qui s'effrite pour une raison ou une autre. On peut alors le consolider par imprégnation avec un fixatif comme le Paraloid ou le Bedacryl.

Comment fixer le mortier qui s'est détaché. Dans le second cas, le mortier reste compact mais n'adhère plus au support; là où il s'est détaché un autre traitement s'impose.

Examen et préparation en vue d'une injection.

On examine d'abord l'état de la couche subsuperficielle pour voir où il y a clivage et

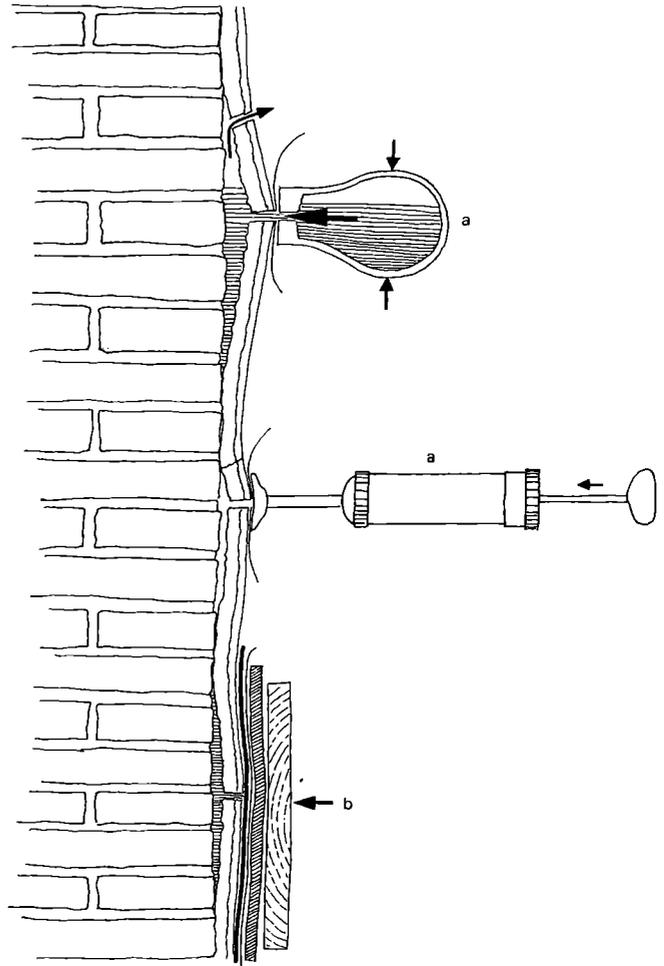


Fig. 48.

Consolidation de la surface peinte sur son support mural.

a Méthodes d'injection de fixatifs.

b Pression exercée sur la surface pendant le durcissement du caséinate.

1. Voir plus loin « Transfert des peintures murales », ainsi que l'annexe concernant les matières synthétiques, p. 352.

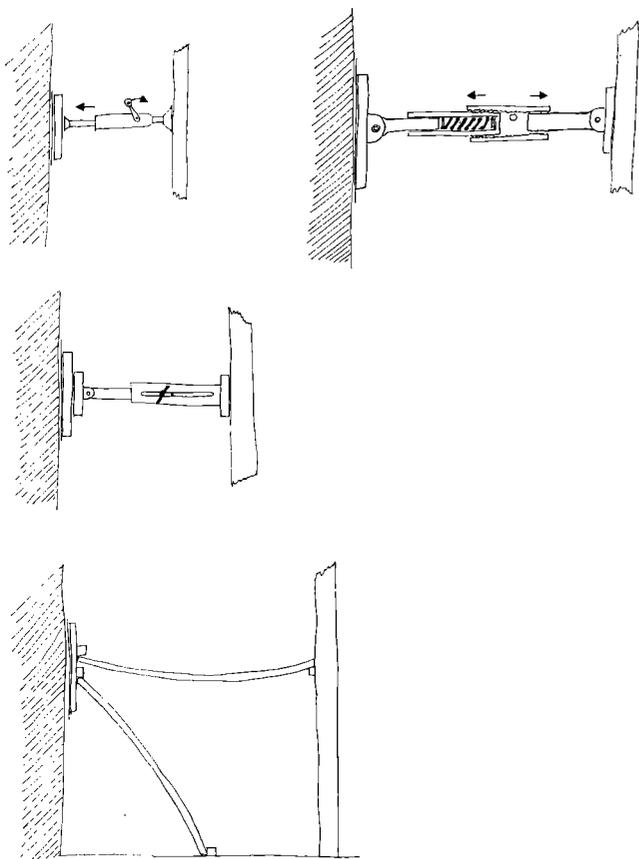


Fig. 49.

Diverses méthodes permettant d'exercer une pression sur la surface d'une peinture murale pendant le durcissement du caséinate.

on comble les vides en y injectant du caséinate de calcium additionné d'acétate de polyvinyle (fig. 48). Le mode de préparation du mélange est exposé dans l'annexe au présent chapitre (formule 3, p. 204); voici comment on l'emploie. S'il n'y a pas de craquelures que l'on puisse utiliser pour l'injection, il faut percer des trous dans la surface pour atteindre les creux, en prenant soin d'opérer là où le dommage sera le moindre. Les trous doivent avoir de 2 à 3 mm de diamètre; il y en aura un par poche d'air, ou deux si l'on constate, en appliquant une poire de caoutchouc sur un premier trou, qu'une seconde ouverture est nécessaire pour la sortie de l'air.

Injection du fixatif. Avant d'injecter le caséinate, on prépare le terrain par une injection d'alcool et d'eau qui permet à la fois d'éliminer l'air et d'humecter le mortier. On injecte ensuite le caséinate sous forme assez liquide au début, puis de plus en plus épaisse. Quand le vide à combler est considérable, il est bon d'ajouter des matériaux de remplissage, sable fin ou poudre de marbre. Si l'on constate une perte excessive du mélange injecté à cause d'une fissure ou d'un défaut du support, on s'attachera, bien entendu, à y remédier. Il arrive aussi que la peinture soit tellement endommagée que certaines parties menacent de tomber. Dans ce cas, il faut les maintenir provisoirement en place en posant derrière des fixations de plâtre ou en collant un tissu sur l'endroit (voir ci-après).

Comment soutenir la peinture pendant le traitement. Lorsqu'on procède à des injections, il faut soutenir la peinture pour qu'elle ne se détache pas sous l'effet de la poussée qu'elle subit d'arrière en avant; à la fin de l'opération, il faudra continuer d'exercer une certaine pression sur la surface tant que le caséinate ne sera pas suffisamment durci pour supporter l'effort. On peut y parvenir de diverses façons, notamment au moyen de ressorts, de tiges flexibles, de vérins à vis, etc.; toutefois, ces outils ne devront pas être placés en contact direct avec

la peinture; ils devront être fixés sur une planche plate dont l'autre face tapissée de feutre protégera la surface délicate de la peinture de toutes les pressions locales (fig. 49).

Tout au long des opérations, on veillera à ne laisser tomber aucune goutte de caséinate de calcium sur la peinture, où elle laisserait, même après nettoyage, une marque indélébile.

Retouches

Si, comme c'est souvent le cas, la peinture murale est imparfaite et présente des lacunes, il importe d'y remédier d'une manière qui satisfasse à deux principes fondamentaux: *a)* respect de l'œuvre en tant que témoignage historique — ce qui interdit tout truquage; *b)* restitution aussi complète que possible de l'unité esthétique de l'œuvre, pour qu'elle puisse être pleinement appréciée. Celui qui est appelé à retoucher doit non seulement avoir reçu une longue formation professionnelle en atelier, mais aussi être spécialement qualifié pour comprendre l'intérêt artistique et historique de l'œuvre et en apprécier les qualités particulières. On ne saurait autoriser l'exécution de retouches sans assumer du même coup une assez grande responsabilité; l'ampleur de ces retouches doit par conséquent dépendre de la compétence du personnel dont on dispose.

Après tout, l'exécution de retouches ne constitue pas l'essentiel de la conservation, et des autorités conscientes du risque ne donnent leur accord à ce genre d'entreprise que si elles peuvent faire appel à un technicien expérimenté.

Traitement des vides ou lacunes

Néanmoins, on ne peut pas se désintéresser des lacunes: il faut en fixer les bords et, comme leur surface est généralement en retrait par rapport à l'ensemble de la peinture, il faut la ramener à son niveau

original par une réfection méticuleuse de l'enduit mural. En aucun cas, on ne se servira de ciment. Le mortier sera analogue par sa composition à celui que recouvre la peinture; c'est-à-dire qu'il sera fait le plus souvent d'un mélange de chaux éteinte et de sable. Les bords exigent des soins scrupuleux, car ils doivent se raccorder parfaitement avec les bords de la peinture sans jamais en recouvrir les couleurs. Enfin, le problème de la texture est capital; le grain de la surface doit correspondre autant que possible à celui de l'original pour ne pas nuire à la continuité de l'ensemble.

Petites lacunes. Quand les lacunes sont de très faible étendue, ou situées de telle manière qu'on ne puisse avoir aucun doute sur ce qui manque, ou quand le hiatus nuit gravement à l'unité de l'ensemble — dans le cas par exemple où une ligne dominante ou une frise décorative se trouvent brisées — un travail de reconstitution peut jusqu'à un certain point se justifier, en dépit des remarques précédentes (planche 23). Il ne faut cependant jamais oublier qu'il s'agit de rendre à l'original sa présence et l'éclat qu'il a perdu, sans jamais tenter de rivaliser avec lui. A cet égard le facteur quantitatif est crucial: si la partie retouchée est trop visible, elle éclipsera l'original au lieu de le restituer et cela quelle que soit l'habileté du restaurateur. Par conséquent, si la surface en cause est considérable, le plus sûr est de se résigner au fait qu'il manque une grande partie de la peinture et de se borner à consolider ce qu'il en reste. Cette politique modeste est la seule qui permette de préserver l'authenticité de l'œuvre.

Avant même d'entreprendre de retoucher la peinture, il faut en établir des relevés photographiques conformément au principe fondamental de respect de l'œuvre picturale en tant que document. Bien entendu, dans la pratique, il est toujours préférable de faire en sorte que les retouches, tout en rendant à l'œuvre son intégrité, soient toujours reconnaissables pour ce qu'elles

sont, c'est-à-dire des additions. Le temps, toutefois, tend à modifier les apparences et l'on risque d'avoir plus tard des doutes; c'est une des raisons pour lesquelles il importe d'inclure des relevés photographiques dans la documentation générale.

Lacunes étendues. Nous avons dit que si les lacunes sont étendues, il est préférable de les laisser telles quelles. Ce conseil vaut également lorsque la lacune est malaisée à atteindre et que la retouche serait difficile à exécuter. Toutefois, le ton à donner aux stucs de remplissage doit toujours être choisi avec soin pour ne pas donner l'impression d'un trou dans le mur. Pour conserver l'unité de l'ensemble, le remplissage doit, en apparence au moins, se trouver sur le même plan que le reste de la peinture. Quand les lacunes sont néanmoins si vastes qu'elles nuisent à l'effet des peintures conservées, il est souvent préférable qu'elles restent légèrement en retrait, parfois même que la couche sous-jacente du mortier, voire le support, demeurent visibles.

Les retouches se font avec divers types de liants: aquarelle, détrempe ou produits synthétiques tels que le Primal analogue à une émulsion de Paraloid ou le Bedacryl L (Bedacryl Emulsion). Tous ces produits ont leurs caractéristiques propres et pour chaque genre de travaux il faut choisir celui qui semble convenir le mieux¹.

TRANSFERT DES PEINTURES MURALES

Introduction

Comme nous l'avons déjà indiqué, le transfert d'une peinture murale est un travail considérable, une mesure extrême, qui se justifie seulement s'il apparaît, après examen approfondi, qu'il n'y a aucun autre moyen de sauver l'œuvre.

Quelle que soit la méthode de transfert envisagée, la première chose à faire est de rassembler une documentation aussi complète que possible sur tout l'ensemble

monumental. Il faut en même temps dresser un plan de travail complet et détaillé embrassant à la fois le transfert et la reconstitution de l'ensemble.

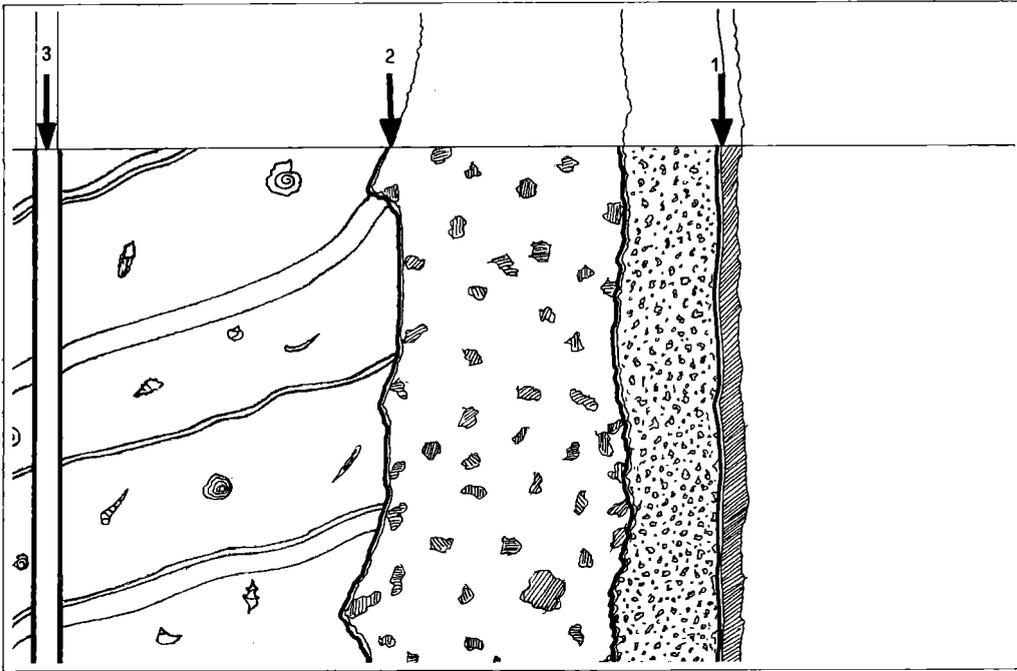
Il importe de déterminer avec un soin particulier suivant quelles lignes se fera le découpage. Celui-ci doit être aussi simple que possible et conçu de manière à causer le minimum de dommage à la peinture. Il est également indispensable de faire à l'avance des essais pour s'assurer que la peinture résistera à l'eau ou au solvant particulier que l'on devra employer pour ôter l'adhésif d'encollage endroit. En effet, quelle que soit la méthode retenue, il faudra coller un tissu sur la peinture pour la protéger pendant la dépose.

Le choix de la méthode qui convient le mieux dans chaque cas est de la plus haute importance. Trois techniques sont à mentionner spécialement; ce sont: le *strappo*, le *stacco* et le *stacco a massello*.

Elles peuvent se définir de la manière suivante: le *strappo* consiste à détacher la couche de peinture du mortier avec le tissu qu'on a collé sur sa surface. Le *stacco* (planche 24a, b, c), consiste, après avoir collé sur la peinture de la gaze et de la toile à la détacher avec le mortier, que l'on sépare de la paroi au moyen de longs couteaux en forme de baïonnette. Dans le cas du *stacco a massello*, toujours après encollage de la face endroit, on ôte la peinture et le mortier avec une partie du support, ce qui force à transporter une masse à la fois lourde et fragile.

En fait, les trois méthodes sont d'application délicate et leur emploi doit être réservé aux techniciens hautement expérimentés. Il n'est cependant pas sans intérêt de les examiner un peu plus en détail (fig. 50).

1. Voir à ce sujet l'annexe à la fin du présent ouvrage.



« Strappo »

Généralités. Si l'on constate que le mortier, sous la peinture, a tellement perdu de sa cohésion qu'il devient impossible de consolider l'œuvre *in situ*, le remède normal est de préserver la couche de peinture en la transférant par *strappo* sur un autre support. C'est la méthode la plus directe. Elle permet de lever d'un seul tenant de très grandes surfaces et s'est révélée la meilleure quand on se trouve en face de problèmes compliqués (surfaces courbes, voûtes, etc.). Mais elle exige une dextérité particulière et a l'inconvénient de faire paraître la peinture anormalement plate et uniforme, lorsqu'elle est fixée sur son nouveau support. Certes, il est possible de conserver certains reliefs comme les nimbes ou l'empâtement ; mais, après le transfert, on ne retrouve plus sur la peinture les ondulations particulières au mur d'origine. C'est pourquoi la méthode du *strappo* ne s'emploie qu'en cas de nécessité

Fig. 50.

Profondeur des entailles exigées par chacune des méthodes utilisées pour détacher une peinture murale de son support.

- 1 *Strappo* : seule la surface peinte est détachée.
- 2 *Stacco* : la couche de plâtre fin (*intonaco*) et la couche de plâtre grossier (*arriccio*) sont l'une et l'autre détachées du mur.
- 3 *Stacco a massello* : une partie du mur est détachée en même temps que le plâtre.

absolue. En bref, nous dirons que cette technique est généralement adoptée quand le mortier n'est pas assez solide ni la couche de peinture assez adhérente pour permettre le transfert des deux ensemble ou quand le mortier est trop mince, quand on veut lever sans trop la morceler une surface assez grande, ou quand la surface est concave. Cette méthode a cependant une particularité frappante: c'est la seule qui permette de retrouver le dessin original parfois tracé sur la couche inférieure de l'enduit. Ce dessin, une fois mis au jour peut, lui aussi, être préservé.

Avant de se prononcer définitivement en faveur de l'utilisation de cette méthode dans un cas donné, il est nécessaire de faire des essais, notamment sur le pouvoir adhésif de la colle, en prenant soin de choisir pour ces expériences une partie peu importante et peu visible de l'œuvre.

Principes fondamentaux. Un tissu est collé sur la face de la peinture de manière que la contraction de la colle au séchage facilite l'arrachage ultérieur de la peinture. Puisque l'humidité ambiante ralentit le séchage, on procède toujours aux transferts par *strappo* au moment de l'année où l'humidité relative de l'atmosphère est à son plus bas (de 40 à 70 % maximum). Il ne faut jamais tenter une opération de ce genre par temps de gel.

Au besoin, on peut assécher les murs au préalable avec de petits radiateurs ou des lampes à rayons infrarouges placés entre les murs et un écran mobile; mais il importe, bien entendu, de ne pas pousser le séchage trop loin, car la colle risquerait alors de sécher trop vite.

Technique de l'arrachage ou « strappo ». La première chose à faire est de nettoyer toute la surface de la peinture en l'époussetant légèrement et en prenant soin d'enlever toute excroissance (incrustations, bords saillants des lacunes, avancées, etc.) qui gênerait l'arrachage.

Entoilage de l'endroit. On applique ensuite sur la surface préparée un tissu enduit d'un adhésif à base de colle animale forte¹. Lorsque le mur est extrêmement sec, on ajoute un peu de mélasse au mélange pour l'empêcher de prendre et de se contracter prématurément, ce qui risquerait de déchirer la pellicule de peinture au lieu de la lever entièrement. Au moment où l'on prépare l'adhésif, il est bon d'y ajouter aussi un peu de vinaigre et un peu de fiel de bœuf, pour le rendre plus fluide, plus mouillant et plus pénétrant. Si le mur est humide et ne peut être asséché, on remplace la colle animale par du shellac qui prend même en milieu humide; cette substitution qui n'est pas souhaitable dans les cas normaux, a cependant permis de sauver les peintures funéraires de tombes étrusques où l'humidité relative atteint parfois 95 %.

Les tissus employés sont la gaze de coton et la toile de lin. Directement sur la peinture, on étend à la brosse une première couche de colle qui ne doit pas être trop liquide et qui doit recouvrir exactement la surface où l'on appliquera la gaze que l'on a lavée au préalable pour en ôter l'apprêt, puis fait sécher et dont on a effiloché les extrémités. On applique ensuite la gaze sur le mur avec de la colle très chaude. Sur les quatre bords, on laisse une marge de quelques centimètres que l'on replie et qui facilitera les phases ultérieures de l'opération. Le reste de la gaze doit adhérer fortement à la surface et être tendu, mais sans excès. On étale ensuite une deuxième couche de colle sur la gaze, en veillant soigneusement à ce qu'aucune bulle d'air ne soit emprisonnée entre la peinture et le tissu.

Après avoir laissé le tout sécher pendant un moment, on étale une couche de colle qui peut être beaucoup plus liquide que la première et l'on pose la toile. L'épaisseur relative de la colle utilisée pour la première couche a pour objet d'empêcher que les fils

1. Voir formule 1 de l'annexe au présent chapitre (p. 204).

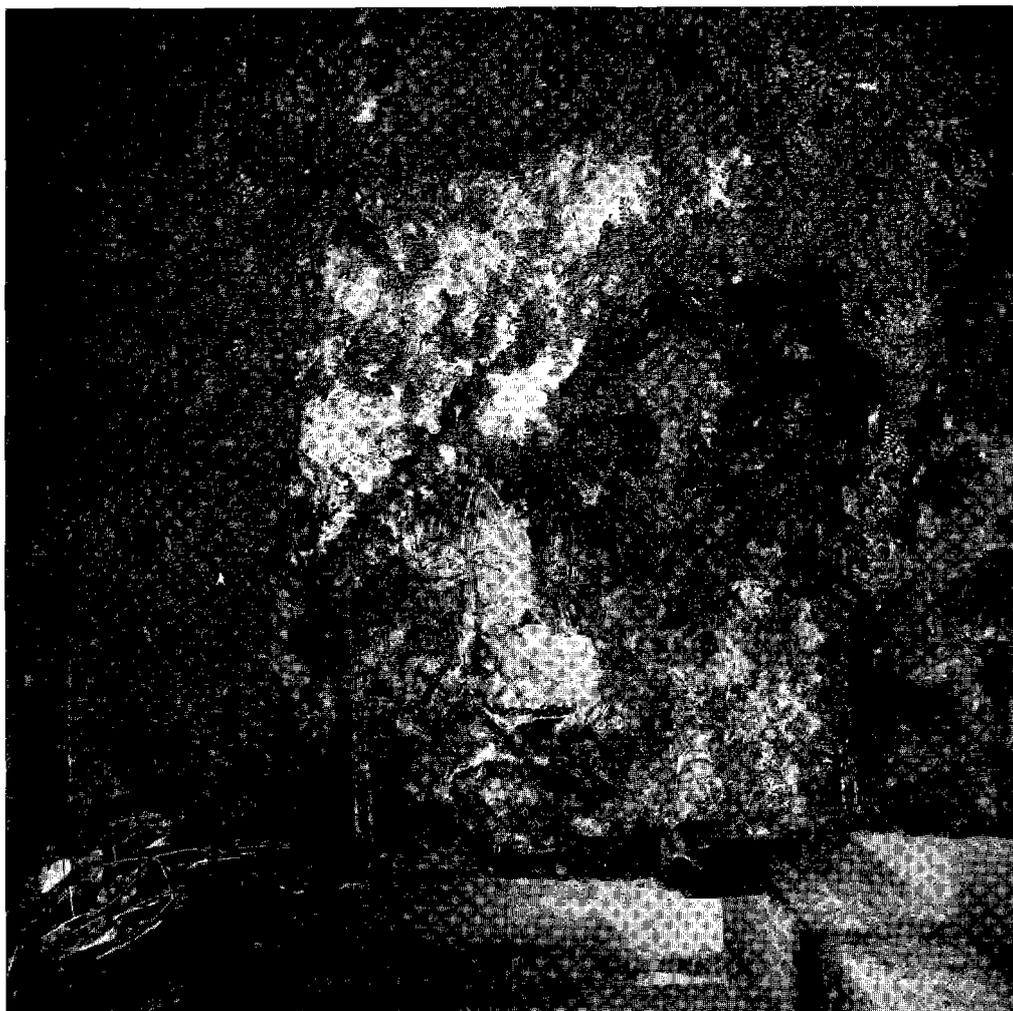
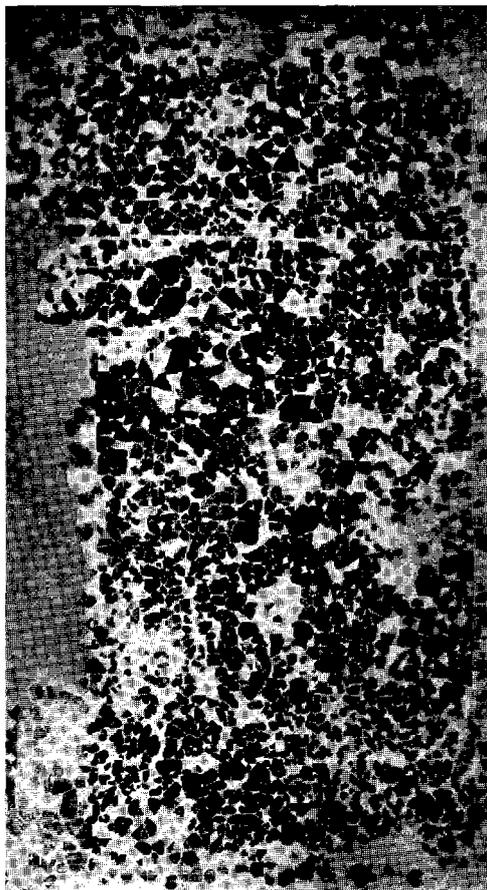


Planche 22

Peinture murale dans une grotte. On notera les effets de la délitescence et l'apparition de micro-organismes et de végétaux. [Photo : Istituto Centrale del Restauro, Rome.]



a



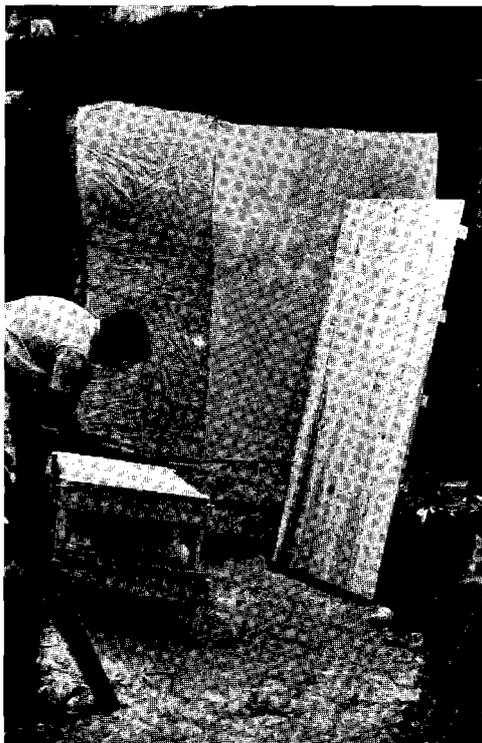
b



c

Planche 23

- a* Peinture murale après remise en place des fragments préservés. [Photos : Istituto Centrale del Restauro, Rome.]
- b* La même peinture après restauration par retouche des éléments disparus.
- c* Les parties retouchées d'une peinture murale ont été striées (procédé de *tratteggio*) pour qu'on ne les confonde pas avec les parties originales.



a



b

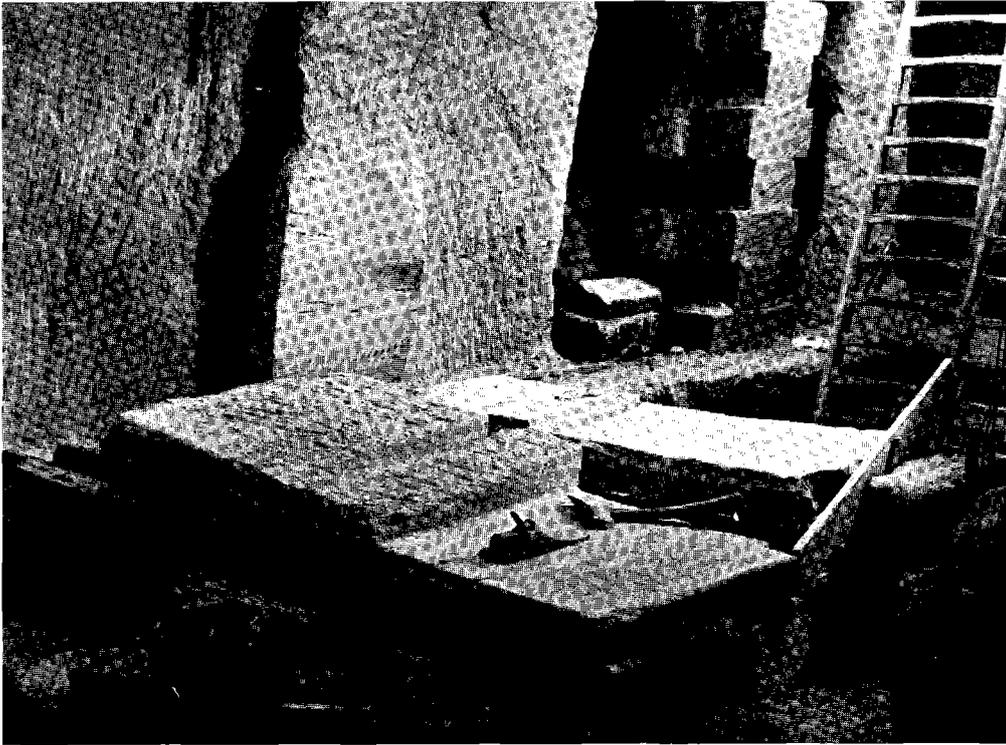


Planche 24

- a* Exemple de *stacco*, transfert de la peinture avec son support. A droite, le panneau de soutien. La peinture a été recouverte de gaze et de toile. Un technicien pratique l'incision inférieure qui permettra de détacher le panneau du mur. [Photos : Istituto Centrale del Restauro, Rome.]
- b* Passage creusé dans le mur derrière la surface peinte (*stacco*).
- c* Après avoir été détachée du mur, la dalle qui porte la peinture est amincie pour être, éventuellement, transportée et remontée ailleurs.

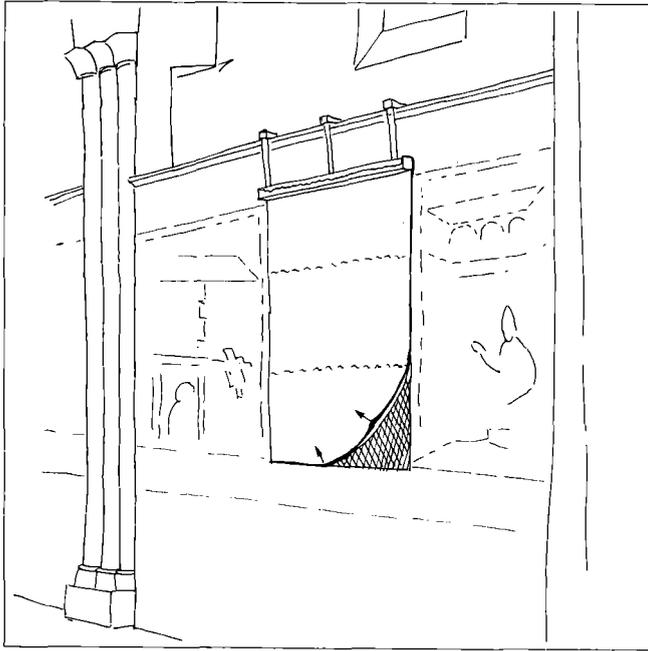


Fig. 51.

Strappo: comment détacher la surface peinte du mur.

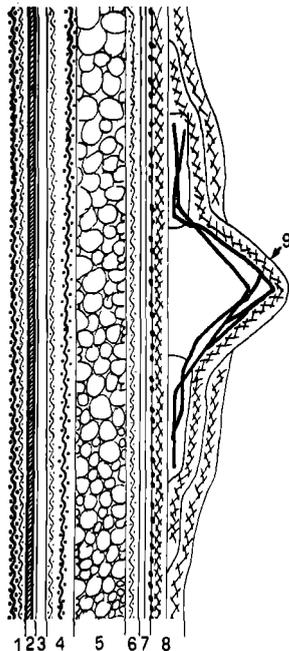
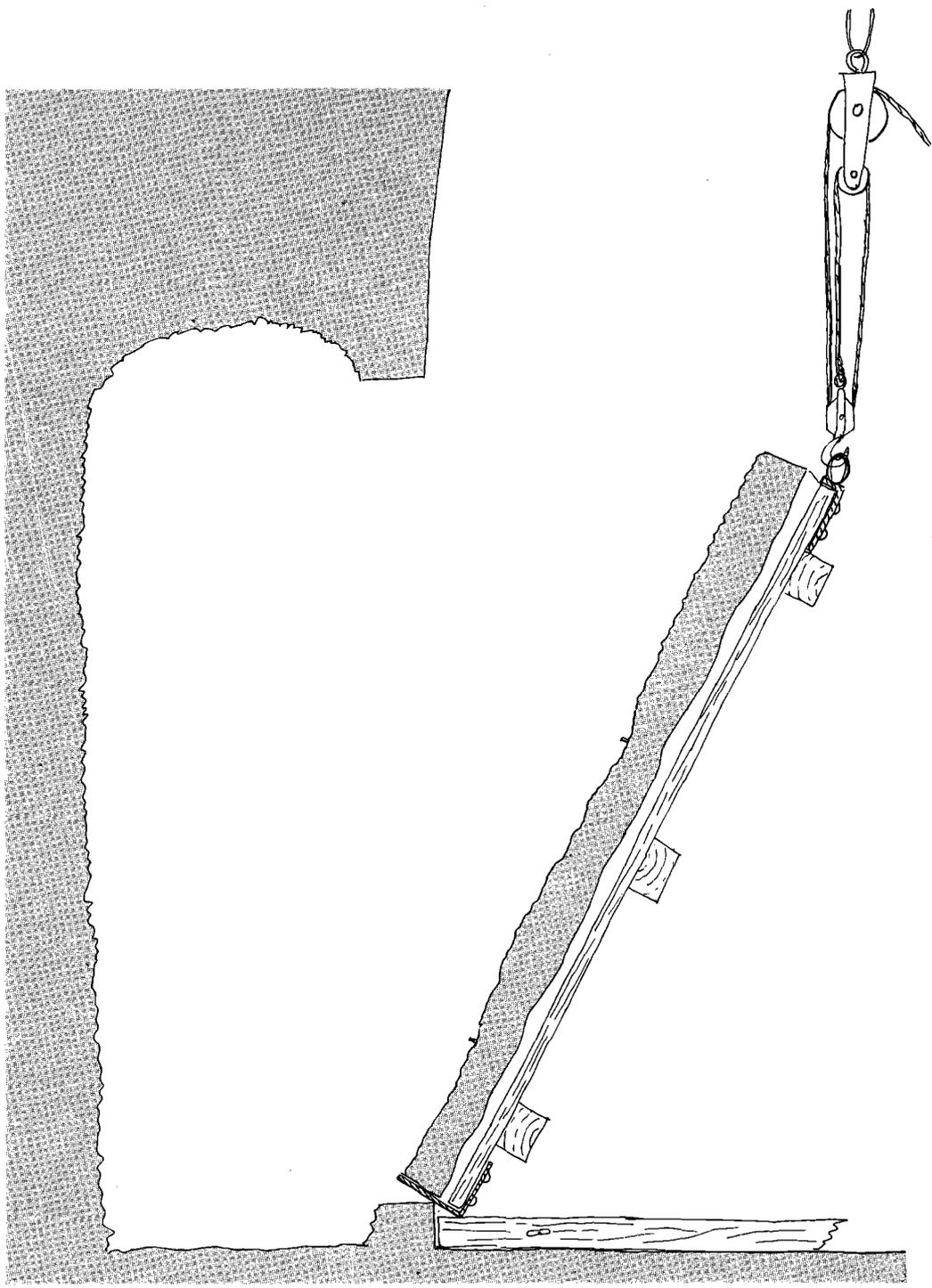


Fig. 52.

Coupe d'une peinture murale après application sur un nouveau support :

- 1 Tissu protecteur collé sur l'endroit : ce tissu est décollé lorsque la peinture détachée a été fixée sur son nouveau support.
- 2 Couche de peinture.
- 3 Fixatif (lait écrémé allongé d'eau ou émulsion acrylique diluée).
- 4 Couche de gaze de coton collée au fixatif avec du caséinate de calcium (cette couche peut être renforcée à l'aide d'autres couches de gaze ou de toile).
- 5 Feuille de mousse de plastique.
- 6 Gaze collée avec de l'acétate de polyvinyle.
- 7 Couche de shellac.
- 8 Support de polyester et tissu de fibre de verre.
- 9 Cadre de grillage d'aluminium plié.

Fig. 53. *Stacco a massello*: comment détacher la dalle du mur de soutien avec le plâtre et les surfaces peintes. On remarquera le cadre utilisé pour soutenir la masse détachée.



de la gaze ne demeurent imprimés sur la peinture et d'assurer en même temps la contraction voulue lors du séchage. Il faut toujours appliquer la gaze et la toile en partant du bas de la peinture murale et en remontant vers le haut, pour éviter que la colle ne coule sur la peinture. Verticalement, le bord de chaque lé de tissu doit recouvrir de 1 ou 2 cm le lé adjacent et il faut faire en sorte que les bords de la gaze et ceux de la toile ne coïncident pas. Tout cela appelle manifestement un travail d'équipe. Le grand avantage de cette méthode d'arrachage est qu'elle permet de transférer d'un seul tenant des peintures de très grande surface (une trentaine de mètres carrés si les conditions sont normales).

Transfert. L'arrachage doit commencer lorsque la colle est sèche, mais avant qu'elle ne durcisse trop.

Le temps de séchage dépend non seulement de l'humidité relative de l'atmosphère, mais aussi de l'humidité du mur. En milieu sec, deux jours peuvent suffire. En milieu très humide, la colle peut mettre si longtemps à sécher que des moisissures apparaissent si l'on n'a pas recours à un chauffage artificiel. Le shellac et les adhésifs synthétiques sèchent cependant beaucoup plus vite.

La première opération consiste à entailler la couche de peinture en suivant le bord du tissu, puis à prendre l'un des coins inférieurs et à tirer fortement, sans à-coup, perpendiculairement au mur, en s'assurant que la peinture vient bien avec le tissu et se détache du mortier (fig. 51). On poursuit l'opération en décollant le tissu par de petits mouvements verticaux de va-et-vient et on le roule à mesure qu'il se détache, entraînant la peinture avec lui. Un autre procédé consiste à enrouler le tissu sur un tambour cylindrique à mesure qu'on le détache du mur de bas en haut ; mais cela n'est possible que sur une surface parfaitement plane. Au besoin, on peut bien entendu utiliser un scalpel pour détacher proprement la peinture aux endroits où de petites protu-

bérances du mortier ou d'autres obstacles viennent entraver l'opération. Quand celle-ci est terminée, on place le tout à plat sur une surface horizontale, tissu dessous.

Application sur un nouveau support (fig. 52). Avant de remonter la peinture, on aplanit l'envers à la râpe et avec des adhésifs, et on le renforce par une double couche de tissu. Le procédé est le même que le report endroit, mais cette fois on emploie comme adhésif du caséinate de calcium. On a utilisé aussi, avec succès, des adhésifs synthétiques et notamment des résines acryliques solubles dans le toluène et l'acétone. Mais le caséinate de calcium reste l'adhésif classique et il a fait ses preuves dans les régions tempérées, sans fortes chaleurs ni grands froids, où l'atmosphère est relativement sèche. Si la surface est trop sèche, elle a tendance à former des écailles qui se rebrossent tandis que l'humidité excessive provoque des efflorescences — de sorte que, dans les deux cas, il peut être nécessaire de s'écarter de la méthode traditionnelle. Nous allons néanmoins décrire cette méthode, puisque c'est la technique de base dont toutes les autres dérivent.

Admettons donc que la peinture arrachée repose face au sol sur une planche et qu'on en a aplani le dos pour le préparer à recevoir la gaze. La première chose à faire est de tendre bien régulièrement la toile de support et de la clouer au plan de travail. On fixe ensuite la couleur par l'envers grâce à une généreuse application de lait écrémé allongé d'eau ou d'une émulsion acrylique bien diluée (Bedacryl L ou Primal par exemple). Une fois sèches, ces substances forment un écran qui protège plus ou moins la colle appliquée sur l'endroit contre l'humidité à laquelle elle serait exposée sans cette précaution, au moment de l'application du mélange à base de caséinate de calcium. Un excès d'humidité aurait pour effet de l'amollir et le tissage de la toile collée sur l'envers viendrait s'imprimer dans la couche de

peinture. Lorsque tout est sec, on applique une couche de caséinate de calcium que l'on teinte de manière à reproduire la couleur de l'ancien mortier. Cette dernière précaution a une importance considérable si l'on veut préserver les qualités optiques de la peinture.

Le caséinate doit être suffisamment épais pour que le tissage de la gaze ne laisse pas d'empreinte permanente sur la couche de peinture; mais s'il était trop épais, cela produirait des craquelures au moment du séchage. On peut appliquer ensuite de la même manière une deuxième couche de gaze, puis une ou deux toiles, toujours collées avec le même mélange à base de caséinate de calcium. A ce stade, on peut décider soit de fixer la toile à un châssis ou à un cadre ajustable — ce qui laisse la possibilité de la fixer ensuite à un support rigide — soit de la poser, par exemple, sur un panneau de Masonite rigide dont on a recouvert la surface d'une feuille de mousse de plastique. Cette mousse a un double avantage: elle empêche que la peinture ne paraisse artificiellement plate, ce qui peut ne pas convenir au sujet, et elle laisse toutes possibilités de modification ultérieure.

Une émulsion acrylique résisterait mieux que la caséine à l'humidité, risquerait moins de se contracter et serait plus élastique, mais elle ne serait pas aussi claire, et la moindre erreur de concentration pourrait avoir des effets fâcheux sur la tonalité de l'œuvre, d'autant plus que la couche de peinture se réduit à une mince pellicule.

Pour l'entoilage de l'envers, certains experts recommandent d'utiliser une solution de résine synthétique dans du benzène ou de l'acétone plutôt qu'une émulsion ou un adhésif aqueux. D'après eux, cette solution de résine donne une pellicule aussi résistante et aussi élastique qu'une émulsion et son pouvoir adhésif est du même ordre. Elle ne modifie pas les couleurs et suit si fidèlement les moindres irrégularités de surface que, à en croire Tintori, on peut difficilement distinguer après coup si la

fresque a été transférée avec ou sans son enduit de base. Cet avantage tient à ce que les adhésifs et les solvants employés sur l'envers ne modifient pas les adhésifs appliqués sur l'endroit. Il convient de noter néanmoins que les solvants en question sont toxiques et inflammables.

Après avoir préparé l'adhésif acrylique, on le dilue convenablement et on l'étend au dos de la peinture, et on applique la gaze, préalablement imprégnée d'une pâte faite avec le même adhésif dans lequel on a moulu du carbonate de calcium. Si cette pâte doit être épaissie on peut y incorporer un peu de poudre de pierre ponce.

Comment ôter les tissus collés sur l'endroit.

Lorsque le dos est bien sec et compact, on retourne le tout puis on amollit et on décolle les tissus appliqués sur l'endroit en utilisant suivant les cas de l'eau chaude (pour dissoudre la colle forte) ou de l'alcool (pour dissoudre le shellac). Cette opération exige beaucoup de patience et de prudence. Il ne faut pas manipuler les tissus avant que l'adhésif soit suffisamment amolli pour pouvoir glisser sur la surface. Le décollage peut être facilité par l'emploi d'un jet de vapeur et on peut aussi appliquer sur le tissu une feuille de mousse de plastique imbibée d'eau froide, qui fait gonfler la colle. Quelle que soit la technique employée, il importe de s'assurer qu'il ne reste aucune trace de colle sur la surface peinte.

« *Stacco* »

Généralités. Lorsque l'état de la peinture murale n'oblige pas, soit à employer la technique de l'arrachage (*strappo*), soit à envisager le transfert d'une partie du support (*stacco a massello*), la solution courante consiste à ôter la peinture en même temps que la couche de mortier avec laquelle elle fait corps; ce travail ne doit néanmoins être entrepris que s'il est manifeste que le mortier est fortement lié à la couche de peinture. Cette méthode ne

convient pas aux grandes surfaces qu'on peut traiter en une seule fois par le procédé du *strappo*¹.

De même que le *stacco a massello*, il a néanmoins l'avantage de respecter toutes les irrégularités de surface qui contribuent tellement au caractère propre d'une décoration murale.

Préparation. Comme toujours, il faut commencer par nettoyer la surface de la peinture et s'assurer qu'aucun obstacle ne risque de compliquer inutilement l'opération. On met ensuite la documentation à jour et on étudie toute la surface en détail pour vérifier que la couche de peinture adhère fortement au mortier et que la cohésion de ce dernier est suffisante. Toutes les parties qui sembleraient friables seront renforcées.

Entoilage de l'endroit. On applique sur l'endroit une gaze de coton renforcée par une ou deux couches de toile de chanvre que l'on colle en bandes verticales en allant de bas en haut, comme dans la méthode du *strappo*. On replie les bords de la gaze sur eux-mêmes tout autour de la peinture, de manière à former une sorte d'ourlet de 5 cm de large environ. La toile, elle, dépasse la peinture vers le haut, sur une trentaine de centimètres au moins ; on cloue ce dépassant au mur ou, si celui-ci est peint, à un chevron de bois que l'on fixe solidement en position horizontale.

En milieu sec, on emploiera comme adhésif pour l'entoilage la « colletta »², qui ne se contracte pas en prenant. Quand l'atmosphère est si humide que la colletta ne pourrait prendre que lentement, il faut employer du shellac ou un autre adhésif résineux.

Comment détacher du mur la section à transférer. Avec un bistouri ou une petite scie électrique, on découpe la peinture murale suivant des lignes jalonnées d'avance, de manière à isoler la section à transférer. D'autre part, on prépare un panneau de bois d'une taille

correspondante qui servira à soutenir la surface pendant la suite des opérations de découpage quand on détachera l'enduit du mur, puis à transporter la section détachée.

Parfois, avec un maillet en caoutchouc dur, on tapote uniformément toute la surface du tissu collé sur l'endroit pour aider le mortier à se séparer du support de maçonnerie. On applique ensuite le panneau de bois (soigneusement recouvert de feutre ou d'une substance analogue) comme un contrefort contre la peinture, en le faisant coïncider exactement avec la section à prélever ; on retourne ensuite sur les bords du panneau les ourlets des tissus collés sur l'endroit et on les cloue au dos du panneau en veillant à en fixer très solidement la partie supérieure.

Il s'agit alors de détacher définitivement le mortier du mur. On se sert pour cela de longues barres de fer qui jouent entre l'enduit et le mur le rôle de leviers. Il faut toujours les diriger légèrement vers le mur de manière qu'elles fassent avec lui un angle aigu et partir du bas pour remonter peu à peu vers le haut afin que les débris ne viennent pas s'accumuler dans une poche derrière la peinture.

Quand la section à transférer est complètement détachée, on la fait glisser doucement avec précaution jusqu'à ce qu'elle repose sur le sol ou qu'elle soit bien maintenue en place par le panneau rembourré, lui-même posé sur des tréteaux.

Application sur un nouveau support. Tout d'abord, il faut aplanir le dos de la section et en réduire l'épaisseur à 1 cm environ, ou

1. La plus grande surface qu'on ait réussi à détacher d'un seul tenant par le *stacco* (2,6 × 6 m) est celle d'un mur entier de la salle décorée de la villa de Livie à Primaporta, maintenant au Museo Nazionale Romano de Rome. Cette réussite, due à une équipe d'experts de l'Istituto Centrale del Restauro, est néanmoins tout à fait exceptionnelle.
2. Voir formule 1 (p. 204) de l'annexe au présent chapitre.

même moins si le matériau n'est pas trop résistant. Les limites de l'opération dépendent évidemment de l'état du mortier ; s'il n'est pas solide, c'est le *strappo* et non le *stacco* qu'il aurait fallu choisir au départ.

Le nouveau support se composera d'un châssis fait de cornières en T ou en L et recouvert d'un treillis métallique fin renforcé par une grille de fer formant des mailles de 50 cm de côté. Tous les éléments métalliques doivent être passés au minium pour ne pas rouiller.

En vue du montage, on traite le dos de la peinture avec des émulsions acryliques diluées ; si elle est très mince, on la recouvre aussi d'une couche de gaze. On applique ensuite le treillis métallique que l'on incorpore à un mortier de chaux et de sable additionnés de caséine ou, si l'on préfère, d'une émulsion d'acétate de polyvinyle. Il faut utiliser le moins d'eau possible et recouvrir le treillis d'une couche suffisamment épaisse de mortier bien comprimé. Pour éviter les craquelures, il convient de travailler de nouveau le mortier au moment où il recommence à prendre en remouillant la surface et en la saupoudrant uniformément de sable sec et propre.

Après avoir terminé ce montage, il faut attendre qu'il soit parfaitement sec, ce qui peut prendre de 10 à 25 jours, avant d'ôter les tissus collés sur l'endroit pour retrouver la peinture. La manière de procéder à cette opération est exactement la même que dans le cas du *strappo*.

Transfert avec une partie du support (« *stacco a massello* »)

Généralités. Ce mode de transfert n'est utilisé que très rarement, dans des cas spéciaux, par exemple lorsque le milieu est très humide ou le mortier particulièrement résistant, ou encore lorsque la surface est irrégulière et qu'il faut à tout prix en préserver le relief. C'est aussi à lui, bien entendu, qu'on a recours dans le cas des peintures rupestres.

Préparation. La première opération consiste toujours à nettoyer la peinture de la manière indiquée plus haut ; il faut ensuite prendre toutes les mesures de consolidation nécessaires et constituer une documentation.

On enfonce alors des pointes perpendiculairement à la paroi jusqu'à une certaine profondeur (normalement de 2 à 5 cm), suivant l'épaisseur de la dalle à détacher.

Ces pointes doivent être inoxydables et mesurer 1 mm environ de diamètre. Il faut les enfoncer soit dans des trous existants, soit dans des trous forés exprès, là où cela n'endommage pas la peinture.

Entoilage de l'endroit. Cette opération est analogue à celle que nécessite le *stacco*, mais cette fois on applique deux couches de gaze avant la toile, celle-ci étant collée seulement une fois que la gaze a séché. On évite de superposer les joints où deux épaisseurs du même tissu se chevauchent.

Pour soutenir le tout, on prépare un panneau ou un cadre comme dans le cas du *stacco*, mais en plus solide car le poids à supporter sera plus élevé. Après avoir protégé la peinture en collant la gaze et la toile, puis en la recouvrant d'une feuille de polythène, on verse entre ce polythène et le panneau, c'est-à-dire du côté endroit, un mélange crémeux de plâtre à mouler qui, en « prenant » autour des clous qu'on a laissé dépasser du bois, fait peu à peu corps avec le panneau. Il faut augmenter la hauteur du plâtre progressivement, de 50 cm à la fois environ, jusqu'à ce qu'il emplisse tout l'espace entre le polythène et le panneau.

Toutefois, avant de verser ce plâtre (qui épousera parfaitement toutes les irrégularités de la surface), on a tracé, le long du bord inférieur de la peinture, un étroit sillon horizontal de 10 à 15 cm de profondeur dans lequel on introduit une cornière en L de la grosseur voulue ; la face verticale de cette cornière est solidement fixée au panneau de support, tandis que l'autre vient s'encastrer fermement dans le sillon. La cornière sera comme une poutrelle sur laquelle reposera

le poids de la peinture murale lorsqu'elle sera totalement détachée du mur.

Comment détacher la peinture du mur. Il s'agit à présent de découper tout le tour de la peinture soit avec des scies mécaniques, soit avec des outils à main, puis de creuser un étroit passage dans la paroi, derrière la peinture, à 10 ou 20 cm environ de la surface. De ce passage, on dégage peu à peu le dos de la peinture jusqu'à ce que la dalle ainsi taillée ne tienne plus à la paroi rocheuse que par sa partie supérieure. On coupe alors cette dernière attache tout en soutenant la dalle avec des étais de bois, son poids reposant sur la cornière qui fait office de gond. On peut ainsi écarter la dalle de la paroi et l'abaisser jusqu'au sol (fig. 53).

Application sur un nouveau support. On prépare un nouveau support comme s'il s'agissait d'un transfert par *stacco* et, après montage de la manière ordinaire, on ôte les tissus collés sur l'endroit et on nettoie la surface.

Présentation. Après avoir éliminé de la surface toute trace d'adhésif, on examine attentivement la peinture pour s'assurer qu'elle adhère partout à son nouveau support. Le nettoyage et les retouches se font alors comme à l'ordinaire et n'appellent ici aucun commentaire particulier. Les peintures qui ont été découpées en plusieurs morceaux pour la dépose doivent être rassemblées suivant les dessins faits avant le transfert. On construit pour cela un grand châssis muni de barres ou de grilles sur lesquelles on peut fixer les panneaux un à un, en ménageant entre eux des espaces suffisants pour leur ajustement vertical et latéral, ce qui permettra au besoin de démonter l'ensemble puis de le remonter pour l'exposer. On pourra reconstituer les parties manquantes en imitant la texture et les teintes de l'original. Si l'on veut reconstituer dans un musée toute une salle, une tombe ou une chapelle décorées de peintures, on devra veiller à préserver l'authenticité

de l'ensemble et s'assurer que le dos des panneaux — caché aux yeux des visiteurs — demeure néanmoins accessible et puisse être inspecté par les conservateurs.

ANNEXE

FORMULES

1. « *Colletta* » pour l'entoilage endroit de la peinture détachée par « *stacco* » (dépose avec le mortier)

Colle de charpentier (solidifiée) 3 kg
Eau 1 litre

Laisser gonfler de 12 à 24 heures puis chauffer au bain-marie pendant une heure et ajouter :

Mélasse 0,75 kg
Vinaigre 2 litres
Fiel de bœuf 0,3 litre

Mélanger le tout en tournant et verser la colle chauffée dans un plat émaillé où elle formera une gelée en refroidissant. Couper en morceaux que l'on pourra faire sécher sur un treillis métallique (une fois secs ces morceaux devront avoir une épaisseur de 1 à 1,5 cm).

2. « *Colletta* » pour le « *strappo* » (dépose de la seule couche picturale)

Comme ci-dessus, mais sans mélasse.

3. Caséine permettant de fixer la peinture déposée au nouveau support

Caséine 100 g.

Laisser gonfler 12 heures environ dans une grande quantité d'eau puis jeter l'eau en excès.

Ajouter 900 g de chaux éteinte.

Remuer

Ajouter 100 g d'acétate de polyvinyle (en émulsion) ou une autre émulsion acrylique pour donner plus de souplesse.

Mélanger et tamiser.

Ajouter éventuellement un fongicide.

N. B. Si le mélange obtenu a la consistance d'une gelée, c'est qu'il est trop concentré. Le diluer jusqu'à ce qu'il devienne crémeux, puis l'appliquer à la brosse.

La conservation et la restauration des peintures de chevalet

INTRODUCTION

Nombreux sont les musées des pays tropicaux qui possèdent d'importantes collections de peintures de chevalet, souvent importées de la zone tempérée. Ceux du continent australien, qui est situé en grande partie dans la zone tropicale ou subtropicale, constituent à cet égard un exemple particulièrement intéressant et significatif. Malheureusement, à la différence d'autres objets de musée, les peintures se détériorent beaucoup plus vite sous les climats tropicaux que dans les zones tempérées. Les processus normaux de vieillissement sont considérablement accélérés et les matières organiques comme la cellulose risquent de se désagréger très rapidement. Les températures élevées et la forte humidité relative ou, au contraire, l'aridité du climat y contribuent, ainsi que les effets photochimiques de la lumière éclatante du soleil qui n'est pas filtrée par le brouillard, les nuages ou la pollution atmosphérique des pays industriels. Les attaques des insectes et des micro-organismes causent aussi des dommages importants.

Les collections australiennes sont fort diverses et le spécialiste de la conservation doit donc avoir recours à des techniques très variées. Souvent, les supports des tableaux sont extrêmement différents. Il peut s'agir de panneaux en bois européens, de toiles de lin et de coton, de cartons préparés, de sacs d'hessian et de jute, de fonds ôtés à des tiroirs, de panneaux en bois locaux, de panneaux de pin autour desquels

on enroulait autrefois les pièces de tissu, de panneaux à base de fibres de toutes variétés, de feuilles de verre ou de plaques de métal; il est rare que ces matériaux soient de la meilleure qualité. Il faut citer, en outre, le contre-plaqué et les panneaux de construction qui ont été et sont toujours largement utilisés.

Parmi les autres facteurs influant sur la stabilité des tableaux, l'un des plus importants — et souvent des plus exaspérants — est la grande diversité des techniques employées non seulement par les premiers artistes, mais aussi par les peintres actuels. Outre les procédés traditionnels de peinture à l'huile ou à la détrempe à l'œuf (avec ou sans glacis), il y a les aquarelles et les nombreuses méthodes à la gouache avec emploi de colle, de caséine et de latex; il y a aussi, aujourd'hui, les produits synthétiques tels que l'acétate de polyvinyle, les substances acryliques, les alkyds et les émaux synthétiques¹.

Le premier groupe d'œuvres, complété plus tard par des achats, est constitué par les nombreux tableaux européens exécutés avec les procédés traditionnels, que les premiers colons avaient apportés avec eux ou dont ils ont hérité par la suite. D'autre part, des artistes sont venus en Australie au début de la colonisation; beaucoup avaient reçu une solide formation classique dans leur pays d'origine mais durent se

1. Voir également l'annexe à la fin du présent ouvrage.

contenter de matériaux de fortune qu'ils ne connaissaient pas. Néanmoins, ils ont produit dans leur patrie d'adoption des œuvres intéressantes tant sur le plan esthétique que le plan historique.

Parmi leurs sujets, qui étaient variés, citons les portraits de famille, les paysages, les sujets religieux, chemins de croix et retables. Certes, nombre de ces peintres étaient médiocres, mais leurs œuvres ont été utiles, car elles ont constitué un lien culturel ou religieux entre le pays d'origine et la colonie, milieu neuf, encore fruste et souvent barbare, où les émigrés devaient passer le reste de leur vie. Voilà pourquoi il importe de conserver ces tableaux.

Les collections australiennes, comme celles des autres pays tropicaux, renferment de nombreux tableaux qui avaient été soumis à d'innombrables risques au cours des longues traversées en bateau à voiles. Le séjour en cale, l'exposition à l'humidité exceptionnelle et aux températures extrêmes du climat tropical ainsi que les oscillations du navire provoquaient des dégâts qui n'apparaissaient que trop clairement à l'arrivée, au moment du déballage. Évidemment, bien des tableaux endommagés n'ont pas survécu; toutefois, un grand nombre ont été réparés et restaurés. Comme il n'existait pas de restaurateurs compétents dans ces colonies nouvelles et fort reculées, les travaux étaient d'ordinaire confiés à des artisans, à des fabricants de charrettes par exemple, ou à des moines ou des missionnaires possédant quelque talent artistique.

Plus tard, dans les centres plus importants, vint le sculpteur et doreur sur bois qui avait une certaine expérience du nettoyage des peintures. D'ordinaire, il rentoilait les supports endommagés avec de la colle animale, comblait les lacunes avec du gesso (gypse calciné) et, bien entendu, retouchait excessivement le tableau, d'ordinaire avec une préparation à base de vernis ou de résine de copal. Comme les résines molles ont tendance à se couvrir de buée bleue, on étendait d'ordinaire du vernis de

copal sur la surface ou bien on la frottait à plusieurs reprises avec de l'huile de lin brute.

La stabilité d'une peinture de chevalet dépend beaucoup des divers milieux auxquels elle a été exposée. Dans ces pays, à l'origine, les peintures ne se trouvaient pour la plupart que dans les résidences officielles, dans les églises ou les missions, ou encore dans les demeures de personnes riches et cultivées; tous ces bâtiments étaient situés soit près de la mer, soit dans des vallées fluviales à quelques kilomètres de la côte. Plus tard, à mesure que les colonies se développaient, de nombreuses familles s'enfoncèrent à l'intérieur des terres pour fonder des plantations ou faire de l'élevage, ce qui signifiait souvent un changement complet de milieu et de climat.

En Australie, par exemple, au lieu d'être soumises à un climat de mousson avec forte humidité relative, températures changeantes et rafales de vents chargés de sels, les peintures transportées dans les régions de savane et de désert étaient exposées à des températures allant jusqu'à 55 °C avec une humidité relative ne dépassant pas 30 % pendant des mois. Des vents chauds et secs apportaient dans les demeures des tourbillons de poussière du désert qui usaient les peintures par frottement de la surface. La lumière intense faisait passer les couleurs et favorisait l'oxydation de la cellulose. Le liant se desséchait. La poussière et les insectes endommageaient la couche picturale tandis que les termites creusaient des galeries dans les panneaux de bois.

Un autre problème résulte de la qualité des matériaux disponibles. Aujourd'hui, de nombreux pays tropicaux qui viennent d'acquiescer leur indépendance ont le vif désir de préserver leur artisanat et leurs richesses culturelles, et ils ont créé d'innombrables petits musées. Bien des artistes éduqués à l'occidentale et entrés en contact avec la civilisation de l'Occident ne se bornent plus à s'exprimer uniquement par les moyens conventionnels et se tournent vers d'autres formes d'art; alors que,

traditionnellement, ils avaient depuis longtemps une grande dextérité manuelle, ils ont acquis un nouvel orgueil national et s'expriment maintenant dans des formes résolument occidentalises. Malheureusement, leur choix de matériaux picturaux est d'ordinaire fort limité et des œuvres d'art extrêmement originales sont parfois exécutées avec des matières défectueuses qui ne durent pas plus de quelques années dans ces conditions climatiques défavorables.

Trop souvent aussi, les locaux dans lesquels sont conservées les collections artistiques des pays tropicaux laissent à désirer. A de rares exceptions près, les musées sont des palais humides et mal conçus, parfois avec des boiseries infestées d'insectes ou en train de pourrir et donc de laisser passer l'humidité, que les beaux-arts ont repris au moment de la passation des pouvoirs politiques ou dont ils ont hérité lorsque les services administratifs se sont installés dans des bâtiments plus modernes. Très souvent, le conservateur de la collection est un fonctionnaire qui a accepté cette responsabilité supplémentaire par amour de l'art ou souci passionné de sauvegarder les témoignages du passé culturel et historique de son pays. Il est donc évident que la formation de conservateurs de musée est une tâche urgente et importante. Consciente de ces difficultés, l'Art Gallery de la Nouvelle-Galles du Sud, à Sydney, a entrepris un programme de formation de restaurateurs qui porte plus spécialement sur les problèmes rencontrés sous les tropiques. On trouvera ci-après un exposé des procédés relativement simples de conservation et de restauration qui peuvent être appliqués par toutes personnes ayant un minimum d'expérience et de compétence.

LA CONSERVATION DES PEINTURES DE CHEVALET

Fongicides

Le climat tropical étant ce qu'il est, le conservateur est obligé d'étudier tout spécialement les moyens de prévenir et d'arrêter la croissance des moisissures. L'expérience a montré qu'il est vain d'essayer de faire des recherches mycologiques dans un milieu non stérile et sans formation ni matériel spécialisés, et qu'il importe de déterminer les conditions essentielles à la croissance des moisissures, les matériaux qui constituent leurs meilleurs éléments nutritifs et les substances qui peuvent être utilisées comme fongicides (planche 25).

La plupart des fongicides qui semblaient très prometteurs en laboratoire sont apparus soit difficiles à appliquer sous les tropiques, soit dangereux pour les peintures et leur effet stérilisateur semble transitoire. On peut même dire qu'une fois les moisissures profondément installées dans une couche picturale, qu'il s'agisse d'huile acrylique ou d'acétate de polyvinyle, aucun fongicide ne paraît avoir le moindre pouvoir d'empêcher la moisissure de se redévelopper dès que les conditions lui sont à nouveau favorables. En outre, diverses espèces de moisissures acquièrent une immunité contre certains fongicides et peuvent devenir extraordinairement résistantes.

Parfois, il est possible d'amollir avec des solvants la surface de la peinture à l'huile puis, à l'aide d'une petite brosse, d'appliquer le fongicide sur les diverses colonies; mais ce procédé n'est commode que si le mycélium n'a pas pénétré trop profondément à l'intérieur de la couche picturale et si l'attaque est extrêmement localisée.

Dans le cas des aquarelles, où la technique consiste surtout à colorier le papier avec des pigments et à utiliser la couleur et les fibres du papier même pour obtenir un certain ton et une certaine texture, le traitement aux fongicides est beaucoup plus

efficace que sur une couche très épaisse de peinture à l'huile. Toutefois, avec les dessins à l'aquarelle, on se heurte à un autre inconvénient dû au risque de tacher l'œuvre. Par exemple, bien que le chlorophénol ait une action fongicide extrêmement forte lorsqu'il est appliqué sur du papier infecté, il a tendance à produire de l'acide libre et à faire des taches, grave inconvénient qui en limite l'emploi. On ne peut élever les mêmes objections contre le sel sodique du pentachlorophénol qui est efficace même en solution extrêmement diluée (1 ou 2 %). Il ne faut pas oublier que la plupart des fongicides ont été mis au point en vue de leur emploi sur des matériaux relativement peu durables, dont la vie utile est bien moindre que celle des peintures. C'est pourquoi les fongicides commerciaux employés pour lutter contre les moisissures ont généralement donné des résultats décevants. Le shirlan, produit spécial pour traiter la cellulose, constitue toutefois une exception. Nous avons utilisé ce produit dans une solution de trichloréthylène-acétone pulvérisée sur l'envers des gravures et des dessins ainsi que sur le passe-partout et le carton de montage.

Ce traitement est plus durable et plus satisfaisant que la fumigation au thymol, substance de peu de valeur sous les tropiques parce qu'elle est très volatile.

Déshumidification

Puisque la croissance des moisissures s'arrête lorsque l'humidité relative est inférieure à 60 %, il importe d'exposer et de conserver les peintures en milieu sec. L'idéal serait bien entendu de disposer d'un bâtiment entièrement climatisé, mais le coût de la climatisation d'un bâtiment ancien et souvent peu solide risque d'atteindre des chiffres astronomiques.

C'est le problème auquel nous nous sommes heurtés à Sydney. Notre bâtiment avait certes des formes massives et était solidement construit, mais l'installation de

la tuyauterie, l'abaissement des plafonds et l'isolation des divers locaux posaient des problèmes insurmontables, de sorte qu'il a fallu renoncer à la climatisation. Nous avons alors adopté une solution de compromis en mettant au point des déshumidificateurs semi-mobiles pour les réserves, expérience dont il n'est peut-être pas inutile de rendre compte ici. Les appareils sont tous montés sur roulettes et équipés de tuyaux flexibles, et ils sont orientables sur 220 ° environ.

Les déshumidificateurs sont relativement peu coûteux puisqu'ils reviennent à 800 livres australiennes chacun et les résultats ont dépassé nos espérances. Notre machine, de conception fort simple, est construite sur le principe bien connu de la pompe de chaleur (planche 26). L'énergie est fournie par un moteur triphasé de 5 CV et le contrôle assuré par un hygrostat Minneapolis Honeywell à exactitude de plus ou moins 3 %. L'appareil peut être facilement réglé par une personne non expérimentée qui effectue chaque jour des vérifications avec un psychromètre fronde, et un thermohygrographe enregistreur marque la température et l'humidité relative. Le premier appareil a été installé dans notre plus grande réserve (1 700 m³) vers la fin de 1962, et il s'est montré très efficace tant du point de vue mécanique que du point de vue thermique. D'ordinaire, Sydney connaît une saison des pluies de trois mois durant laquelle l'humidité relative est forte. L'année 1963 a été l'une des plus humides qu'on ait enregistrées. Près de 2 000 mm de pluie sont tombés en sept mois, ce qui a donné à l'appareil une excellente occasion de faire ses preuves. Alors qu'auparavant l'eau remontait dans les planchers, les murs humides se couvraient d'efflorescences dues à la capillarité et les moisissures se développaient avec une profusion alarmante, la déshumidification a eu pour effet de rendre les murs et les planchers absolument secs et les moisissures ont pratiquement disparu. C'était là un contraste frappant avec l'année précédente où, pourtant, les chutes de pluie



Planche 25

Moisissures de *Penicillium* sur un tableau. Le nettoyage du mycélium superficiel a fait apparaître des taches profondes, qui ont été traitées à l'hypochlorite de calcium.

Planche 26a

Vue latérale du déshumidificateur installé dans la section des peintures à l'huile de l'Art Gallery de Sydney (Australie).

Caractéristiques : moteur triphasé de 5 CV ; point de rosée : 35°. Système de contrôle : hygrostat Minneapolis Honeywell.

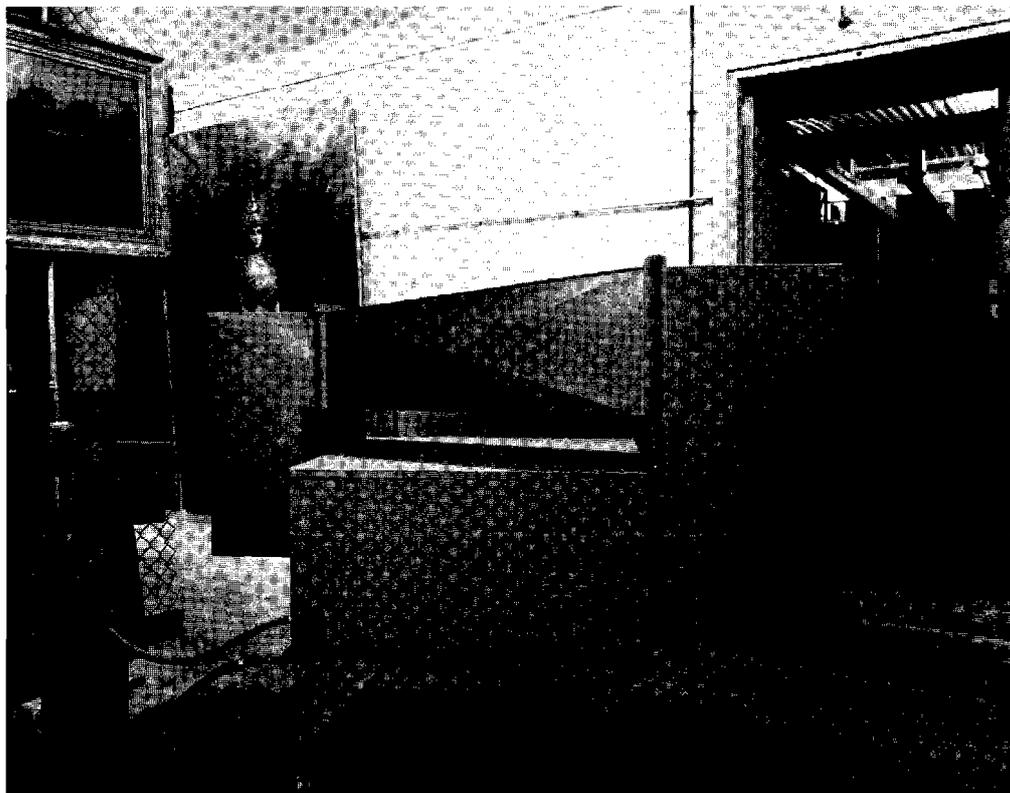


Planche 26b

Le déshumidificateur vu de face. On remarquera les plateaux de type simple, en grillage galvanisé fixé sur châssis de bois dur que les insectes n'attaquent pas.



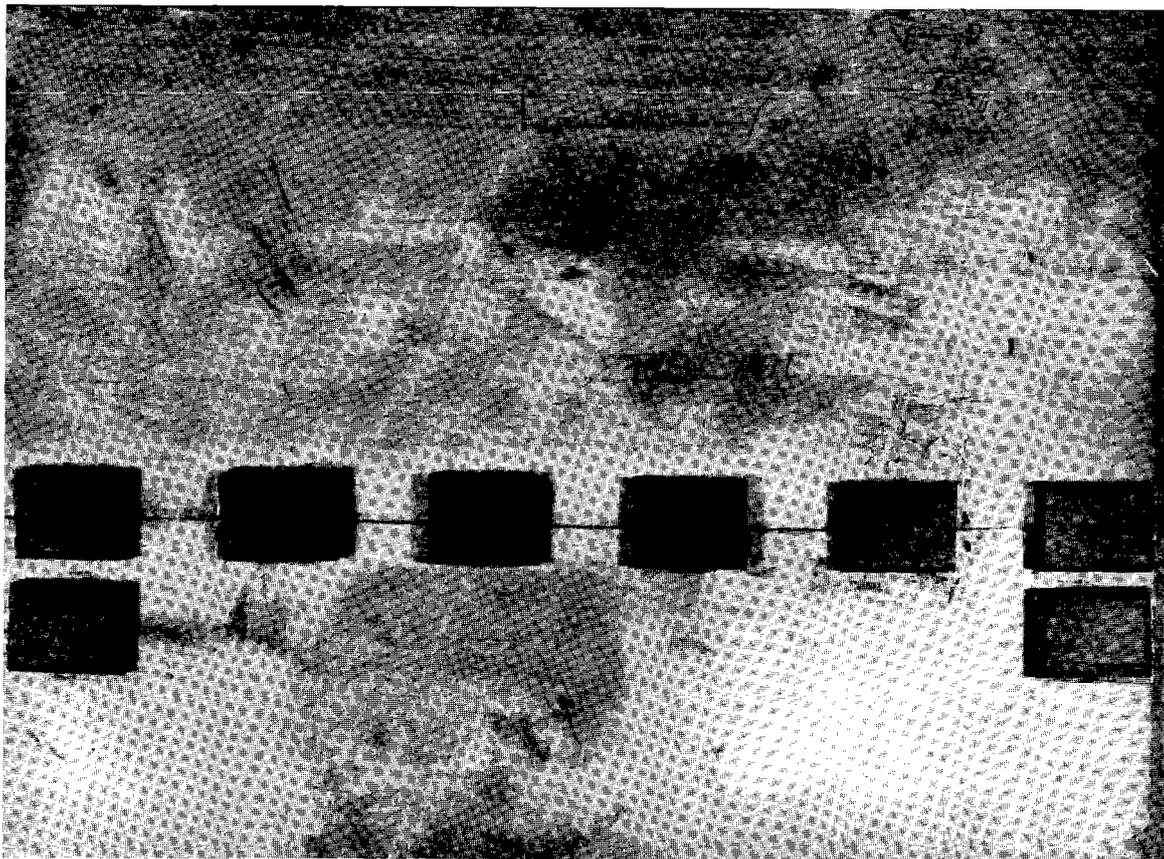


Planche 27

Une des méthodes utilisées pour réparer un panneau fendu et gondolé. Le panneau a été traité à l'éther dichloréthylique, à la dieldrine et à l'essence minérale.

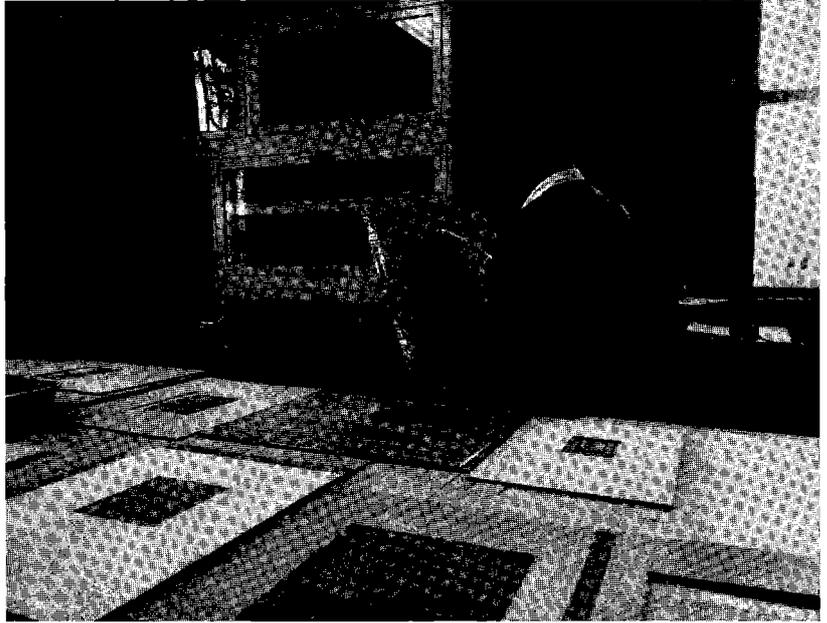


Planche 28

Une gravure déshumidifiée a été placée dans une enveloppe de polyéthylène hermétiquement fermée. Noter le déshumidificateur à l'arrière-plan.



Planche 29a

Ancienne aquarelle australienne très endommagée (« piqûres » de rouille, taches d'humidité et jaunissement). Des délépismes et des blattes s'étaient attaqués aux bords extérieurs, à l'endroit où le support était collé au cadre.



Planche 29b

La même aquarelle après restauration. Une solution d'hypochlorite de calcium a permis d'effacer les « piqûres » de rouille et les taches d'humidité et de redonner au papier sa blancheur originale. Du shirlan en solution dans un mélange de trichloréthylène et d'acétone a été pulvérisé sur le support au dos de l'aquarelle.



Planche 30

Presse à chaud et à vide de type simple, dans lequel l'orifice d'aspiration d'un compresseur d'air est utilisé comme pompe à vide. L'élément chauffant est constitué par un câble de Pyroténax fixé sous une plaque d'aluminium. La régulation de la température est assurée par un simple thermostat.

avaient été inférieures de plus de la moitié. Avant l'installation de notre appareil, 360 peintures à l'huile étaient infectées de moisissures et des plaques étaient apparues sur les planchers et au laboratoire. Les bandes de gélatine fixées aux murs étaient molles et flexibles et pouvaient être roulées sans se casser, ce qui indiquait une humidité excessive. La peinture formait de grosses cloques sur les murs où l'on notait des traînées de sels efflorescents. En fait, l'humidité relative était rarement inférieure à 90 % et il fallait lutter non seulement contre les moisissures, mais aussi contre l'écaillage de la peinture qui avait commencé à la partie inférieure de nombreux tableaux. Durant les six mois où l'on a mis le déshumidificateur à l'essai, l'humidité relative s'est maintenue au niveau constant de 55 % et la température entre 20 et 23,5 °C. Ajoutons que l'eau recueillie par condensation de l'humidité atmosphérique est évacuée par un tuyau vers l'extérieur. Comme, durant les mois très secs, l'humidité relative tombe rarement en dessous de 45 % avec une température moyenne de 17,2 °C, on n'a pas jugé nécessaire de recourir à l'humidification pendant cette période.

Des ventilateurs ont été placés en diagonale à des coins opposés des salles pour maintenir une circulation d'air suffisante; ils sont commandés par le même hygrostat que le déshumidificateur.

Réserves

En visitant les musées, on s'aperçoit très souvent que des trésors d'ingéniosité ont été dépensés pour exposer les tableaux de manière attrayante et instructive dans des salles nettes et bien éclairées, mais que rien ou presque rien n'a été fait pour assurer des conditions analogues aux tableaux non exposés. Il n'est pas rare de trouver les tableaux rangés les uns contre les autres dans une cave, ou un sous-sol humide, sombre et mal éclairé, où tout est idéal pour le développement des moisissures et l'écail-

lement de la peinture. Or, il suffirait d'un peu de temps et d'effort pour atténuer grandement cet état de choses regrettable.

Les réserves devraient faire l'objet d'autant de soins que les salles d'exposition. Il ne faut pas laisser des résidus divers s'y accumuler et il est indispensable d'y maintenir en tout temps une propreté rigoureuse. Les murs et les boiseries doivent être recouverts d'une peinture très brillante, de préférence à base d'oxyde de zinc, avec adjonction d'un fongicide.

En l'absence de bons dispositifs de rangement, on peut recourir à des installations de remplacement simples et économiques: du grillage galvanisé fixé à des cadres de bois. Cela permet de réduire l'incidence des moisissures et d'inspecter aisément les tableaux. Comme les colonies de moisissures se plaisent dans l'obscurité, il est essentiel de maintenir un éclairage suffisant, même dans les réserves. S'il n'est pas possible de contrôler l'humidité de l'atmosphère, il faut installer des ventilateurs pour que l'air circule. En effet, l'air stagnant favorise grandement la propagation des spores de moisissures alors que l'air qui circule non seulement permet d'empêcher les spores en suspension dans l'air de se déposer et de germer, mais aussi aide à assécher la réserve.

Il importe d'assurer régulièrement une inspection très stricte des tableaux conservés dans les réserves. Rien ne remplace les soins constants et la vigilance. Il faudrait examiner soigneusement centimètre par centimètre la couche picturale et l'envers des tableaux avec un microscope binoculaire à faible puissance, afin de détecter toute trace de mycéliums de moisissures. Souvent, un simple brossage suffit à éliminer les spores et mycéliums qui n'ont pas encore pénétré dans la couche picturale. Une courte exposition aux rayons du soleil ou aux rayons ultraviolets peut contribuer à la stérilisation.

L'envers des peintures de chevalet

L'envers du tableau doit être soigneusement dépoussiéré avec un aspirateur, petit mais puissant. Il est ainsi beaucoup plus facile d'ôter les spores de moisissures ainsi que les psocidés porteurs de spores, qui, en se déplaçant d'un tableau à l'autre, y apportent ces minuscules germes de destruction. Il faut ensuite nettoyer la surface de la couche picturale pour éliminer les saletés, les poussières et les grains de pollen qui tendent à absorber l'humidité et qui alimentent souvent les spores de moisissures.

Il convient aussi d'examiner la partie de la peinture qui se trouve derrière la barre inférieure du châssis pour voir si elle présente le moindre signe de poussière ou de moisissure. Pour cela, il faut enlever les semences qui fixent la toile et retirer la barre. Chaque fois que cela est possible, il est recommandé de remplacer les semences traditionnelles en fer, qui rouillent facilement et qui rongent la toile, par des semences en cuivre qui exercent en outre une légère action fongicide.

Dans la pratique, il est bon d'appliquer un fongicide au revers non peint de la toile. A cet effet, il faut recommander le shirlan soluble dans le white spirit ; toutefois, si la craquelure de la couche picturale a atteint le support en toile, il faut prendre garde que l'action du solvant ne s'étende pas à la couche picturale et au vernis. L'application, même au dos d'un tableau, d'une couche de protection qui ne puisse être ôtée par la suite, est à condamner impitoyablement. En effet, en cas de clivage ou d'écaillage de la couche picturale, on risque alors de ne pas pouvoir recourir à l'imprégnation à l'envers du tableau.

Parfois, il est conseillé de rendre le dos de la toile étanche en fixant un panneau de protection au châssis. Si l'on utilise du contre-plaqué, il faut prendre la qualité « Marine » avec un adhésif non aqueux entre les couches de plaquage. Le « Tempered Masonite » est excellent bien qu'assez lourd.

Il faut d'abord préparer le panneau en perçant une rangée de trous — d'un pouce (2,5 cm) de diamètre au moins — à quelques pouces de l'extrémité supérieure et au-dessus des barres inférieures du châssis. Un fin grillage de protection doit recouvrir ces trous pour empêcher l'entrée de spores et de psocidés (poussières transportant des poux). Il est incroyable comme ces derniers parviennent à se faufiler à l'intérieur et nous avons eu assez de mal à trouver un grillage qui soit à la fois assez gros pour laisser la peinture respirer mais assez fin pour empêcher ces parasites de passer.

PEINTURES SUR PANNEAUX DE BOIS

Les termites attaquent parfois les panneaux qui ont été conservés longtemps dans une obscurité totale. Il est rare qu'ils pénètrent dans la couche picturale, mais leur activité peut réduire les supports en bois à de simples coquilles.

Les peintures sur panneaux qui sont fixées à d'autres objets ou ont été en contact direct avec le mur, dans une église par exemple, deviennent souvent la proie des termites. Le remède consiste à détacher le panneau, à remplacer le bois abîmé conformément aux méthodes de restauration admises, à le traiter avec un insecticide comme la dieldrine ou l'aldrine et à s'assurer, en remplaçant les panneaux, qu'ils sont isolés du mur (planche 27).

Ce serait peine perdue que de vouloir traiter les châssis attaqués par le ver des meubles (hespérophane). Il faut les détruire et les remplacer par des châssis en bois de feuillus.

EMPLOI D'UN VERRE PROTECTEUR

L'emploi du verre pour protéger les tableaux encadrés est discutable. Dans les régions de forte humidité, ce peut être en effet un risque supplémentaire. L'humidité se condense à l'intérieur du verre, y laissant des dépôts qui contribuent à la propagation des

moisissures. Si l'humidité est toujours élevée, quelques verres subissent des transformations chimiques et deviennent partiellement opaques et poreux.

Par contre, dans les zones sèches et désertiques, le verre présente des avantages, surtout si le tableau n'est pas recouvert de vernis. Ici, ce sont les mouches communes, abondantes durant la plus grande partie de l'année, qui sont un vrai fléau. Elles déposent leurs excréments sur les surfaces peintes, notamment aux endroits clairs où l'artiste a utilisé davantage de blanc de céruse, laissant de petites piqûres qu'il est d'ordinaire impossible d'ôter sans enlever la couche picturale sous-jacente.

MESURES A PRENDRE DANS LES CLIMATS SECS

Dans le climat moins changeant des zones sèches et désertiques, l'absence de contractions et d'expansions successives contribue à assurer la stabilité des tableaux qui résistent en général beaucoup mieux que dans les régions tropicales humides. Toutefois, si la déshydratation est extrême, elle peut nuire à cette stabilité ; il est alors possible d'installer des humidificateurs produisant une fine vapeur d'eau. Malheureusement, l'eau de pluie est d'ordinaire fort rare dans ces régions et utilisée avec parcimonie. Or, l'eau des puits artésiens n'est pas aussi satisfaisante parce qu'elle est calcaire et remplie de sels qui tendent à se déposer sur les parois des minces tuyaux de vaporisation. La vapeur d'eau qui s'échappe laisse d'habitude des dépôts métalliques partout et, si le taux d'évaporation est élevé, on ne peut espérer aucun résultat intéressant, à moins que les salles d'exposition et les réserves ne soient raisonnablement isolées de l'extérieur. En général, la stabilité des peintures sur panneau est beaucoup plus grande dans un climat sec que dans les zones d'humidité variable.

QUELQUES OBSERVATIONS AU SUJET DES AQUARELLES

Conservation

La conservation des aquarelles et des dessins non encadrés pose de graves problèmes sous les tropiques parce qu'il est impossible de les suspendre et qu'il faut donc obligatoirement les déposer sur des casiers ouverts ou dans des meubles fermés.

Fortunés sont les musées qui disposent de meubles supplémentaires en bois résistant naturellement aux insectes. Il existe effectivement certains bois dont l'arôme décourage l'activité de la plupart des insectes et qui, de par leur nature cellulaire, jouent un rôle de réservoir en absorbant puis redonnant de l'humidité. Malheureusement, à mesure que les collections s'étoffent, les bons meubles en bois viennent à manquer et il ne reste bientôt plus qu'à utiliser les meubles de série en métal qui laissent beaucoup à désirer. En effet, le dessin et son montage absorbent l'humidité qui se condense sur les parois métalliques. D'autre part, les cristaux fongicides placés dans les tiroirs pour des raisons prophylactiques ont tendance à amollir la peinture du meuble métallique et la rouille ne tarde pas à apparaître.

Déshumidification

L'emploi des cristaux de gel de silice comme agent de déshydratation n'a pas donné de bons résultats dans notre pays. Nous nous sommes aperçus que, durant la saison humide, il fallait réactiver 27 kg de gel de silice par semaine. C'est une opération qui prend beaucoup de temps lorsqu'on ne dispose pour cette régénération que d'un four exigü. Il fallait donc s'attaquer au problème d'une autre manière. Nous avons désormais des meubles dont les tiroirs ont un fond en grillage métallique qui permet une certaine circulation d'air et laisse passer librement les vapeurs volatiles des insecticides.

Avant de déposer les objets à conserver dans des meubles métalliques, on réduit les traces d'humidité qui demeurent dans les dessins (montés ou non) en les plaçant pendant une heure environ dans un meuble de déshumidification où l'humidité relative est maintenue à un niveau constant de 40 %. On vérifie ensuite l'état des dessins avec un indicateur d'humidité, avant de les enfermer dans une enveloppe de polyéthylène qu'on a, elle aussi, traitée pour lui ôter toute humidité (planche 28). Les papiers indicateurs d'humidité sont placés dans les enveloppes de manière à ne pas être directement en contact avec le montage ni avec le dessin. Au moment de l'inspection régulière, toute modification de la couleur du papier indicateur permet d'évaluer rapidement et avec assez d'exactitude quel est le taux d'humidité à l'intérieur. Cette opération paraît donner de très bons résultats et il ne semble pas, durant les neuf mois qui se sont écoulés depuis que les dessins ont été ainsi traités, que ceux-ci aient absorbé d'humidité supplémentaire.

Montages hermétiques

Placer chaque dessin dans un cadre hermétique a également l'avantage de les protéger contre les dégâts des lépismes (ou poissons d'argent) et des petites blattes qui ont causé d'énormes dégâts dans le passé. Lorsque le papier est perforé et que la surface du dessin est piquée, là où les parasites ont rongé le papier et la couche picturale, il est très difficile, et même souvent impossible, de faire un travail efficace de restauration.

*Plexiglas de protection*¹

Des arguments intéressants ont été avancés en faveur de l'emploi du plexiglas absorbant les rayons ultraviolets pour le montage des aquarelles délicates et des peintures orientales. Il semble en effet que l'humidité ne se condense pas aussi facilement sur le plexiglas que sur du verre ordinaire; toutefois, ce

produit a l'inconvénient de se rayer facilement, ce qui est très ennuyeux parce que dans les zones de climat désertique, il aurait pu contribuer à réduire considérablement le risque d'oxydation et de décoloration des teintes fugitives. Malheureusement, la feuille de plastique deviendrait vite opaque sous l'action des nuages de poussière du désert et, d'ailleurs, on ignore encore si la résine acrylique résiste à l'effet corrosif des moisissures.

Montage des aquarelles

Les cartons de montage et les passe-partout de mauvaise qualité sont facilement infectés par les moisissures qui se répandent vite sur l'aquarelle ou le dessin. Il est fréquent de voir des piqûres brunes apparaître là où le bord du dessin a été en contact direct avec le passe-partout. Il faut donc jeter et remplacer les passe-partout et les cartons de montage infectés, même s'ils le sont très légèrement. Les cartons de bonne qualité en fibre de lin sont chers et difficiles à trouver; souvent, en outre, ils ne sont pas assez épais pour constituer un bon support pour le dessin. Lorsque l'emploi de cartons de mauvaise qualité à base de fibres mélangées est la seule solution possible, il faut les traiter entièrement avec un fongicide avant de monter les dessins. Dans ce cas, du shirlan (soluble dans le white spirit), dissous dans un mélange de trichloréthylène et d'acétone et répandu en pulvérisation sur les cartons, permet de les protéger de manière excellente contre toutes les attaques de moisissures (planche 29a, b). Il faut éviter de fixer définitivement les dessins avec de la colle ou des bandes adhésives, parce qu'il est ensuite difficile de les ôter et que ce mode de fixation risque de provoquer des tensions permanentes. Ajoutons qu'un examen périodique avec une lampe à rayons

1. Pour plus de détails, voir: *Les expositions temporaires et itinérantes*, p. 70-76 (vol. X de la présente série). Voir aussi l'annexe « Filtres ultraviolets en feuilles », p. 348.

ultraviolets et un filtre Woods révèle souvent un début d'attaque de moisissures qui ne serait pas visible à la lumière ordinaire.

Si l'on veut encadrer un tableau, quelle qu'en soit la nature, il ne faut jamais que le verre entre en contact direct avec la peinture. La peinture qui respire et les résines qui s'amollissent lorsque la température est élevée ont tendance à adhérer au verre, si bien qu'on s'expose à de graves chutes de peinture si l'on veut les en détacher. Il faut également éviter tout contact direct avec les aquarelles, car l'humidité qui a réussi à pénétrer se condense très facilement sur la face intérieure du verre, ce qui favorise le développement des moisissures.

RESTAURATION

Sauf dans certains cas, les techniques de restauration doivent être voisines de celles qui sont employées par les musées d'art les plus modernes de l'Occident et qui sont décrites en détail dans les ouvrages spécialisés.

L'accent doit être mis autant que possible sur la conservation des tableaux plutôt que sur leur restauration. Pour les peintures à l'huile, les techniques doivent être réversibles et il est bon, comme on l'a déjà signalé, de ne rien faire qui ne puisse être défait par la suite.

Nettoyage

Sans vouloir entrer dans le détail de la controverse entre nettoyage radical et nettoyage modéré, bornons-nous à dire que dans les régions tropicales, il est souvent impérieux de nettoyer radicalement pour enlever toute trace de vernis jauni et cassant qui impose une tension supplémentaire à la couche picturale si fragile et provoque clivages et fissures.

Le nettoyage peut être une opération très délicate lorsque la préparation comporte une certaine proportion de résine molle. Nous nous sommes aperçus que le cyclohexanol

est un solvant très utile dans ces cas difficiles. La décaline et la tétraline sont également excellentes pour nettoyer les surfaces ; bien qu'elles agissent lentement et qu'elles doivent être appliquées à plusieurs reprises, elles sont souvent plus efficaces que les autres solvants s'il s'agit d'ôter les saletés et la suie qui se sont incrustées.

Il a toujours été extrêmement difficile d'ôter le vernis à base de résine de copal qui s'est assombri en vieillissant parce qu'il n'est pas soluble. L'acétone additionnée de quelques gouttes d'ammoniaque a un certain pouvoir dissolvant, mais il faut prendre de grandes précautions en appliquant le mélange, surtout en présence de certaines couleurs comme l'outremer.

Pour les nettoyages des peintures, notamment en climat chaud et humide, il faut employer un ventilateur électrique pour dissiper les vapeurs toxiques et, quand le restaurateur fait des pulvérisations de vernis additionnés de fongicides, il lui est conseillé de porter un masque protecteur à double diaphragme ou de mener à bien l'opération dans un meuble avec hotte équipé de ventilateur d'évacuation.

Comblement des lacunes

Dans les pays tropicaux, il n'est pas recommandé de combler les lacunes avec du gesso (colle et blanc). Celui-ci a en effet tendance à se dilater et à se contracter selon les variations climatiques et à devenir si dur en séchant qu'il est impossible de l'ôter sans dégât. Il faut le poncer pour le ramener au niveau de la surface peinte et appliquer une colle, d'ordinaire de la gomme laque, pour empêcher toute absorption des retouches ultérieures.

Nous avons constaté que, pour combler les lacunes, un mélange à base de cire et de résine, comportant de la cire d'abeille, de la résine A.W.2., de l'élémi et du kaolin, présente moins de dangers et est d'une application beaucoup plus souple. Il peut être appliqué à une chaleur modérée, il est

facile à modeler pour copier la texture de la toile, s'ôte sans difficulté et est compatible avec les retouches faites avec des préparations à base de résine synthétique.

Retouches

Dans le cas des peintures à la détrempe, nous préconisons les retouches avec émulsion à la détrempe, mais cette méthode n'est pas à conseiller dans les autres cas, car la préparation du liant est difficile dans les climats tropicaux, risque d'être infectée par les moisissures, est peu flexible et est difficile à ôter.

Nous nous sommes aperçus que les couleurs en tube ou en poudre broyées avec de la résine A.W.2. constituent un meilleur liant que les autres. La préparation s'assombrit moins facilement que l'huile et, en cas de besoin, s'ôte plus facilement.

Vernis

Bien qu'il existe un certain nombre de vernis présentant chacun certains avantages, il n'en est pas d'idéal. Tous les vernis à base de résine molle, qu'ils soient naturels ou synthétiques ; ont tendance à devenir bleutés. On peut réduire considérablement cette tendance en s'assurant que le vernissage est effectué uniquement par temps chaud et sec, sans vent.

Bien qu'elle se raye facilement et soit assez peu flexible, nous préférons la résine synthétique A.W.2. aux résines molles naturelles comme le dammar et le mastic, mais il est certain qu'un vernis à la résine molle, bien préparé, et convenablement appliqué, peut faire beaucoup pour protéger la surface d'une couche picturale déjà ancienne.

Supports des tableaux

Si les conditions climatiques sont défavorables, la résistance des supports en toile dépend surtout des fibres dont ils sont faits.

Les fibres de coton dont la teneur en cellulose est élevée résistent moins bien au développement des moisissures et réagissent plus violemment aux changements d'humidité que les toiles en fibres de liber. Elles ne conviennent donc pas aux climats tropicaux humides. Par contre, dans un climat chaud et sec, elles ne se désagrègent pas aussi facilement et résistent mieux au rayonnement solaire que les fibres de jute et de ramie.

La colle animale utilisée pour maroufler les toiles constitue un risque supplémentaire parce que c'est un bon aliment pour les colonies de moisissures et parce qu'elle gonfle en temps humide pour se contracter ensuite en période sèche. Ces mouvements continus provoquent une tension considérable des couches picturales. Lorsqu'elle vieillit et se dessèche, la peinture se tend et il apparaît des fissures où les spores de moisissures transportées par l'air viennent se loger et se développent, car elles trouvent les éléments nutritifs indispensables dans la couche sous-jacente de colle à maroufler. Les oligo-éléments que renferment certains pigments constituent aussi des substances nutritives stimulant le développement des mycéliums qui se ramifient comme des toiles d'araignées.

Les toiles qui se trouvent dans le climat chaud, sec et plus stable des régions désertiques réagissent de manière différente. Les fibres de jute, de ramie et, mais à un degré moindre, de lin s'oxydent et deviennent cassantes. Elles deviennent alors très fragiles et, dans certains cas, un simple petit coup de doigt peut suffire à fracturer la toile. Il faut donc en général rentoiler ces tableaux beaucoup plus tôt que ceux qui sont conservés dans une zone plus tempérée.

Le nouveau support de fibre doit assurément être plus résistant. Aujourd'hui, il existe toute une variété de fibres synthétiques dont les caractéristiques sont différentes. Après avoir fait de nombreux essais, nous avons décidé d'utiliser un tissu en fibres de verre qui possède, à notre avis, les plus grandes qualités. Il résiste aux

moisissures, n'est pas atteint par la chaleur et demeure complètement inerte si l'humidité se modifie. Il n'absorbe pas l'humidité et est suffisamment transparent pour que l'on puisse lire facilement les inscriptions figurant au dos de la toile originale.

Rentoilage

Pour le rentoilage ou le montage sur de nouveaux supports des toiles endommagées, le mieux est de recourir au système du pressage à vide ou de la table chauffante. Ainsi, la peinture n'est pas aussi aplatie qu'avec l'ancienne méthode de repassage au fer chaud ; en outre, l'adhésif à base de cire et de résine pénètre beaucoup mieux à travers la toile jusque dans la couche picturale. C'est là un avantage énorme lorsque la toile se bombe, qu'il y a du clivage et, d'une manière générale, absence de lien entre la couche picturale et le support.

La presse compliquée avec appareillage électronique, etc., n'est pas vraiment indispensable ; en outre, elle exige la présence de techniciens qualifiés qui sachent la régler.

Il y a plusieurs années ; les conservateurs de l'Art Gallery de la Nouvelle-Galles du Sud ont mis au point et construit une simple presse à chaud fonctionnant par le système du vide ; cet appareil nous a rendu de grands services sans jamais avoir besoin d'être réparé ni adapté (planche 30). Il comporte un câble de pyrotenax de 2 kW incorporé dans un mélange de ciment sous une plaque d'aluminium. Le chauffage est réglé par thermostat et le vide réalisé en utilisant le tuyau d'aspiration ou d'entrée d'un grand compresseur qui peut servir également à faire des pulvérisations de peinture et de vernis. Un grand thermomètre à cadran indique la température requise.

Adhésifs

Sous les tropiques, il ne faut jamais utiliser de colle animale pour le rentoilage ou le montage des tableaux. Nous avons déjà souligné les effets néfastes des adhésifs en solution aqueuse et avons recommandé l'emploi de mélange à base de cire et de résine de copal. Grâce aux qualités thermoplastiques des adhésifs de rentoilage à base de cire et de résine, il est toujours possible de séparer la toile de l'original de son nouveau support, en se bornant à la soumettre à une chaleur modérée sur la table chauffante. L'acétate de polyvinyle s'emploie uniquement pour fixer une toile à un panneau de contre-plaqué à cinq épaisseurs ou de « *Tempered Prestwood* », car il sert alors dans une certaine mesure de barrière contre l'humidité.

Ce qu'on appelle « *Masonite Tempered Prestwood* » est un panneau dur synthétique fabriqué en Australie à partir de fibres de feuillus ; il résiste bien aux moisissures, n'absorbe pas autant l'humidité que les panneaux en bois ou en contre-plaqué, et est idéal pour le montage des petits tableaux. Lorsqu'on l'utilise pour le montage des dessins, il faut appliquer de la gomme laque pour empêcher l'infiltration des huiles qui entrent dans sa composition, car elles risquent de faire des taches.

Ce n'est que dans des cas extrêmement rares qu'on peut recommander l'emploi d'adhésifs à chaud. D'ordinaire, on les applique aux toiles qui se sont tellement gondolées ou boursoufflées que le pouvoir adhésif modéré d'un mélange à base de cire et de résine ne serait pas suffisant pour obtenir l'aplanissement voulu ou ne constituerait pas un lien satisfaisant entre l'ancien et le nouveau support.

BIBLIOGRAPHIE

BOUSTEAD, W. M. 1963. The conservation of works of art in tropical and subtropical zones. *In: G. THOMSON. Recent advances in conservation.* London, Butterworths.

PLENDERLEITH, H. J. 1966. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art.* Paris, Eyrolles.

STOUT, George L. 1948. *The care of pictures.* New York, Columbia University Press.

UNESCO. 1965. *Les expositions temporaires et itinérantes.* Paris. (Musées et monuments, X.)

La conservation de la pierre

INTRODUCTION

Lorsque des objets de pierre sont exposés à toutes les variations d'un climat tropical, les possibilités de protection sont très limitées et l'on a tendance à placer les sculptures les plus précieuses dans des musées ou des dépôts où elles sont à l'abri des intempéries et conservées dans des conditions favorables. La protection des objets de pierre dans les musées ou les collections privées et la manipulation d'objets de pierre provenant de fouilles sont donc l'un des sujets du présent chapitre. Une autre question tout aussi importante est celle de savoir ce qu'on peut faire pour préserver les pierres exposées à l'air libre ou malades. Comme les opérations de préservation peuvent dépendre non seulement de la nature chimique et physique du spécimen, mais même de la composition de la structure des produits d'altération, il faut que le traitement soit précédé d'un examen méticuleux. On trouvera donc ci-après des suggestions sur la façon de procéder à cet examen et d'évaluer avec exactitude l'état de la pierre. En principe, les résultats doivent être consignés avec soin sous les rubriques suivantes et conservés comme éléments d'appréciation et de comparaison à utiliser dans l'avenir au fur et à mesure des besoins.

- i. Identification de l'objet.
- ii. Description de l'objet, avec schémas et photographies; données concernant le milieu, les conditions climatiques, etc.

III. Examen

1. État matériel de l'objet.
2. Composition, structure, identification des matériaux constitutifs.
3. Identification et texture des altérations.
4. Causes d'altération.

IV. Traitement

1. But du traitement.
2. Date du traitement.
3. Méthode appliquée: *a)* principe; *b)* produits utilisés, avec dénomination commerciale; *c)* appareillage utilisé; *d)* particularités de la technique d'application.
4. Résultats et conclusions.
5. Dates des inspections ultérieures et notes correspondantes.

V. Références bibliographiques importantes.

- vi. Signature, nom du responsable de la réponse et date.

Toute formule satisfaisante de traitement doit remplir certaines conditions. Elle doit réussir à stopper le processus de détérioration et elle doit avoir des effets protecteurs durables. Simultanément, elle ne doit modifier l'aspect de l'objet qu'aussi peu que possible; il faut qu'elle soit simple à appliquer et relativement peu onéreuse.

La condition de réversibilité, c'est-à-dire la possibilité d'éliminer ultérieurement les produits employés pour le traitement, qui est si importante dans de nombreux genres d'opérations de conservation, souffre certaines exceptions pour les pierres, notamment lorsque de lourdes masses de pierre doivent être cimentées au moyen d'adhésifs insolubles. Il en va de même pour le

maintien de l'apparence de l'objet, selon que la pierre est recouverte d'une couche de poussière qui constitue un dépôt de crasse l'enlaidissant ou, au contraire, d'une mince patine protectrice qui a une valeur esthétique. Il peut être, et, parfois, il est, possible et souhaitable d'éliminer les couches de saleté, mais la patine doit toujours être respectée.

En appliquant les traitements dont il est question ci-après, le conservateur ne doit jamais oublier qu'il peut fort bien être nécessaire de les adapter à la nature et aux

conditions particulières du spécimen en cause et que cela peut n'être possible qu'après avoir procédé à des essais superficiels, ou même des essais pratiqués sur une pierre analogue mais de moindre valeur (il ne faut pas prendre de risques avec des spécimens culturels précieux).

Pour faciliter l'identification, nous décrivons brièvement, dans la section suivante, la composition et les propriétés des roches principales, ainsi que leurs éléments minéraux constitutifs, étant entendu qu'il s'agit là d'une simple introduction.

ROCHES ET MINÉRAUX

LE MATÉRIAU ET SON ORIGINE

Il est maintenant généralement admis que la terre faisait primitivement partie d'une nébuleuse dont se sont détachés des sphéroïdes, formant les planètes et leurs satellites. Les gaz ont laissé la place aux liquides et les liquides aux solides, à mesure que la terre se refroidissait progressivement et qu'il se formait une croûte superficielle de roches comprenant essentiellement des composés de silicium, d'oxygène et d'aluminium: les premières roches ignées. D'autres éléments se trouvaient aussi là en moindres quantités et ils se combinèrent de différentes façons pour former les composés naturels appelés minéraux. Une roche est une agglomération de minéraux de ce genre. Sa composition n'est pas nécessairement constante. D'un autre côté, les minéraux sont des entités définies et les mêmes minéraux peuvent entrer dans la composition de roches très différentes.

Le précurseur liquide ou pâteux des roches s'appelle le magma; toutes les roches proviennent, dans certaines limites, de ce magma. Mais l'action de l'eau et les modifications physico-chimiques subies au cours des années ont entraîné des décompositions, des altérations et des ajustements tels

qu'aujourd'hui on trouve, en sus des roches ignées, de vastes dépôts de roches dites sédimentaires et métamorphiques, lesquelles varient infiniment par leur composition chimique et leurs caractéristiques physiques.

CLASSIFICATION DES ROCHES

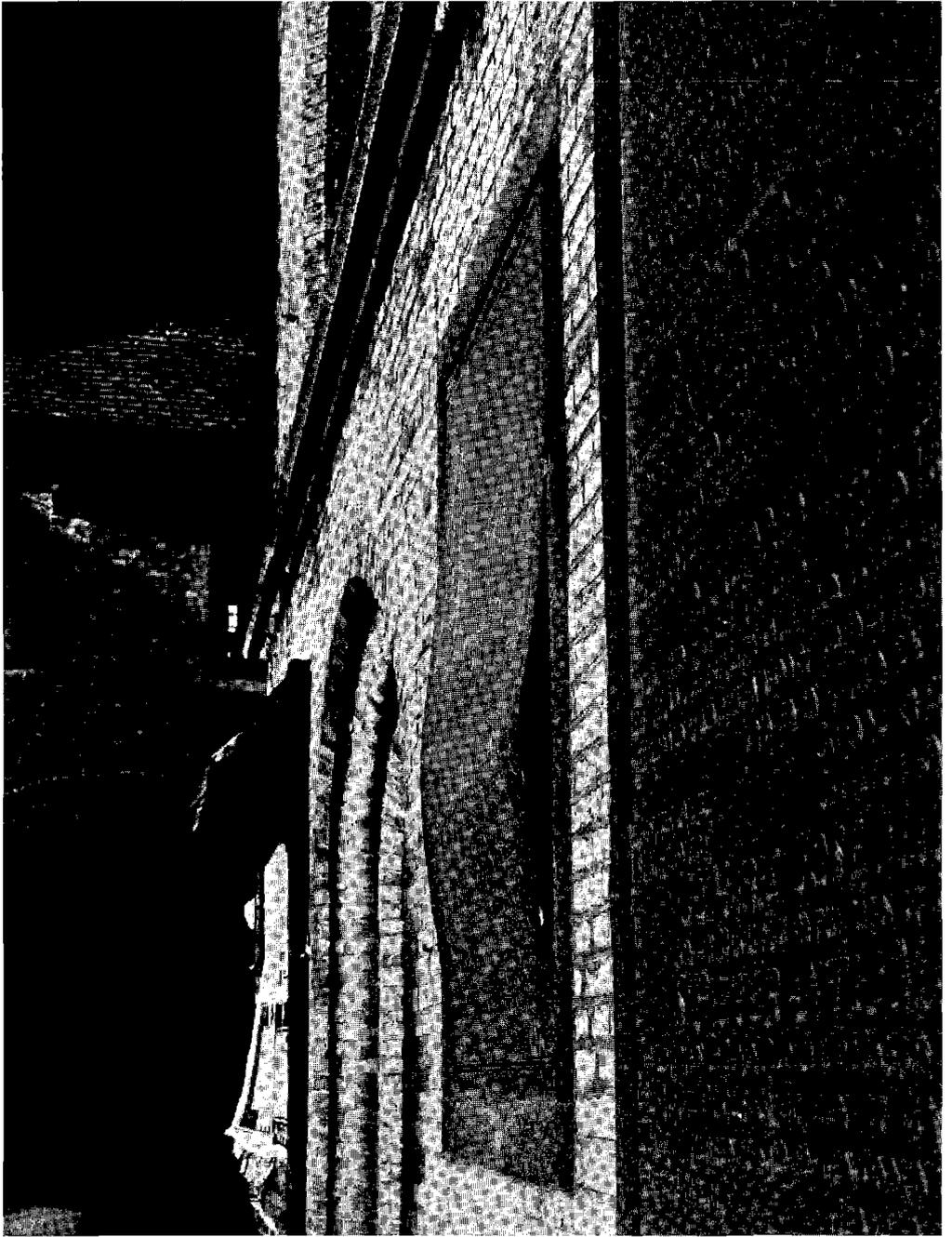
Chacune des trois catégories principales (roches ignées, roches sédimentaires et roches métamorphiques) peut être subdivisée selon sa composition et sa texture chimiques et minéralogiques, de grands cristaux dus à un refroidissement lent se trouvant dans les roches éruptives profondes (granites, syénites, diorites et gabbros), tandis que les roches extrusives, nées de l'action volcanique, sont en général incomplètement cristallines, à grains fins et parfois même de texture vitreuse (obsidienne). Une forme intermédiaire de roches est due à l'expansion du magma dans les crevasses et les fissures de la croûte en voie de refroidissement, où la cristallisation est lente et où il arrive, de ce fait, que certains types de cristaux soient enrobés dans des cristaux d'un autre type: ce sont là les roches dites porphyriques.

Les roches sédimentaires proviennent de l'érosion de roches ignées et se trouvent

Planche 31

Sculpture d'Amaravati défigurée par la décomposition de cristaux de pyrite et de marcassite (Inde). [Photo : Institut royal du patrimoine artistique (IRPA).]





surtout près de la surface de l'écorce terrestre. Elles peuvent se composer de matériaux détritiques entraînés par l'air ou l'eau et consolidés par cimentation; elles peuvent aussi résulter de l'interaction chimique d'éléments en solution avec les précipitations de carbonates, de silicates, de sulfates, etc., insolubles.

Un troisième type de roches sédimentaires, provenant de minéraux argileux, les silicates d'aluminium, est de nature colloïdale. Mais ces trois types sont souvent mélangés pour donner des roches sédimentaires ayant une composition et des propriétés intermédiaires.

Roches carbonatées. Les roches carbonatées représentent environ 15 % de la surface des terres. Principalement composées de carbonate de calcium, elles présentent, en tant que roches, une variété presque infinie de structures, de colorations, de duretés.

Les roches carbonatées sont classées, soit d'après la nature de leurs éléments minéraux constitutifs mineurs, soit d'après la nature du ciment qui maintient les grains en une masse compacte. Leur nom générique, le calcaire, est qualifié de sableux, argileux, dolomitique, siliceux, ferrugineux, etc.; lorsque le calcaire vient de structures organiques, on peut le qualifier d'organogène, crinoïdique, etc.; il peut être compact, granulaire ou oolithique. Là aussi, différentes combinaisons peuvent se présenter et il existe, par exemple, un calcaire compact, crinoïdique et siliceux.

Le degré de cimentation, la forme, la nature et le pourcentage des grains influencent les propriétés de la pierre et sa résistance à l'altération.

Les marbres sont composés de cristaux de calcite groupés de façon homogène pour former une roche dense et compacte, sans vide. L'appellation de marbre appartient légitimement aux calcaires compacts qui peuvent prendre un très beau poli, mais elle sert souvent à désigner des roches purement siliceuses qui présentent un aspect décoratif une fois polies.

Grès. Les grès, étant composés de grains de quartz cimentés, présentent une cassure grenue, généralement jaune ou rouge. Ils sont durs ou friables. Ils se distinguent selon la nature et la taille des grains ou selon la nature du ciment. C'est ainsi que des grains de quartz associés à des minéraux détritiques donnent des grès verts. Ils sont parfois à ciment de calcédoine et très durs. A l'autre extrême, on trouve les grès argileux peu solides et les grès ferrugineux qui sont rouges ou bruns, et parfois verts. Il existe aussi des types métamorphosés qui se sont recristallisés pour donner les quartzites très durs, dont la cassure caractéristique est conchoïdale et esquilleuse.

Autres types sédimentaires. Il convient de mentionner en passant les schistes résultant de la consolidation des argiles (gris, noirs, vert bleuâtre ou rouges); les ardoises d'une origine analogue, dont le clivage se fait en grandes dalles; les roches salines, qui sont en réalité des minéraux tels que le gypse (sulfate hydraté de calcium) et l'albâtre (d'une composition analogue) qui ont tous deux une valeur artistique.

Roches métamorphiques. Il a été question des roches métamorphiques: marbre, quartzite et ardoise. Les roches métamorphiques sont produites par le rajustement physico-chimique, soit des roches sédimentaires, soit des roches éruptives, sous l'influence de la température, de la pression, etc., ces modifications s'accompagnant souvent de variations importantes dans la composition minéralogique et l'aspect extérieur. D'autres exemples de roches métamorphiques sont le gneiss et les divers micas, les chlorites et les talcschistes, la stéatite et la série des serpentines qui peuvent contenir des minéraux verts n'ayant pas subi de transformation (olivine, pyroxène et amphibole).

CLASSIFICATION DES MINÉRAUX

Le géologue classe les minéraux en types, groupes et séries; mais, aux fins du présent

exposé, il suffira sans doute de mentionner certains des principaux minéraux des roches en les classant d'après leur couleur.

Minéraux clairs

Quartz (oxyde de silicium). Il se présente en cristaux ou en grains, à cassure irrégulière et éclat gras. Il peut être transparent, incolore ou rougeâtre. Il raye le verre.

Feldspath et plagioclase. Ce sont des aluminosilicates de potassium, de sodium ou de calcium, ces deux derniers formant, par mélange, la série des plagioclases — grains ou tablettes à clivage net. Les feldspaths sont opaques, blancs, brunâtres ou roses, tandis que les plagioclases sont blanc-gris, vert pâle, brunâtres ou bleuâtres. Modérément durs, ils rayent à peine le verre.

Minéraux foncés. Ce sont surtout des composés de fer et de magnésium.

Micas et chlorites (silicates hydratés). Ils sont minces, clivables, rayés par le canif. Le mica peut être soit incolore, blanc, brillant et argenté, soit noir, vert ou jaune. La chlorite est généralement verte ou jaune verdâtre. Les micas donnent des lamelles de clivage élastiques, tandis que la chlorite donne des lamelles qui, bien que souples, ne sont pas élastiques.

Amphiboles et pyroxènes. Ce sont des silicates de calcium, de magnésium et de fer, qui forment deux séries analogues de minéraux différant par la structure silicatée de leurs molécules.

Olivine. C'est un silicate de fer et de magnésium. Il se présente en grains ou en cristaux à éclat vitreux; il est translucide, jaune-vert devenant vert-brun par altération. Sa cassure est inégale. Il raye le verre.

Pyrite et marcassite. Ces sulfures de fer se trouvent dans certaines roches calcaires ou schisteuses et dans certains fossiles. En raison de leur lustre métallique, ils sont employés en ciselure ainsi que pour des incrustations de marqueterie. La pyrite s'altère lentement pour se transformer en

limonite brune, mais, lorsqu'elle est mélangée à la marcassite, la décomposition peut se produire plus rapidement, notamment en milieu humide, pour donner un sulfate ferreux (verdâtre) qui libère de l'acide sulfurique. L'acide attaque le carbonate de calcium, si bien que la matrice de la pierre se trouve décolorée par des taches de rouille et peut finir par se désintégrer (planche 31).

MÉTHODES D'IDENTIFICATION DES ROCHES ET MINÉRAUX

Examen macroscopique. Par l'examen visuel ou à l'aide d'une lentille à main, on peut déterminer les caractéristiques ci-après de la roche: texture, couleur, éclat et transparence, aspect de la cassure, etc.

Tests physiques. Ils sont faits pour déterminer la dureté, la cohésion, la densité, la porosité, la perméabilité, l'effet de la chaleur, etc.

Tests chimiques. L'examen de la résistance à l'eau ainsi qu'à l'acide à froid et à chaud peut être suivi par la détermination microchimique des ions en solution.

Analyse chimique. Il peut être nécessaire de procéder à une analyse totale ou partielle.

Examen microscopique. On peut déterminer les caractéristiques des minéraux par l'étude optique de leurs sections sous le microscope; l'examen du matériau recouvert de poudre donne l'indice de réfraction.

Formes spéciales d'examen pour déterminer la structure. Cristallographie aux rayons X, par exemple, et autres techniques modernes analogues.

L'étude détaillée de ces formes d'examen déborderait le cadre du présent exposé, mais ceux qui désirent pousser les choses plus loin peuvent se reporter à la bibliographie complète à la fin de ce chapitre.

PHÉNOMÈNES DE POROSITÉ

Les pierres peuvent absorber l'eau qui forme un film intergranulaire, notamment dans les argiles, les micas, les chlorites, etc. Ce film adhère très solidement et ne peut être éliminé que par échange moléculaire. Par attraction capillaire, les espaces poreux de la pierre sont remplis d'eau qui y est retenue; cette eau ne peut être éliminée que lorsque les forces appliquées sont supérieures aux forces de succion de la capillarité. La contamination par l'eau peut aussi être due à un fin brouillard qui se déplace librement dans les plus grands des microcanaux; cette eau non fixée peut être extraite sans difficulté (fig. 54).

La perméabilité est la caractéristique qui permet à un fluide de circuler dans une substance, et même de la traverser; il est facile de la mesurer en saturant l'objet dans des conditions contrôlées de température et de pression.

On peut également mesurer les phénomènes de capillarité. Des chiffres concernant la rétention de l'eau capillaire donnent une idée de la taille des pores dans les divers types de pierre.

FACTEURS D'ALTÉRATION
DE LA PIERRE

L'action combinée d'agents météoriques (eau, température, vent, orages, etc.) s'appelle l'altération, laquelle provoque non seulement la désagrégation directe des roches, mais aussi diverses formes indirectes ou secondaires d'atteinte à l'intégrité qui peuvent être tout aussi dévastatrices (colonisation de bactéries, déplacement de sels solubles, lessivage des éléments constitutifs solubles, etc.). Dans certaines roches, on constate des modifications d'un caractère physico-chimique.

S'il est impossible, en pratique, d'attribuer à un seul facteur la responsabilité unique de l'altération de la pierre, les causes principales en peuvent néanmoins être distinguées, aux

fins d'étude, comme étant physiques (température, hydratation, gel, cristallisation de sels), chimiques (dissolution, oxydo-réduction, hydrolyse) et biologiques (processus biochimiques et biophysiques). Les plus importants de ces mécanismes sont mentionnés ci-après.

Température. Les grandes différences de température entre le jour et la nuit, communes dans les régions tropicales et les déserts, ainsi que l'alternance du soleil et de la pluie ont un effet destructeur sur la pierre. Celle-ci ayant une faible conductibilité thermique, les tensions dues aux variations de température sont encore plus grandes entre les parties exposées au soleil et les parties exposées à l'ombre, de même qu'entre la surface et les couches intérieures de la pierre. Il en résulte des craquelures et, dans une certaine mesure, une désagrégation granulaire.

Le marbre est dans une catégorie assez spéciale car, quoiqu'il soit bien cristallisé, sa dilatation a des valeurs différentes suivant les directions d'expansion (planche 32). Les effets de la température sont minimaux au-dessous de 100 °C. Les cristaux de calcite peuvent se déformer par pression mécanique, par glissement des plans réticulaires les uns sur les autres jusqu'à un nouvel état d'équilibre; à ce stade, la déformation est permanente. Il n'y a aucun moyen de restaurer les marbres ainsi déformés. La température en tant qu'agent de désagrégation a surtout un rôle indirect. Elle réagit sur l'humidité des pores de la roche ainsi que sur la solubilité des sels et des gaz dissous; elle influence la vitesse des réactions chimiques et favorise l'hydrolyse. On considère que la vitesse d'hydrolyse double chaque fois que la température augmente de 10 °C.

Hydratation et cristallisation des sels. L'hydratation s'accompagne souvent d'une augmentation considérable de la pression dans les pores de la pierre: un exemple typique de ce

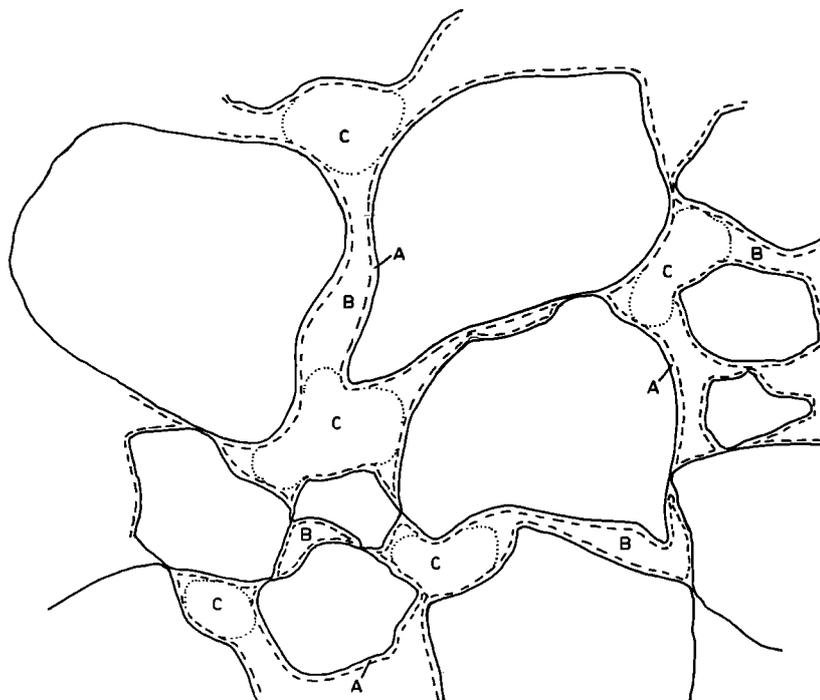


Fig. 54.

Représentation schématique de la répartition de l'eau dans un matériau poreux.

- A. Eau adsorbée
- B. Eau capillaire
- C. Eau non fixée

phénomène est la transformation de l'anhydrite (sulfate de calcium anhydre) en gypse par l'adjonction de deux molécules d'eau. On pense que ce phénomène engendre une pression d'hydratation de quelque 100 atmosphères.

La cristallisation des sels dans les objets de pierre pose un problème toujours renouvelé, notamment dans le cas des pierres de fouilles transportées dans un musée. C'est là une cause majeure de détérioration, car les sels déposés dans des cavités intérieures proches de la surface peuvent engendrer des pressions suffisantes pour provoquer une dislocation complète et une dégradation du modelé et des ornements de la surface.

Gel. Dans les pays froids ou montagneux, même dans les régions tropicales, le gel peut causer de graves dommages. Lorsque l'eau gèle, son volume augmente de 9 % environ, ce qui brise les structures

poreuses. Il est intéressant de noter, toutefois, que des essais en laboratoire ont montré que les dégâts ne sont pas nécessairement proportionnels à la porosité, mais qu'ils sont plutôt fonction de la morphologie des pores.

Oxydo-réduction. Les processus d'oxydation et de réduction, bien qu'ils aient un caractère général, sont illustrés de la façon la plus frappante par le comportement du fer dans les composés minéraux. Le fer se rencontre à la fois sous la forme ferreuse réduite (bivalente) et sous la forme ferrique oxydée (trivalente) de couleur rouille. Il s'oxyde très facilement et, dans ce cas, l'équilibre du réseau cristallin est rompu. Les minéraux ferro-magnésiens sont ceux qui se modifient le plus couramment, le fer étant réductible par les acides humiques dans le sol ou oxydé plus facilement encore jusqu'à transformation en ces hydroxydes colorés qui constituent la rouille.

Hydrolyse. Le phénomène de l'hydrolyse est très répandu et ses effets s'observent notamment lorsque des solutions sont exposées à de hautes températures. Ce genre de décomposition a également lieu lorsque les conditions permettent les échanges d'ions et, à cet égard, les silicates sont particulièrement vulnérables. Les acides qui se trouvent dans le sol provoquent la désintégration des calcaires en présence de l'humidité. L'eau qui contient de l'acide carbonique en dissolution dissout les roches carbonatées de tout genre, lentement mais inévitablement, en formant une solution diluée de bicarbonate de calcium qui se dépose de nouveau aisément sous la forme de carbonate. C'est ce mécanisme qui permet la fixation de la patine des marbres et qui a, en fait, aux époques géologiques, provoqué la précipitation des roches bien connues que sont les travertins et les stalagmites.

Dans les musées, les calcaires sont parfois endommagés par l'action d'acides utilisés à tort pour leur nettoyage (planche 33). Signalons un cas curieux: l'altération du corail par une accumulation d'acide acétique dégagé par le chêne des boîtes hermétiques dans lesquelles il était conservé (planche 34).

Action biologique. Dans les régions tropicales humides, les résultats des atteintes biologiques sont très importants et la détérioration peut avoir lieu rapidement; elle est toujours due à l'action combinée d'un certain nombre de facteurs tels que l'activité oxydo-réductrice des bactéries et l'action dissolvante des acides complexes produits par des proliférations organiques et, plus évidemment, par des turgescences, c'est-à-dire par les tensions provoquées par le gonflement des racines de végétaux supérieurs en cours de croissance.

Arénisation et latéritisation. Il convient d'appeler l'attention sur deux formes de détérioration de la pierre qui se rencontrent

particulièrement dans les régions tropicales humides: l'arénisation et la latéritisation.

Dans une première phase de l'arénisation, les feldspaths et les biotites s'hydrolysent sans qu'il y ait modification de l'aspect extérieur de la pierre. Lors de la deuxième phase, la microdivision et l'hydrolyse s'intensifient en permettant la percolation de diverses solutions, tandis que les minéraux ferro-magnésiens et les plagioclases sont détruits et partiellement évacués, ne laissant que le mica blanc, le quartz et une partie des feldspaths alcalins. Pour que ce phénomène se produise, il faut des températures élevées et une grande quantité d'eau, comme on en trouve dans les régions tropicales. Lorsque ces conditions sont remplies, l'arénisation et la latéritisation peuvent être responsables des pertes matérielles dans la proportion de 80 % des matériaux affectés.

La latéritisation est une forme de décomposition caractéristique des régions tropicales où la pluviosité est considérable et la température moyenne élevée, ce qui favorise une hydrolyse intensive. Les silicates sont totalement hydrolysés, laissant du quartz, du fer et de l'aluminium qui peuvent subir une sorte de réorganisation en minéraux secondaires. La cuirasse latéritique est, typiquement, une accumulation en profondeur des oxydes de fer et d'aluminium; dans n'importe quel climat elle peut constituer, mais ne constitue pas nécessairement, un dépôt statique.

Pollution atmosphérique. Une atmosphère normale, éloignée des régions industrielles est composée comme suit: 78 % d'azote, 21 % d'oxygène, 0,95 % de gaz rares, 0,03 % d'anhydride carbonique et des traces d'ozone; mais la combustion des charbons et autres combustibles libère des substances solides (poussières, suie) dans l'atmosphère ainsi que des éléments gazeux (anhydrides carbonique et sulfureux). Le résultat de cette contamination peut être assez faible pour avoir peu d'effets sur les analyses; mais avec le temps, les réactions

cumulatives de la contamination aérienne de la pierre sont très appréciables.

L'exposition de la pierre à des atmosphères industrielles a pour résultat le dépôt de substances solides sur cette pierre, où elles forment une couche poreuse, retenant et condensant les gaz et l'humidité de l'air. L'élévation de la teneur de l'atmosphère en anhydride carbonique, qui passe de 0,03 % à quelque 0,05 %, augmente légèrement le pouvoir dissolvant de l'eau de pluie. L'anhydride sulfureux, bien qu'il se trouve dans l'atmosphère en quantités relativement faibles, se dissout dans le brouillard, la pluie et la neige pour former de l'acide sulfureux, lequel se transforme aisément en acide sulfurique qui réagit aussitôt sur la calcite pour constituer un mélange de sulfite et de sulfate de calcium. Par oxydation, ces sels se transforment en gypse.

Cette série complexe de réactions peut être considérée comme affectant la pierre en deux phases :

1. Attaque superficielle. Le calcaire se transforme progressivement, de l'extérieur vers l'intérieur, en une croûte dure et imperméable de gypse mélangée aux suies et aux poussières (planche 37). Sur les pierres qui ne sont pas très poreuses, cette croûte adhère bien au matériau et

peut même le protéger dans une certaine mesure, car elle est résistante aux fumées.

2. Cette phase est caractérisée par la rupture de la croûte, souvent due à la percolation de solutions salines à l'intérieur de la pierre. La surface devient pulvérulente et la croûte se déforme, puis finit par se détacher, mettant à nu l'intérieur fragile facilement érodé par les eaux de pluie. La pierre est alors extrêmement vulnérable et peut être déformée, comme par un chancre. Les fissures et les crevasses sont probablement augmentées par le fait que le coefficient linéaire de dilatation du gypse est environ cinq fois supérieur à celui de la calcite. Les cristaux glissent les uns sur les autres, le gypse se recristallise dans les fissures tandis que les parties sculptées et les arêtes peuvent être endommagées gravement.

C'est là une maladie de la pierre particulière aux régions industrielles septentrionales plutôt qu'aux régions tropicales ; mais il y a intérêt à se souvenir que toutes les roches calcaires sont directement menacées lorsque des fumées industrielles se dégagent librement dans l'atmosphère : il en résulte, non seulement une détérioration de l'aspect extérieur, mais aussi une forme très réelle et très grave de désintégration matérielle.

GUIDE PRATIQUE POUR LE TRAITEMENT DES OBJETS EN PIERRE¹

ENTRETIEN ET CONSERVATION

Dans un musée ordinaire ou un musée de site, la première mesure indispensable à la bonne conservation des objets en pierre consiste en un dépoussiérage périodique au moyen d'une brosse aux soies longues et souples ou d'un plumeau. L'opération doit toujours être menée du haut vers le bas, en prenant soin de ne pas arracher de fragments mal fixés ou fragiles de la pierre ou de sa

polychromie. Il ne faut jamais utiliser de chiffons, car ils incrustent la poussière dans les pores de la pierre et, à la longue, donnent aux reliefs un aspect gras ou luisant et remplissent les creux de saleté.

Il vient cependant un moment où les objets doivent être lavés avec de l'eau, notamment dans le cas des pierres de teinte

1. Pour rédiger cette section, nous avons fait un large usage de l'ouvrage du D^r Harold J. Plenderleith.

claire telles que le marbre. Le British Museum utilise à cet effet une solution aqueuse diluée de savon blanc ou oléate de sodium de bonne qualité. Il faut s'assurer que l'eau n'est pas ferrugineuse ni trop dure. Les eaux calcaires précipitent sur la pierre un savon calcaire qui forme une voile blanc grisâtre très inesthétique. En cas de doute, on utilisera de l'eau de pluie filtrée, de l'eau purifiée par échange d'ions ou de l'eau distillée. Ces précautions dans le choix de l'eau et du savon s'imposent tout particulièrement pour les marbres blancs.

La solution de savon est préparée dans un récipient de verre et ne doit jamais être mise en contact du fer. La formule recommandée est la suivante :

| | |
|-------------------|--------|
| Savon doux | 10 g |
| Eau distillée | 100 ml |
| Ammoniaque (0,88) | 1 ml |

Pour nettoyer un objet de marbre blanc, par exemple, on le dépoussière d'abord. On le lave ensuite du haut vers le bas au moyen d'une brosse douce (brosse de peintre ou blaireau). On opère par petites surfaces en évitant le séjour prolongé de l'eau sale dans les cavités du marbre. Après nettoyage, chacune de ces zones est séchée au moyen d'un chiffon doux et propre avant qu'on ne passe à la suivante. Enfin, le marbre est très soigneusement rincé à l'eau claire pour éliminer le savon qui formerait une pellicule visqueuse.

Lorsque la saleté s'est accumulée faute d'entretien régulier, il peut être nécessaire d'utiliser un détergent tel que le Lissapol N (Imperial Chemical Industries), le Teepol X (Shell) ou le Xilon (Tensia)¹ à la concentration de 60 grammes pour 5 litres d'eau. Cette concentration ne doit pas être dépassée et il faut considérer ce genre de traitement comme exceptionnel. Son application impose les mêmes précautions générales que l'emploi du savon.

Des solutions plus diluées de détergent (5 à 10 grammes pour 5 litres d'eau) peuvent remplacer le savon lorsqu'il est certain que la pierre ne réagit pas à la rétention d'eau com-

me le font certaines roches à ciment argileux et à éléments phylliteux. C'est ainsi que de fins détails d'un relief indien en micaschiste apparemment compact se sont détachés au lavage, alors que la roche ne manifestait aucune tendance au clivage avant l'immersion. En facilitant la pénétration de l'eau, ces détergents peuvent provoquer la migration de sels solubles vers la surface. Ne serait-ce que pour cette raison, il est recommandé d'utiliser les détergents avec précaution. Ils ont cependant l'avantage de ne pas former de précipités calcaires avec les eaux dures (calcaires), ce qui peut être parfois très utile.

Dans les climats humides, la saleté qui s'accumule sur les pierres contient des spores et favorise la croissance des bactéries, moisissures, mousses et algues. Lorsqu'on se trouve en présence d'organismes microbiologiques, il convient de renforcer la solution de savon par une petite quantité de l'une des solutions aqueuses suivantes :

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Pentachlorophénate de sodium | (1/100) |
| Salicylanilide sodique | (1/100) |
| Silicofluorure de zinc ou magnésium | (4/100) |

Formaldéhyde (5/100)

L'agent stérilisateur choisi devra être ajouté à l'eau de rinçage dans les proportions indiquées ci-dessus. Comme il est exceptionnel qu'on se donne la peine d'identifier les micro-organismes, il conviendra de procéder à des essais sur de petites surfaces pour s'assurer que la concentration de la solution finalement utilisée pour le nettoyage général de l'objet empêchera la croissance des micro-organismes pendant plusieurs semaines au moins.

Comme germicide et fongicide, on peut aussi ajouter à l'eau de lavage de 0,05 à 0,1 % de noranium S.75, sel d'ammonium quaternaire en solution concentrée dans l'isopropanol. Le noranium est compatible avec les détergents non ioniques ou cationiques. On prépare d'abord une solution à

1. Tensia, rue Rouveroy, Liège (Belgique).

10 % du produit commercial dans l'eau. La solution à 0,1 % est ensuite obtenue en versant 50 cm³ de solution à 10 % dans 5 litres d'eau.

Il est souvent très difficile de nettoyer à l'eau ou avec n'importe quel solvant le marbre blanc très taché. Les substances acides doivent être absolument proscrites, car elles attaquent et décomposent aussitôt toutes les roches carbonatées. Certaines impuretés du marbre blanc, invisibles en surface, forment des taches jaunes ou brunes au contact des matières alcalines. Il faut donc veiller très soigneusement à bien rincer le marbre à l'eau claire lorsqu'il est nécessaire de recourir à l'ammoniaque ou aux amines pour enlever certaines taches. En pareil cas, on fera toujours des essais préliminaires pour contrôler l'action des solvants en les appliquant localement au moyen d'un tampon d'ouate enroulé sur un bâtonnet. Le plus souvent, les taches sont dues à l'encre, à la peinture à l'huile, aux bitumes, aux moisissures, aux lichens et aux algues.

Les taches d'encre rouge ou noire peuvent être éliminées par l'application d'une solution fraîchement préparée de chloramine T à 2 %, suivie, quelque temps après s'il y a lieu, d'un traitement par une solution d'eau oxygénée à 20 volumes additionnée d'une goutte d'ammoniaque. Ensuite, l'objet doit être abondamment rincé.

Les taches de peinture à l'huile peuvent être en grande partie grattées au scalpel, puis le reste est dissous au moyen d'un mélange 3/1 de méthanol et de triéthylamine, éventuellement de pyridine, de morpholine ou même de polyéthylène glycol (Carbowax)¹, dont la consistance pâteuse permet de traiter commodément les surfaces verticales et même les surplombs.

Les taches de bitume sont éliminées par un mélange 1/1/1 de benzène, d'ammoniaque (0,88) et de méthanol appliqué à la brosse à stencil; on procède ensuite à un lavage abondant à l'eau claire, au moyen d'un tampon d'ouate.

La plupart des taches dues aux moisissures sont enlevées par le traitement recommandé ci-dessus pour les taches d'encre.

Les lichens et les algues sont d'abord attaqués par brossage avec application d'ammoniaque diluée, puis la pierre est abondamment rincée. Pour enlever une couche durcie de vieilles algues, le meilleur traitement consiste à vaporiser d'abord du formol (40 % de formaldéhyde), ce qui facilite l'enlèvement des tissus desséchés.

Certaines souillures semblent résister à tous les solvants et ne peuvent être enlevées que par arrachage au moyen d'un film plastique — procédé mis au point pour dégager les fossiles de leur gangue de charbon. Cette méthode consiste à appliquer sur la souillure une pellicule visqueuse de nitrocellulose, obtenue par l'une des formules ci-dessous²:

Pour séchage rapide: méthanol, 1 vol.;

éther, 1 vol.; huile de ricin, 5 % en vol.

Pour séchage lent: acétone, 2 vol.; acétate

d'amyle, 2 vol.; triacétine, 2 % en vol.

Les dépôts insolubles qui endommagent localement un marbre poli ne peuvent être éliminés que par grattage au scalpel ou au rifloir, suivi d'un polissage prudent au moyen d'une pierre ou d'une pâte appropriées.

PRÉSERVATION

Aperçu historique

Jusqu'à une date récente, on n'appliquait pas de traitement de protection proprement dit sur les pierres, mais les diverses applications décoratives telles que les peintures et des dorures avaient un réel effet protecteur. C'est seulement au cours des cent dernières années qu'on a mis au point et appliqué des méthodes visant à ralentir la détérioration des ouvrages en pierre exposés

1. Union Carbide Corporation.

2. H. DUERDEN, *Ann. Bot.*, 1931, vol. 45, p. 376.



Planche 33

Détails d'un camée de corail partiellement incrusté d'une efflorescence hydratée d'acétate de calcium due à l'utilisation de vinaigre au moment du nettoyage et du montage.
[Photo: IRPA.]

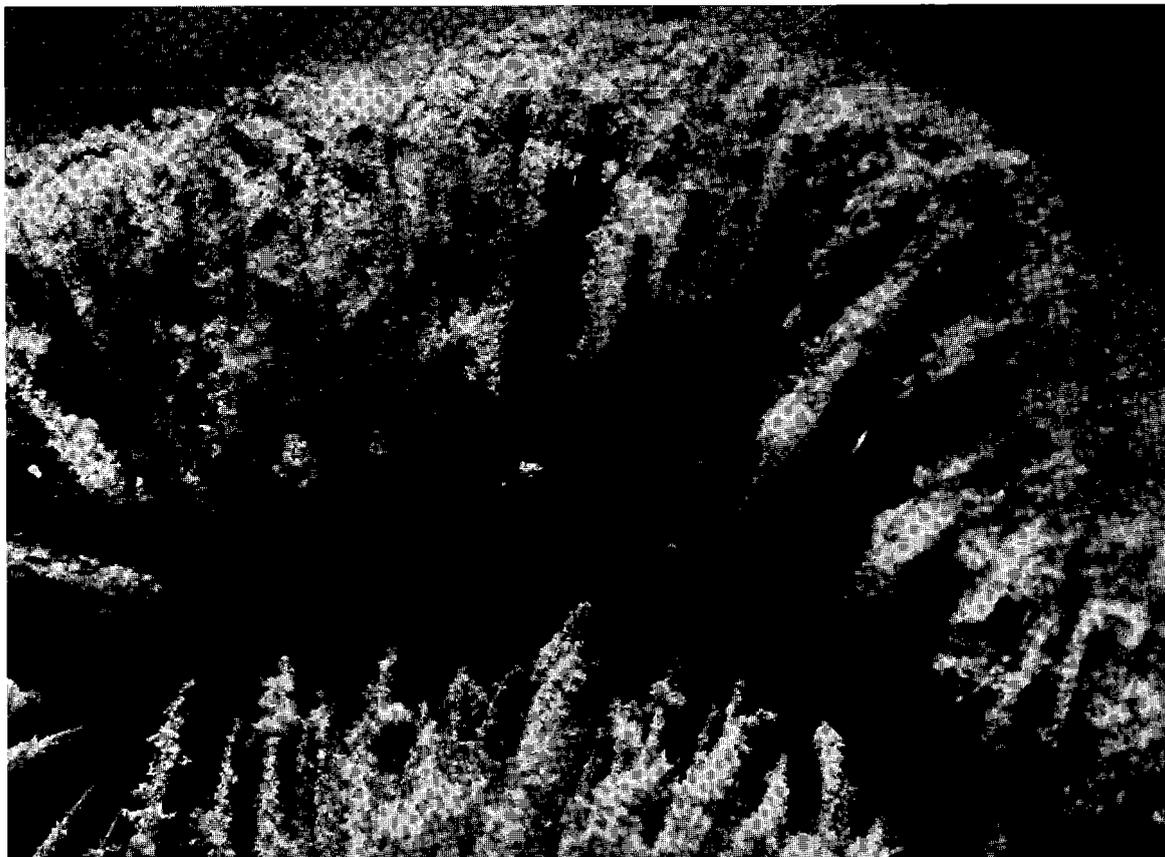


Planche 34

Détail d'un madrépore recouvert d'une
efflorescence d'acétate de calcium.
[Photo: IRPA.]

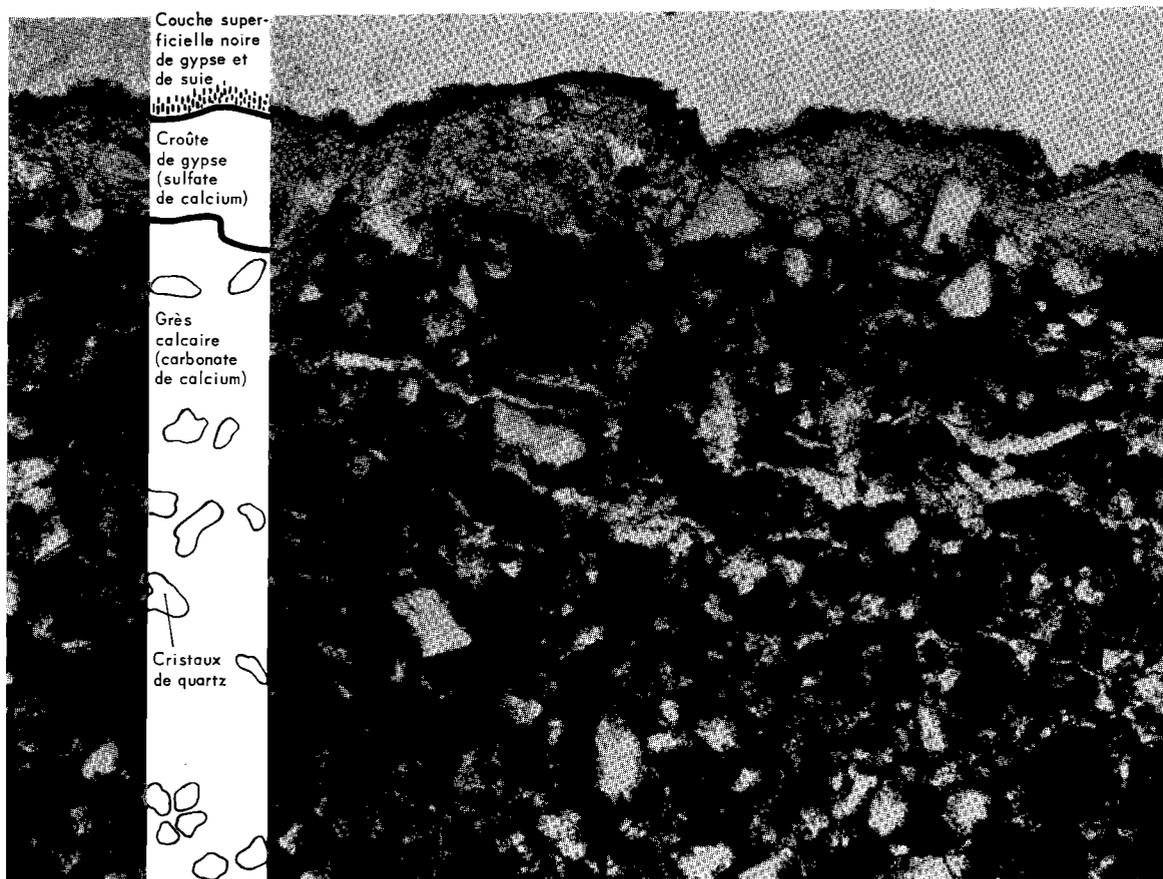
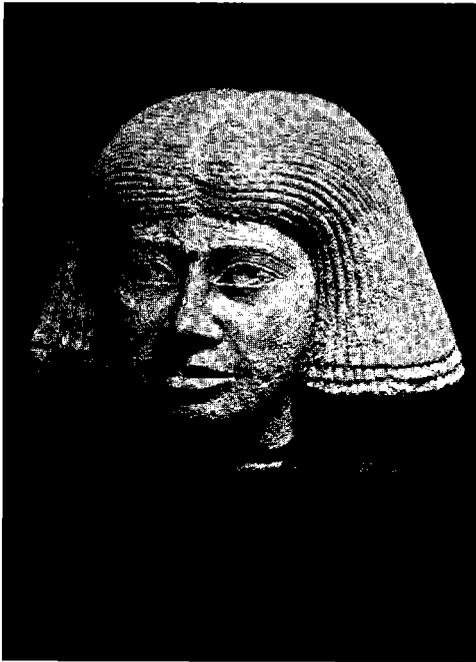
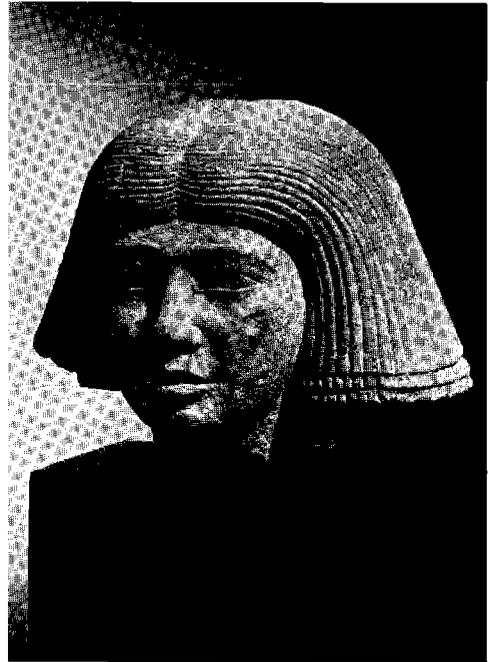


Planche 35

Microphotographie d'une fine lamelle d'un grès calcaire prélevé dans la cathédrale Saint-Michel à Bruxelles. La croûte de gypse s'est formée au détriment du ciment calcaire, comme le prouvent les grains de quartz encore pris dans le ciment *in situ*. [Photo : IRPA.]



a



b

Planche 36

Tête en calcaire égyptien. [Photos : IRPA.]

- a* Avant traitement.
- b* Après imprégnation à la cire. Il aurait été impossible d'extraire le sel sans que la pierre se désagrège. L'imprégnation isole les sels à l'intérieur du calcaire et neutralise toute action hygroscopique.

aux intempéries. L'une de ces méthodes consistait à appliquer des enduits adhésifs à base d'huile de lin cuite, d'huile de tung, de résines, de bitumes, de caoutchouc, de lait de chaux, de silicates de sodium et de potassium, de fluosilicates et de fluorures, de silicones, d'esters de silicones et de tétrafluorure de silicium.

On a également essayé de consolider la surface des pierres exposées aux intempéries en les imprégnant de solutions de la plupart des produits déjà mentionnés, ainsi que de cire, de paraffine, de shellac, d'eau de chaux (parfois alternée avec la caséine), de résines vinyliques (acétates et acétals de polyvinyle), de résines acryliques (polyméthacrylates de méthyle et de butyle), de savons métalliques comme les stéarates d'aluminium ou de zinc, de polyester, de résines époxydes, de silicates d'éthyle, de silice colloïdale et de silicates alcalins déposés par électrophorèse. Appliquées à l'extérieur, ces méthodes se sont toutes révélées décevantes, mais les meilleures peuvent rendre certains services lorsqu'il est possible de procéder à un traitement périodique d'entretien. Dans la plupart des cas, les pierres conservées à l'intérieur n'exigent aucun traitement chimique, bien qu'un traitement par imprégnation puisse être souhaitable lorsque la pierre est poreuse ou fragile ou, peut-être, rendue vulnérable pour avoir été exposée aux intempéries ou pour avoir été en contact avec les sels solubles ou les acides humiques du sol.

Parmi les produits de préservation les plus efficaces, nous pouvons mentionner la cire, la paraffine et les matières analogues (que l'on remplace parfois par une cire microcristalline qui fixe moins les poussières) en solution dans un mélange de térébenthine et de toluol, une solution de 3 à 5 % d'acétate de polyvinyle dans un mélange à volumes égaux de toluol et d'éthanol, ou une solution de polyméthacrylate de méthyle dans un mélange de toluol (75 %), d'alcool méthylique (24 %) et de dibutylphtalate (1 %).

Comme nous l'avons indiqué plus haut (p. 231), la cristallisation des sels est l'une des principales causes de décomposition des pierres. La climatisation de la salle ou de la vitrine où se trouvent des objets en pierre arrêtera évidemment le mouvement des sels et préservera ces objets. Mais la climatisation est coûteuse, notamment dans le cas d'objets volumineux. En outre, la mise en vitrine ne permet pas une bonne présentation et il est généralement préférable, pour ces raisons, d'extraire les sels contenus dans la pierre. Cette méthode de préservation est non seulement la moins onéreuse, mais aussi la plus sûre à longue échéance.

Méthodes d'extraction des sels solubles

Immersion dans l'eau. L'objet en pierre, monté s'il y a lieu sur un support de bois, est entièrement immergé dans une cuve pleine d'eau. La diffusion étant un processus très lent, il n'y a guère d'intérêt à utiliser une eau courante. L'eau de la cuve doit être renouvelée périodiquement, en fonction des dimensions de l'objet : chaque jour pour un petit objet, chaque semaine ou même tous les quinze jours environ pour un objet plus volumineux, suivant le progrès de l'opération qui est mesuré sur des échantillons du bain.

On suit le déroulement de la réaction en mesurant la résistivité de l'eau (on peut commodément utiliser à cet effet le pont de mesure universel Philips GM 4144/01 avec la cellule à immersion GM 4221). La résistance augmente à mesure que la concentration des sels dans l'eau diminue. Le traitement est terminé lorsque le bain garde un certain temps la même résistivité que l'eau de lavage.

Pour les pierres qui contiennent beaucoup de chlorures, comme c'est généralement le cas de celles qui proviennent de pays désertiques, il peut être suffisant de contrôler le lavage en soumettant des échantillons d'eau au test des chlorures. Pour cela, on ajoute simplement quelques gouttes d'une

solution de nitrate d'argent à l'échantillon d'eau préalablement acidifiée par de l'acide nitrique. La présence de chlorures est indiquée par un précipité blanc floconneux ou, si la teneur en sels est faible, par un voile qui, incidemment, devrait être entièrement éliminé par l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque concentrée.

On veillera à ce que la pierre ne sèche pas lors du renouvellement de l'eau, pour éviter toute recristallisation qui pourrait provoquer de nouveaux dommages.

La cuve d'immersion peut être en verre, en caoutchouc ou en plastique (PCV ou polyéthylène), mais jamais en fer ou en cuivre, car ces métaux pourraient produire des taches de rouille ou de vert-de-gris sur la pierre traitée. Dans le cas de très grosses pierres, il est parfois commode d'utiliser comme cuve une caisse en bois épais rendue étanche à l'intérieur par une ou plusieurs couches de polythène en feuilles.

On peut employer de l'eau de pluie, de l'eau de puits ou même de l'eau de ville ordinaire à condition qu'elle ne soit ni saline, ni ferrugineuse. Pour les petits objets, il vaut peut-être mieux terminer le traitement avec de l'eau distillée.

Si l'eau stagnante du bain fermente ou est envahie par des algues, il faut la renouveler aussitôt et ajouter au nouveau bain un bactéricide-fongicide tel que le Cetavlon (ICI) ou le Noranium S. 75 (Prochinor) à la concentration de 0,1 %.

Lorsque la pierre manque de cohésion, lorsque sa surface est fragmentée par des incrustations de sel ou lorsqu'elle est polychromée comme le sont souvent les pierres des tombes égyptiennes, il faut fixer les zones fragmentées et les surfaces polychromées avant leur immersion dans l'eau.

La fixation ou consolidation peut être assurée par une ou deux applications d'une solution de 3 à 5 % de Calaton CA dans l'alcool (Werner, 1958). Le Calaton CA est un nylon modifié fabriqué par Imperial Chemical Industries, Ltd., soluble dans l'éthanol, le méthanol, l'alcool à brûler

industriel, ou dans un mélange de 70 % de ces alcools avec 30 % d'eau. La solution peut se gélifier à température ordinaire, mais elle se liquéfie aisément par immersion dans de l'eau à 40 °C environ. Comme elle est très inflammable, on doit la tenir loin de toute flamme nue. Le nylon soluble dépose un film insoluble dans l'eau qui n'ajoute aucune tension à la surface traitée. Il consolide une surface fragile tout en étant perméable aux solutions salines. Si, après l'extraction des sels par lavage, le film de nylon était opaque, on pourrait le régénérer par un badigeonnage à l'alcool ou par l'application d'une nouvelle couche de Calaton dilué.

On a également utilisé avec succès, pour ce genre de consolidation, une solution de Lucite 2046, copolymère 50/50 de méthacrylates normal et isobutyle (Du Pont de Nemours), dans le benzène, et l'Imperplex, solution à 3,5 % de polyméthacrylate de méthyle dans le trichloréthylène¹.

Malheureusement, il n'est pas toujours possible d'appliquer la méthode d'immersion dans l'eau pour éliminer les sels. Les pierres et les murs de grandes dimensions, fragiles et intransportables, exigent un traitement spécial au moyen de pulpe de papier humide.

Extraction par la pulpe de papier humide. On recouvre entièrement l'objet d'une couche de pulpe de papier mouillée de 5 à 10 mm d'épaisseur. L'eau est d'abord absorbée par la pierre et dissout les sels solubles que celle-ci contient; puis, à mesure que l'eau s'évapore de la pulpe, les sels sont extraits de la pierre et se cristallisent finalement dans la pulpe avec laquelle on peut facilement les retirer. La pulpe peut rester trois semaines environ sur la pierre; on l'enlève ensuite avant que son durcissement ne rende l'opération trop difficile. Une couche de pulpe fraîche sera immédiatement appliquée sur la pierre et l'opération sera répétée plusieurs fois si l'état de la pierre l'exige.

1. Imperplex, 77, rue Pierre-de-Coster, Bruxelles.

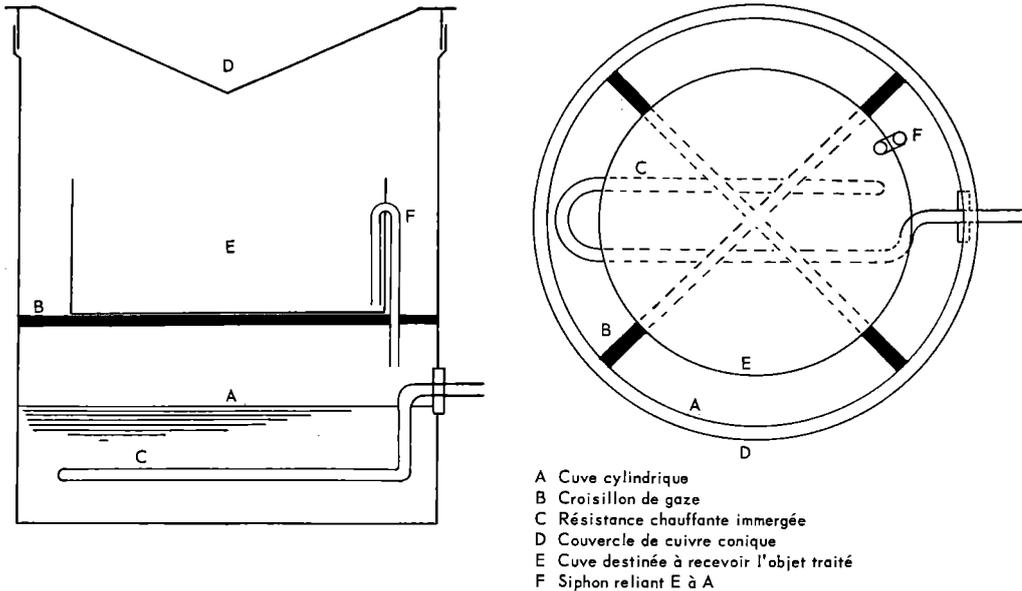


Fig. 55. Extracteur de sels d'Olson.

Quand la surface est très fragile ou polychromée, il convient de la consolider systématiquement au moyen de nylon soluble avant toute opération d'extraction des sels.

Dans les pays désertiques, il est possible d'extraire les sels contenus dans les pierres en les enfouissant sous une couche peu épaisse de sable qu'on mouille ensuite, ce qui équivaut au traitement par la pulpe de papier. Cela suppose toutefois l'existence d'eau non saline et de sable pur. C'est donc là, tout au plus, une méthode à employer en cas d'urgence.

Circulation forcée d'eau à travers la pierre. Dans ce procédé, l'objet est emprisonné dans une gangue imperméable en plastique. L'eau pénètre par un orifice percé à la base de l'enveloppe et sort par une ou plusieurs ouvertures raccordées à une pompe à vide. La méthode est simple et rapide, mais il convient de consolider l'objet avant le

traitement et de procéder avec un soin particulier à son « démoulage » après l'opération.

Traitement par l'eau chaude. Comme la vitesse de dissolution des sels dans l'eau et la vitesse de diffusion des solutions salines dans les roches augmentent avec la température, on peut accélérer l'extraction des sels par immersion en élevant la température de l'eau à 60 °C environ, par exemple au moyen d'un dispositif de chauffage électrique.

Dans les musées qui ont à traiter un grand nombre de petits objets en pierre imprégnés de sels, il serait intéressant d'installer un extracteur de sels dérivé de l'appareil Soxhlet (fig. 55). Cet appareil se compose de trois parties principales : une cuve cylindrique (A) coupée d'un croisillon (B) et pourvue d'une résistance chauffante immergée (C). La cuve est surmontée d'un couvercle de cuivre en forme de cône renversé (D). Une petite cuve (E) munie

d'un siphon (F) et portée par le croisillon plonge dans la cuve principale (A); elle est destinée à recevoir l'objet traité. L'eau claire versée en (A) est chauffée et se condense, sous forme d'eau distillée, en (E) où s'accumule une solution d'eau saline qui est finalement évacuée par le siphon.

Cette extraction par l'eau distillée chaude est très rapide et le procédé peut même s'appliquer à un objet fragile, à condition de maintenir les fragments en place par un bandage de gaze.

Blocage des sels par paraffinage

Il arrive que la poussée des sels soit assez forte pour désagréger la pierre dans une mesure telle que leur extraction par l'une des méthodes décrites ci-dessus soit hors de question. Toute tentative faite pour consolider cette masse poreuse par une substance résineuse aboutirait certainement à la formation d'une croûte dure imperméable qui empêcherait l'extraction des sels.

En pareil cas, on peut envisager de saturer totalement la pierre avec un mélange 2/8 de cire et de paraffine fondue appliqué goutte à goutte sur la pierre qu'on maintient à une température suffisante au moyen de lampes à radiations infrarouges. La température de la pierre doit être assez élevée pour que le mélange reste fluide, de sorte qu'il soit immédiatement absorbé. On évite ainsi les coulures qui pourraient entraîner un peu de matière et déformer l'objet:

L'opération est répétée jusqu'à stabilisation parfaite de la pierre (planche 36a, b).

*Protection de la pierre contre les attaques biologiques*¹

Les organismes végétaux (herbes et arbustes), les cryptogames (algues, mousses et lichens), les moisissures et les bactéries se développent rapidement sur la pierre lorsque l'humidité atmosphérique relative est de l'ordre de 75 % pour des températures

allant de —5 à 40 °C. Il en est notamment ainsi pour les calcaires. Les moisissures et les bactéries peuvent aussi attaquer les matières utilisées pour la conservation ou la restauration de la pierre. S'il n'est pas possible de maintenir l'hygrométrie des salles de musée dans les limites de sécurité, c'est-à-dire au-dessous de 65 % d'humidité relative, il faut procéder à un traitement protecteur de la pierre.

Les racines des herbes doivent être arrachées très prudemment; les mousses et les lichens seront enlevés au moyen d'une brosse douce, après application d'une solution diluée d'ammoniaque s'il faut les ramollir. La pierre est finalement lavée avec l'une des solutions aqueuses toxiques déjà mentionnées (p. 235), par exemple, à raison de 2 litres par mètre carré de surface. Le pentachlorophénate de sodium immunise aussi la pierre contre certaines bactéries.

Les organismes vivants se caractérisant souvent par une réactivité individuelle, il est souvent souhaitable de procéder à une stérilisation avant de commencer tout traitement général. Il peut même être parfois désirable de désinfecter le local au moyen de formaldéhyde. Pour cela, on peut ajouter du formaldéhyde aqueux à du permanganate de potassium, ce qui produit une réaction exothermique. Les détails de ce procédé sont donnés par Walker, qui recommande l'addition de 450 grammes de formaline à une solution aqueuse contenant 170 grammes de permanganate solide, dans une cuvette en porcelaine. Ces quantités suffisent pour une salle de 30 à 40 mètres cubes.

Protection des matériaux pyriteux

Il convient d'accorder une attention particulière à la protection des matériaux pyriteux dont les inclusions de pyrite ou de marcassite se décomposent au contact de l'humidité atmosphérique avec formation d'acide sulfurique. Il faut conserver ces

1. Voir également le chapitre 3.

objets bien au sec et ne jamais les traiter avec un acide ni les laver à l'eau.

Le traitement recommandé par M^{lle} J. M. Swett est le suivant :

1. Élimination par grattage ou brossage des produits de décomposition.
2. Neutralisation de l'acide sulfurique par exposition de l'objet pendant six heures au moins à l'atmosphère ammoniacale formée dans un récipient de verre contenant de l'ammoniaque concentrée (0,88).
3. Élimination de toute trace d'eau par séchage à l'étuve (+ 105 °C) pendant deux heures.
4. Isolement de l'objet par application d'un vernis composé de 10 % d'acétate de polyvinyle en solution dans un mélange toluol-acétone (9/1) ou toluol-alcool (5/5). L'objet est ensuite séché en atmosphère légèrement chauffée et finalement à l'étuve (+ 50 °C).

Pour les pièces fragiles, l'opération 4 est remplacée par une imprégnation sous vide au moyen du même vernis, afin de consolider l'objet tout en l'isolant de l'air et de l'humidité.

Selon Plenderleith (1966), la neutralisation de l'acide libre dans les fossiles pyriteux en voie de décomposition peut prendre plusieurs mois et il restera toujours une incertitude sur l'efficacité de la neutralisation. Aussi ces objets doivent-ils être examinés périodiquement.

On peut parfois préserver les fossiles pyriteux et les nodules de marcassite en les chauffant pendant deux heures à + 105 °C, puis en les soumettant immédiatement à une imprégnation par immersion pendant une heure dans un mélange 2/8 cire-paraffine fondu. Afin de garantir le maximum de saturation, les objets ne sont retirés qu'après un certain refroidissement, lorsque le mélange commence à prendre une consistance pâteuse. Il convient d'ajouter, cependant, qu'au cas où la marcassite a déjà commencé à se décomposer et où de l'acide sulfurique est présent, la principale

cause de décomposition est l'interaction de cet acide et du carbonate que contiennent habituellement les fossiles.

CONSOLIDATION

Pour consolider les pierres fragiles, on dispose de méthodes diverses d'imprégnation par des mélanges de cires fondues ou par des solutions de cires, de résines ou de silicates d'éthyle. De toute évidence, l'efficacité du traitement est liée au degré de pénétration de l'agent consolidant ; si cette pénétration est insuffisante, on obtient un dépôt superficiel qui risque, à la longue, de provoquer en fait l'écaillage des pierres qu'il devrait protéger et d'en hâter l'altération. Répétons donc que l'efficacité d'un traitement par les cires est fonction de la quantité de cire absorbée. Les traitements par les résines, en revanche, ne demandent que le minimum de consolidant nécessaire pour rétablir la liaison entre les grains de la pierre dissociée ou en voie de dissociation.

Imprégnation de mélange de cires

Les traitements à la cire sont considérés comme les plus durables, mais leur emploi est limité dans le cas des pierres, car ils risquent de modifier celles-ci de manière souvent fort inesthétique, assombrissant les pierres claires, donnant aux objets un éclat superficiel et les rendant aptes à accrocher les poussières.

L'imprégnation se fait par immersion dans le mélange de cires fondues. On veillera à ce que l'objet soit posé sur la cire avant chauffage de celle-ci, de manière à échauffer progressivement la pierre pour éviter qu'elle n'éclate. La composition du mélange est la suivante : cire d'abeilles, 2 parts ; paraffine, 8 parts.

La présence de la paraffine permet de faire fondre le mélange à une température raisonnable. La cire d'abeilles lui confère une plus grande plasticité et assure, ce qui est essentiel, un meilleur contact entre

l'agent consolidant et la pierre. Il est essentiel, si l'on veut imperméabiliser totalement la pierre — opération indispensable lorsqu'il n'a pas été possible d'en extraire les sels solubles avant traitement — que le mélange imprégnant ait une très grande plasticité.

Le mélange ci-dessus peut être remplacé par des cires microcristallines comme les Cosmoloids d'Astor, Boisselier et Laurence Ltd. ¹ (Plenderleith, 1966), qui ont l'avantage de moins accrocher les poussières.

On peut augmenter le pouvoir adhésif des mélanges ordinaires de cires par addition de collophane ou de dammar, dans les proportions suivantes : mélange ordinaire cire-paraffine, 3 parts; collophane, 4 parts; dammar, 2 parts.

Pour protéger les cires de l'attaque des moisissures, on les additionne d'un peu de produit fongicide.

Les objets de grande dimension, monuments, etc., qu'il est impossible d'immerger dans une cuve, sont traités par imprégnation sous radiations infrarouges ou sous l'action de barres chauffantes disposées à une distance telle que la température soit uniformément égale sur toute la surface traitée. Pour éviter l'échauffement brutal de la pierre, le mélange consolidant est préalablement dissous dans de la térébenthine additionnée de toluol et appliqué à la brosse sur la pierre froide sous la forme d'une encaustique ayant la consistance pâteuse de la vaseline.

A mesure que la pierre se réchauffe, on applique de nouvelles couches de cire préalablement fondue.

Tous ces traitements doivent viser à la saturation maximale de la pierre. Cette saturation est indiquée par l'arrêt du dégagement des bulles que forme l'air chassé des interstices par la cire; en pratique, lorsque le degré de pénétration désirable est atteint, la pierre, une fois refroidie, est généralement couverte d'une couche solidifiée de cire d'environ un millimètre d'épaisseur. Lorsqu'on emploie la méthode d'immersion, on

laisse la pierre dans la cuve jusqu'à ce que la cire prenne la consistance de la vaseline. On la retire alors et l'on continue à appliquer le consolidant en chauffant à l'aide de lampes à radiations infrarouges jusqu'au refroidissement complet de la pierre.

L'élimination de l'excédent de paraffine s'effectue d'abord au moyen de grattoirs en os ou en bois, puis par dissolution dans la térébenthine, le white spirit et, finalement, le tétrachlorure de carbone. La vaporisation d'eau chaude au pistolet est plus rapide et moins onéreuse. De toute façon, ce nettoyage doit se faire par petites portions afin de ne pas extraire le consolidant de la pierre. Le dernier stade de l'opération consiste à passer sur la pierre une brosse assez dure enduite d'un mélange à parts égales d'eau et de fiel de bœuf.

Imprégnation par les solutions de résines synthétiques

Lorsque la pierre à consolider est très poreuse, on peut la consolider par imprégnation d'une solution de résine appliquée en plusieurs badigeons au moyen d'une brosse de bonne capacité. On effectue d'abord une première application de solution très diluée (2,5 %) et, lorsque celle-ci a été totalement absorbée, on applique une, deux ou trois fois, suivant la perméabilité de la roche, une solution plus concentrée. On ralentit le séchage en plaçant l'objet sous une cloche contenant un peu de solvant, de façon à obtenir une atmosphère saturée de vapeur, ce qui réduit la migration naturelle de la résine vers la surface.

Comme dans beaucoup de domaines de la conservation, on utilise souvent des solutions d'acétate de polyvinyle dans un mélange solvant, composé soit de volumes égaux de toluène et d'alcool, soit de 9 volumes de toluène et 1 volume d'acétone. Cette résine se modifie peu et reste soluble en vieillissant; ces solutions concentrées

1. Savoy Street, London W.C. 2.

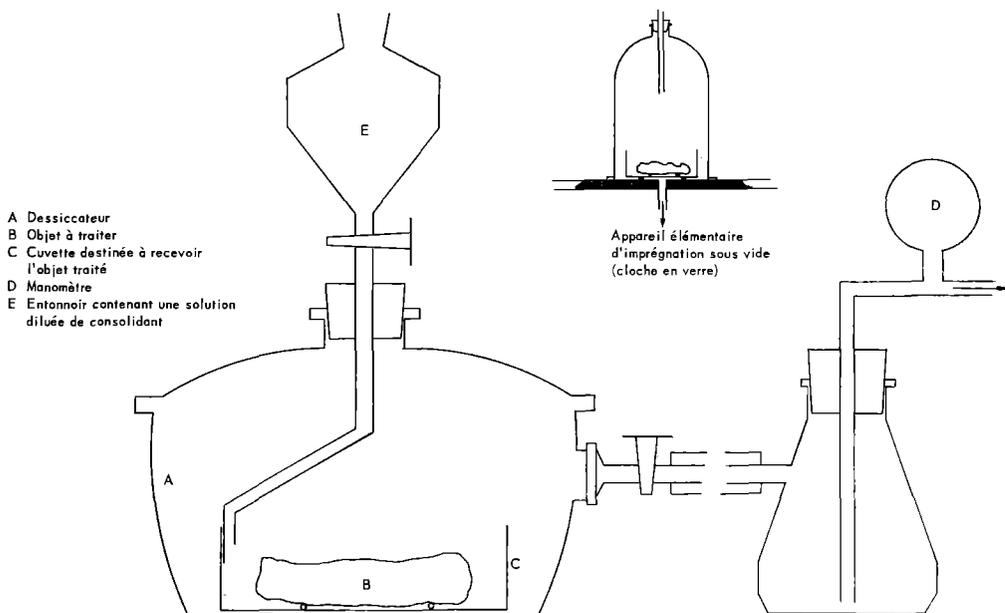


Fig. 56. Croquis représentant l'appareil utilisé pour imprégner des objets sous vide partiel.

(+ 10 %) constituent des colles d'emploi aisé; les excédents sont facilement redissous par le diluant.

D'autres résines synthétiques sont également fort employées pour traiter les pierres poreuses. Ce sont :

1. Le polyméthylméthacrylate (PMM) dissous dans le xylène, ou un mélange contenant 8 parts de toluène et 2 parts d'alcool méthylique (on trouve dans le commerce une solution à la concentration de 40 % dans le xylène, fabriquée par Imperial Chemical Industries et vendue sous le nom de Bedacryl 122 X).
2. Le polybutylméthacrylate (Lucite 2046, de Du Pont de Nemours) dissous dans du white spirit contenant environ 30 % de benzol, ou, si l'on préfère, dans le benzol ou la térébenthine purs.

T.R. Gairola (1959) recommande, pour des travaux généraux de préservation, l'emploi du PMM en solution dans le toluène, à la concentration de 0,5 % environ pour la consolidation de peintures murales, de 1 %

pour le traitement des pierres poreuses, et de 6 à 9 % comme adhésif. Il élimine l'excédent de résine au moyen d'un mélange à volumes égaux de toluène et d'alcool.

Imprégnation sous vide

Cette méthode se prête particulièrement bien à l'imprégnation par les résines synthétiques et on la recommande généralement dans le cas de pierres très peu perméables qui, traitées de façon normale, n'absorbent pas assez de consolidant, ou dans celui de pierres qui sont dans un état de désagrégation tellement avancé qu'il serait impossible d'appliquer sans dommages le consolidant au moyen d'une brosse (fig. 56).

L'objet (B), placé dans une cuvette (C), est introduit dans un dessiccateur (A) que l'on vide jusqu'à maintien constant du niveau indiqué par un manomètre (D). On introduit alors une solution diluée (E) du consolidant en la faisant couler le long de la paroi intérieure de la cuvette (et non sur

l'objet) afin d'éviter de sceller prématurément les pores de la pierre. Lorsque l'objet est totalement immergé, on rétablit la pression, et l'imprégnation est généralement terminée au bout d'une heure. On peut également procéder à l'opération sous cloche au-dessus d'une table à vide.

Au cours du séchage, certaines résines (notamment le Bedacryl 122 X) ont tendance, sur les pierres peu poreuses, à remonter à la surface pour y former un film. Ce film empêche l'évaporation du solvant qui se trouve à l'intérieur de la roche. Il faut donc, lorsqu'on procède à l'imprégnation sous vide, laisser à la solution de consolidant le temps de pénétrer jusqu'au cœur de la pierre. L'évaporation du solvant risque par ailleurs d'appauvrir la surface en en réduisant la cohésion; il faut donc être prêt à parer à ces éventualités, soit en appliquant une plus grande quantité de consolidant, soit en dissolvant l'excédent au moyen d'une quantité accrue de solvant.

Imprégnation de silicate d'éthyle

Les grès et les grès calcaires perméables peuvent être consolidés par imprégnation d'un ester silicique (généralement le silicate d'éthyle en solution alcoolique) qui, au contact de l'humidité atmosphérique, s'hydrolyse en libérant de l'alcool éthylique et précipitant de la silice colloïdale. Cette silice gaine les grains de quartz, consolidant ainsi la masse du matériau. Le silicate d'éthyle, mélangé au sable, forme un ciment très résistant aux intempéries.

Le silicate d'éthyle est fabriqué par la Carbide and Carbon Chemical Corporation¹ et, sous forme directement applicable, par la Nubold Development Ltd.², sous la dénomination de Nubold Bonding Agent (uniquement silicate d'éthyle) ou de Nubindex (solution de silicate d'éthyle additionné d'une résine silicone).

La solution de silicate d'éthyle s'applique à la brosse, au pistolet ou par injection.

Étant donné la réaction spécifique du produit avec l'eau, il est absolument interdit de l'appliquer sur un matériau humide qu'il couvre d'un voile laiteux, imperméable.

Le nombre des applications varie suivant la perméabilité de la roche; avant de procéder au traitement de l'objet dans son ensemble, on procède à un essai sur une partie peu visible. L'opération doit être suspendue dès qu'apparaît la moindre trace d'un voile blanc sur la surface de l'objet. Des recherches poussées ont été faites en vue de mettre au point une méthode de consolidation des roches par des solutions organo-siliciées.

Il est recommandé au personnel de ne pas rester trop longtemps au contact des vapeurs dégagées par ces solutions, qui, il est utile de le signaler, sont généralement inflammables.

Consolidation des marbres

Comme nous l'avons déjà vu, le poudrage des marbres qu'on observe parfois sur les parties saillantes des statues où il apparaît sous forme de taches blanches granuleuses est dû à l'expansion thermique irrégulière des cristaux de calcite qui le composent. On peut consolider la pierre ainsi altérée par imprégnations locales de solutions diluées de résine comme l'acétate de polyvinyle ou le polyméthacrylate de méthyle. On ne peut cependant jamais être tout à fait sûr de la profondeur de pénétration qu'on obtiendra, ni de celle qu'il convient de ne pas dépasser si l'on veut éviter de déplacer les grains de marbre. C'est pourquoi on préfère souvent fixer la surface poudreuse par application d'une encaustique pâteuse au moyen de lampes infrarouges; l'aspect obtenu grâce à ce traitement est d'ailleurs de façon générale plus satisfaisant.

Le marbre granuleux peut aussi être consolidé par applications répétées d'eau

1. 30 East 42nd Street, New York.

2. The Mount, Crawley, Sussex (Royaume-Uni).

de chaux, chaque couche étant appliquée après séchage de la couche précédente. Il est parfois utile de terminer le traitement par une ou deux applications de « caséine soluble » à 10 % dans l'eau. Celle-ci réagira avec le carbonate de calcium pour former un liant adhésif à base de caséinate de calcium.

RESTAURATION

Certaines souillures des pierres autres que les souillures accidentelles dont nous avons parlé plus haut, sont en fait des altérations classiques et exigent l'emploi de méthodes de nettoyage délicates qu'on ne peut confier qu'à des restaurateurs qualifiés.

Enlèvement des taches de fer sur les marbres

Les taches de fer sont éliminées par des réactifs séquestrants, appliqués sur la surface au moyen d'un tampon d'ouate enroulé sur la pointe d'un bâtonnet. L'opération exige beaucoup de patience et est exécutée par petites surfaces. Les réactifs recommandés sont le Versenol de Dow Chemical Co. (États-Unis) vendu au Royaume-Uni par F.W. Berk and Co. Ltd. ¹, et le Detarol de J. H. Shaw ². On peut aussi, dans des cas exceptionnels, utiliser des solutions très diluées d'acide oxalique ou citrique; mais celles-ci sont fort dangereuses si c'est un amateur qui y a recours, car elles dissolvent le carbonate de calcium et risquent de laisser sur le marbre une tache claire.

Enlèvement des sels insolubles

L'enlèvement d'incrustations insolubles dépend de leur nature chimique. Ainsi que nous l'avons vu, les carbonates sont décomposés par un acide, il convient donc, lorsqu'il s'agit d'une incrustation de carbonate, d'opérer avec la plus grande prudence sur une surface très réduite en se limitant à ramollir l'incrustation. La partie traitée doit, immédiatement après, être généreusement lavée à l'eau, séchée et nettoyée de tous

corps étrangers au moyen d'un instrument pointu ou d'un grattoir en nickel-chrome. On peut, en dernier ressort, utiliser de l'acide chlorhydrique, citrique ou oxalique, dilué à 5 % au maximum dans de l'eau.

Le sulfate de calcium, ou gypse, se dissout très lentement dans l'eau; il est donc généralement plus efficace de le désagréger par déshydratation au moyen d'une spatule électrique. Il faut évidemment faire très attention, surtout lorsque la roche est peu épaisse et profondément travaillée, à ne pas trop la chauffer, car les calcaires, soumis à des températures élevées, forment de la chaux vive.

Réparation des pierres brisées

Les fragments de petits objets en pierre peuvent être assemblés au moyen de diverses colles à base d'acétate de polyvinyle ou de résines acryliques. Lorsque les fragments dépassent un certain poids, il vaut mieux employer des colles plus résistantes comme les résines polyester ou les résines époxyde. C'est ainsi qu'on a parfaitement réussi à recoller les fragments d'un fossile jurassique grâce à une résine polyester, type DV, de l'Union chimique belge. Des résultats également satisfaisants ont été obtenus par ailleurs grâce à la colle à base de résine époxyde UHU-plus ³.

Lorsqu'une pierre est brisée en deux parties aux cassures nettes, on peut exécuter aisément des assemblages extrêmement résistants au moyen de gomme laque en écailles (shellac) fondue directement sur une cassure qu'on porte progressivement à la température de 120 °C au moyen d'une source électrique d'infrarouges ou d'une lampe à souder qu'on déplace lentement sur

1. Commonwealth House, 1-9 Oxford Street, London, W.C. 1.

2. 8 Baker Street, London, W. 1.

3. Produit par UHU-Werk HnM, Fischer Bühl, Baden (République fédérale d'Allemagne).

la pierre saupoudrée d'écaillés de gomme laque. *Simultanément*, la température est élevée au même degré sur la cassure correspondante. Lorsque la gomme laque fondue forme une mince couche continue sur la pierre, on applique le second fragment qu'on maintient exactement en place durant le refroidissement.

Pour les pierres lourdes, il faut soutenir les fragments par des chevilles métalliques inoxydables, ne risquant pas d'augmenter de volume et de provoquer ainsi l'éclatement des pierres; on les choisit généralement en acier inoxydable et, surtout, en laiton et en bronze, notamment le métal Delta¹. Il est souvent préférable d'utiliser des chevilles à section rectangulaire, ni trop épaisses ni trop lourdes pour la pierre. Une fourche est ouverte dans la base de la cheville afin qu'elle tienne bien dans le logement lorsqu'on bouche ce dernier de ciment.

La position des chevilles doit être déterminée avec grand soin, compte tenu de la résistance de la pierre, du poids des fragments, de l'effet de pesées éventuelles, etc. On fore les logements et on fixe tout d'abord les chevilles dans le fragment le plus lourd; on repère ensuite l'emplacement du second trou à la craie ou au fusain. Après forage du second trou, on place les chevilles à titre d'essai et, si tout va bien, on peut alors cimenter le tout.

Le ciment le plus couramment utilisé pour sceller les chevilles est le plâtre de Paris ordinaire; il s'applique facilement et peut, si nécessaire, être enlevé par grattage ou immersion prolongée dans l'eau. Il n'est toutefois pas recommandé de l'utiliser dans le cas de pierres très poreuses, surtout si elles se trouvent à l'air libre, car le sulfate de calcium n'est pas insoluble, ce qui pourrait causer des difficultés par la suite. Il est également déconseillé d'utiliser le plâtre lorsque les pierres sont constamment exposées à l'humidité. La prise du plâtre peut être retardée par l'addition de diverses substances, telles que la chaux éteinte ou la colle animale; la chaux tendant à affaiblir

l'adhésif, on lui ajoute de la colle pour renforcer le joint.

Les scellements sont aussi réalisés avec du ciment Portland additionné de sable fin (2/1).

On peut actuellement obtenir d'excellents produits de scellement par mélange de sable, de pierre broyée et d'une résine polyester ou époxyde. Certains spécialistes de la restauration utilisent exclusivement des mélanges de ce genre, en en dosant les ingrédients de façon à obtenir un matériau de scellement d'une granulométrie à peu près semblable à celle de la pierre.

La société UPAT d'Emmendingen, en République fédérale d'Allemagne, vend des chevilles appelées UPAT-UKA 3, d'un emploi extrêmement facile. Elles se composent d'une tige filetée et d'un tube de verre contenant une résine époxyde additionnée de son accélérateur, du sable quartzeux et le durcisseur. On perce la pierre, on introduit le tube de verre dans le trou au moyen de la même foreuse; on écrase ainsi le verre et on mélange intimement son contenu. La prise est très rapide. Une cheville de 12 mm, après une heure et demie de durcissement, peut supporter une charge maximale de 4 780 kg. Cette méthode, mise au point pour la fixation rapide de machines et d'objets sur les murs, offre deux avantages: elle ne nécessite que de petits trous (seulement 2 mm de plus que le diamètre de la cheville) et ne développe aucune pression latérale, ce qui élimine tout risque d'éclatement de la roche.

Bouchage des joints ouverts et des cavités

Le bouchage sert à remplir des fissures et des cavités qui défigurent ou affaiblissent un objet. Il est exécuté au moyen de mortiers ou de stucs, selon qu'il s'agit de boucher les cavités de peintures murales ou de réparer des poteries brisées. Il importe, dans tous

1. Delta Metal Co., Ltd., 295 Tunnel Avenue, London, S.E.10.

les cas, de s'assurer, avant de procéder au bouchage, qu'aucune poussière ne subsiste sur les cassures.

ENTREPOSAGE, EMBALLAGE ET TRANSPORT

Bien que les problèmes d'entreposage, d'emballage et de transport soient traités à part (chapitre 18), nous croyons utile de rappeler ici quelques règles plus particulièrement valables pour les objets en pierre.

Entreposage. Les objets en pierre sont souvent lourds et cassants ; il faut donc éviter de les exposer à un traitement trop brutal et, en tout état de cause, les déplacer le moins possible.

Les pierres clivables ne doivent pas être exposées au rayonnement solaire qui pourrait provoquer leur écaillage en surface. Éviter également de les placer près de poêles ou de radiateurs.

Les pierres ne devraient jamais être scellées dans les murs ou les sols, ce qui les exposerait à l'action de sels nuisibles et risquerait de détruire leur équilibre hygrométrique.

Les pierres dressées devraient être disposées de façon que l'air puisse circuler librement sur toutes leurs faces, afin de réduire au minimum les risques de condensation et d'altération biologique ultérieure.

Emballage. Le marbre blanc est particulièrement sensible à la formation de taches par contact avec les matériaux d'emballage comme les bourrages de papier, de paille et de torchons, qui, même propres, permettent le développement de moisissures lorsqu'ils sont humides. S'il n'est pas possible d'empêcher l'humidité, le marbre blanc ne sera donc jamais mis en contact avec des matériaux organiques susceptibles d'attaques fongiques.

Transport. Certaines pierres exposées à l'extérieur peuvent être désagrégées au point qu'il soit impossible de les transporter sans

leur causer de grands dommages lorsqu'on décide de les mettre à l'abri dans un musée. Il faut alors nécessairement consolider le matériau *in situ* avant le transport. Cette opération est simple lorsqu'on peut, dans les pays chauds par exemple, utiliser une encaustique ou un mélange cire-paraffine à l'état de fusion. Si l'objet est sec, on peut aussi consolider sa surface au moyen d'une solution d'acétate de polyvinyle ou de polyméthacrylate. Si l'objet est humide, on utilise des émulsions acryliques comme le Paraloid de Rohm et Haas (États-Unis) diluées dans l'eau ou des solutions aqueuses d'alcool polyvinylique additionnées d'un peu de phénols chlorés comme fongicide.

SURVEILLANCE ET CONTRÔLE

Comme dans tous les domaines de la conservation des objets culturels, l'établissement du diagnostic et le traitement, bien qu'essentiels, ne représentent qu'une partie de la tâche du conservateur. Ils doivent s'appuyer sur un système adéquat de documentation et se prolonger par des inspections périodiques. Des objets particulièrement instables ou fragiles peuvent nécessiter un traitement complémentaire, et seuls l'expérience et un contrôle permanent permettront au conservateur de choisir entre les diverses formes de traitement possibles.

BIBLIOGRAPHIE

I. *Roches: origine, propriétés, altérations*

- BUTTGENBACH, H. 1935. *Les minéraux et les roches*, 6^e éd. Paris, Dunod. 730 p.
- CAILLEUX, A.; CHAVAN, A. 1955. *Détermination pratique des minéraux*. Paris. 173 p.
- . 1957. *Détermination pratique des roches*, 5^e éd. Paris. 195 p.
- CAMERMAN, C. 1951-1952. Les pierres de taille calcaires. Leur comportement sous l'action des fumées. Extrait des *Annales des travaux publics de Belgique*, février, avril, juin, août, octobre, décembre 1951 et février 1952.
- DANA, E. 1958. *A textbook of mineralogy*. New York, John Wiley and Sons. 851 p.
- DODD, R. E.; ROBINSON, P. L. 1954. *Experimental inorganic chemistry. A guide to laboratory practice*. Amsterdam, Elsevier. 424 p.
- DUCHAUFOUR, P. 1960. *Précis de pédologie*. Paris, Masson. 438 p.
- DUPLAIX, Solange. 1958. *Détermination microscopique des minéraux des sables*. Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger. 96 p.
- DUVAL, Clément. 1954-1957. *Traité de micro-analyse minérale*. Paris, Presses scientifiques internationales. 4 vol.: 552 + 448 + 548 + 891 p.
- FEIGL, F. 1954. *Spot Tests*. Vol. 1: *Inorganic applications*. Amsterdam, Elsevier. 518 p.
- HONEYBORNE, D. B.; HARRIS, P. B. 1958. The structure of porous building stone and its relation to weathering behaviour. Structure and properties of porous materials. In: Everett and Stone (éd.). *Colston papers*, vol. 10, p. 343-345. London, Butterworths Scientific Publications.
- LUCAS, A. 1948. *Ancient Egyptian materials and industries*, 3^e éd. London, Edward Arnold and Co. 570 p.
- MILLOT, G. 1964. *Géologie des argiles*. Paris, Masson. 499 p.
- MOORHOUSE, W. W. 1959. *The study of rocks in thin section*. New York, London: Harper Bros. 514 p.
- MUNSELL COLOR COMPANY, TUC. 1954. *Munsell soil color charts*. Baltimore 18, Maryland (États-Unis).
- SCHAFFER, R. J. 1932. *The weathering of natural building stones*. London, Department of Scientific and Industrial Research. 149 p. (Special report, n° 18.)

SCOTT, W. W. 1956. *Standard methods of chemical analysis*. New York D. van Nostrand.

VOINOVITCH, I. A.; DEBRAS, J.; LOUVIER, J. 1962. *L'analyse des silicates*. Paris, Hermann. 510 p.

WINCHELL, A. N. 1947. *Elements of optical mineralogy*. New York, John Wiley and Sons. 3 vol.: 263 + 459 + 231 p.

II. *Traitement*

L'ouvrage *Matières synthétiques employées pour la conservation des biens culturels* (voir l'annexe p. 325) est particulièrement recommandé pour les précisions qu'il fournit sur les matériaux utilisés dans la conservation, sur les noms commerciaux des produits et sur les adresses des fabricants.

ANON. 1952. The control of lichens, moulds and similar growths on building materials, *Building Research Station Digest* 47, Tarston, Walford, Herts (Royaume-Uni), oct. 1952, p. 4.

BLASEJ; DOMBOVA; RATHONSKY. 1959. *Zpravy památkové péce* (Praha), XIX, p. 69-80.

BUILDER, A. 1961. *Travail du plâtre*. Paris, Liège: Librairie polytechnique Ch. Béranger. 167 p.

DONIS, P.; SNEYERS, R. 1961. Note sur le collage de fragments en pierre calcaire à l'aide d'une résine polyester. *Bulletin de l'Institut royal du patrimoine artistique (Bruxelles)*, vol. IV, p. 215-217.

GAIROLA, T. R. 1950. Use of methyl methacrylate for antiquities. *Journal of Indian museums (New Delhi)*, vol. 6, p. 40-41.

———. 1959. *Handbook of chemical conservation of museum objects*. Baroda, University of Baroda, Department of Museology.

ISKANDER, Z. 1961. Réponse à l'enquête Icom sur l'étude des pierres (20 juin 1961). The chemical laboratory, Department of antiquities (UAR) Cairo.

KENNEDY, Robert, A. 1960. Conservation in the humid tropical zone. *Museum news*, vol. 38, n° 7, p. 16-20. Aussi dans: *Technical bulletin*, Museums Association of Middle Africa, n° 1, 1959, 10 p.

KRATZ, Arthur. 1963. Eine neue Methode der Steinrestaurierung. *Museums Kunde*, vol. 1, p. 32-39.

PLENDERLEITH, H. J. 1966. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Paris, Eyrolles.

- SHORE, B. C. G. 1957. *Stones of Britain*. London, L. Hill, Ltd. 302 p.
- SWETT, J. M. 1943. The decomposition of pyrite. *Museums journal*, vol. 43, n° 1, p. 8.
- VUNJAK, M. 1957-1958. Cleaning of the salt efflorescence from mural paintings. *Zbornik zaštite spomenika Kulture (Belgrade)*, vol. 8, n° 51, 1957; vol. 9, n° 9, 1958.
- WALKER, J. F. 1944. *Formaldehyde*. 327 p. (American Chemical Society monograph.)
- WERNER, A. 1958. Technical notes of new materials in conservation. *Chronique d'Égypte*. Bruxelles, vol. XXXIII, n° 66.
- III. *Classement et conservation des collections géologiques*
- NORTH, F. J.; DAVIDSON, C. F.; SWINTON, W. E. 1941. *Geology in the Museum*. The Museums Association, Oxford University Press. 97 p.

La conservation des métaux sous les tropiques

INTRODUCTION

La stabilité des métaux dépend de leur aptitude à conserver les propriétés inhérentes au métal, généralement grâce à la formation, à la surface, d'une mince pellicule d'oxydes qui forment une couche protectrice et qu'on appelle patine. Cette patine, qui est invisible sur l'acier inoxydable, apparaît plus fréquemment sous forme d'une couche colorée sur le cuivre, sur ses alliages, sur le laiton et sur le bronze et présente quelquefois un certain attrait esthétique. L'instabilité se manifeste par la présence de taches, de traces ou de grosses plaques minérales localisées et incrustées dans le métal aux endroits où se produit une corrosion active. Par corrosion métallique, on entend généralement les changements aussi bien chimiques qu'électrochimiques que subissent les métaux lorsqu'ils retournent à l'état de minéraux — ceux-ci étant leurs précurseurs — lesquels minéraux sont l'équivalent des minerais dont les métaux ont été extraits par fusion grâce à l'intervention de l'homme (Gettens, 1963).

Examen préliminaire

Du point de vue de la conservation, l'examen préliminaire d'un objet en métal consiste à : a) déterminer le degré d'avancement de la minéralisation et la présence éventuelle sur l'objet des signes évidents de corrosion active ; b) à assurer que le métal

est sec et se trouve à l'abri des matières qui peuvent provoquer ou intensifier la désagrégation.

Corrosion

Exposés à l'air, les métaux se ternissent sous l'action de l'oxygène, des composés sulfurés gazeux, etc. Enterrés, ils peuvent être attaqués encore plus intensément en raison de la présence de sels solubles dans le sol. Sous l'action de l'humidité, ces sels agissent comme des électrolytes, autrement dit, il y a début de galvanoplastie, qui ronge le métal. On peut constater des phénomènes analogues sur des objets métalliques renfloués après un séjour prolongé au fond de la mer et même sur des objets conservés dans des musées, mais qui sont contaminés par des substances salines, comme par exemple le chlorure de sodium.

Influence du milieu ambiant

Dans des conditions favorables, la corrosion peut provoquer des incrustations de substances minérales formant une couche étanche qui protège le métal sous-jacent de toute nouvelle attaque et rétablissant ainsi un état d'équilibre ; mais lorsque l'objet métallique est extrait de son milieu ambiant (lors de fouilles, par exemple), il est soumis à de nouvelles influences (variations de la température et de l'humidité et effet de l'oxygène). Il se peut alors que le processus de corrosion reprenne et atteigne le degré

limite ou bien, si les conditions sont favorables, il peut être interrompu une fois de plus par le rétablissement d'un nouvel état d'équilibre dans le nouveau milieu ambiant. L'apparence, la forme et la teneur métallique de l'objet s'en trouvent modifiées. On cherche donc à assurer sa protection physique, du moins pour parer au plus pressé, et, dans la mesure du possible, à préserver la croûte minérale protectrice qui aurait pu se former. Cette croûte est généralement friable et se crevasse sous l'effet d'un choc. Les fissures deviennent des foyers de corrosion active, car elles ménagent des points d'accès par lesquels l'oxygène et l'humidité atteignent le front de la corrosion ou l'aire qui sépare l'incrustation du métal intact.

La chaleur humide des climats tropicaux ne constitue pas en soi une menace grave pour la stabilité des objets métalliques mais elle a pour effet d'intensifier le processus de corrosion lorsque celui-ci est déjà amorcé, car elle accentue le phénomène de galvanoplastie, surtout lorsque les incrustations contiennent des sels ou lorsque l'humidité se condense sur des surfaces métalliques portant des traces de substances grasses et rances, vestiges de libations, de denrées alimentaires, etc. La conservation d'objets métalliques dans des climats tropicaux humides pose alors des problèmes plus délicats que dans les régions tempérées, mais le mécanisme du changement demeure

essentiellement le même et, puisqu'il s'agit de degré d'intensité plutôt que de la nature du phénomène, les méthodes décrites dans les ouvrages classiques sur les traitements à appliquer sont également valables dans les pays tropicaux. Pour des raisons d'ordre pratique, on décrira de préférence, dans le présent chapitre, les traitements qui exigent un minimum de matériel et des substances chimiques qu'on peut se procurer aisément, même dans les régions éloignées des sources d'approvisionnement.

L'intérêt que suscite la conservation des métaux réside dans la variété des formes que peut prendre leur détérioration et dans les différentes mesures qu'on doit adopter pour la juguler. Certaines méthodes d'ordre général sont applicables à la plupart des métaux, mais il existe aussi des méthodes spéciales qui ne conviennent qu'à certains métaux particuliers. Les premières concernent les phénomènes de galvanoplastie et feront l'objet d'une simple introduction, alors que certaines méthodes de conservation plus spéciales et plus utiles feront l'objet d'un exposé plus détaillé. Cependant, il est instamment recommandé au lecteur de ne pas considérer le présent chapitre comme un exposé complet, mais uniquement comme une introduction à un sujet d'étude assez complexe mais plein d'intérêt, car, de toute évidence, il est impossible d'épuiser le sujet dans le cadre du présent ouvrage.

RÉACTIONS ÉLECTROCHIMIQUES DES OBJETS MÉTALLIQUES

La propriété la plus caractéristique des métaux est que, à la différence des métalloïdes, chaque métal réagit de manière différente au contact d'un électrolyte. Dès lors, la réaction de chaque métal est si différente de celle d'un autre métal qu'on peut en établir une longue classification où l'or (métal

noble, élément cathodique électro-positif) viendrait en tête alors que le zinc, l'aluminium et le magnésium (métaux vils, éléments anodiques électro-négatifs) figureraient au bas de la liste. On déduit aisément le comportement d'une paire quelconque de ces métaux lorsqu'ils sont mis au contact

d'un électrolyte, d'après la position qu'ils occupent dans la classification électrochimique¹.

Une simple amplification de ce bref exposé pourrait servir utilement d'introduction aux deux traitements classiques qui sont décrits dans la section consacrée aux opérations pratiques. Qu'il suffise de donner ici deux exemples de procédés galvanoplastiques employés pour arrêter la corrosion. Mais examinons d'abord la structure d'une « pile électrique ».

GALVANOPLASTIE : PILE SÈCHE

Une « pile sèche » destinée à fournir le courant électrique (fig. 57) se compose d'un boîtier en zinc contenant un électrolyte humide (mélange de chlorures); le zinc fait fonction d'élément vil électro-négatif (anode) alors qu'au centre du boîtier, en contact avec l'électrolyte mais non pas en contact direct avec le zinc, il y a un élément électro-positif (cathode) constitué généralement par une tige de carbone qui fait fonction de métal noble. Lorsque les deux pôles sont mis en contact à l'aide d'un

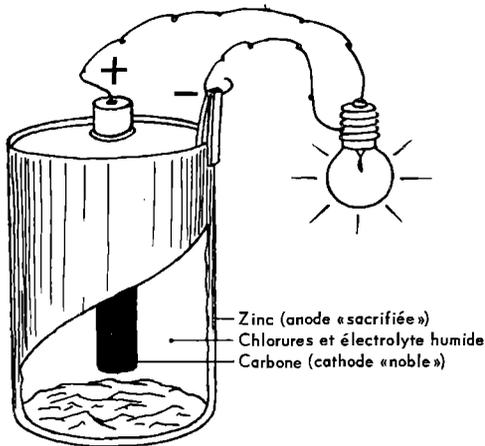


Fig. 57.
Coupe d'une pile primaire.

conducteur extérieur aboutissant à une ampoule, il y a génération de courant électrique et l'ampoule s'allume. L'énergie électrique est engendrée par la corrosion chimique du boîtier en zinc provoquée par l'électrolyte, et le courant électrique à l'extérieur de la pile allume l'ampoule; mais, à l'intérieur du boîtier, invisible, l'anode en métal vil est sacrifiée, tandis que la cathode noble se trouve, de ce fait même, protégée contre la détérioration. C'est la raison pour laquelle on a coutume, dans les laboratoires de musée, de l'appeler l'« anode sacrifiée ».

GALVANOPLASTIE ET CORROSION

Considérons à présent un autre cas: un métal au contact d'un sel corrosif. Imaginons une petite cuillère en métal (généralement en alliage de cuivre plaqué, mais cela importe peu) plongeant dans une tasse d'eau salée. Il arrivera un moment où la partie immergée se corrodera. En théorie, on peut arrêter la corrosion en fournissant des électrons à la cuillère (fig. 58). En pratique, cette opération est réalisée par un procédé électrochimique ou électrolytique.

Procédé électrochimique. Un morceau de métal vil (feuille de zinc) est immergé dans de l'eau salée et relié par un fil métallique à la partie de la cuillère qui émerge. Lorsque le

1. Un électrolyte est un liquide conducteur de courant électrique. Les métaux ci-après sont indiqués dans l'ordre où ils figurent dans la classification électrochimique, autrement dit, ceux qui sont cités en premier lieu sont les plus électro-positifs, alors que ceux qui figurent à la fin sont de plus en plus électro-négatifs: or, argent, cuivre, fer, plomb, étain, zinc, aluminium et magnésium.

Lorsque deux métaux différents se trouvent au contact d'un électrolyte, c'est le métal qui occupe la place la plus élevée dans la classification qui est le métal cathodique et noble, en ce sens qu'il survit, alors que celui qui se trouve plus loin dans cette classification est anodique et le plus vil des deux, et il est sacrifié (dissous).

contact est établi, des électrons sont fournis à la cuillère et la corrosion s'arrête. Le principe du procédé (fig. 58) est essentiellement le même que celui de la pile sèche décrite plus haut, la cuillère remplissant la même fonction que la tige de carbone (cathode), alors que le zinc fait fonction d'anode sacrifiée.

Procédé électrolytique. Le procédé électrolytique exige une alimentation en courant électrique engendré par une source extérieure, par exemple une pile sèche (fig. 57), bien qu'il existe en pratique des moyens d'alimentation plus efficaces et plus économiques. Dans le procédé électrolytique, l'électrode auxiliaire ne doit pas nécessairement être en zinc; n'importe quel conducteur métallique fera l'affaire, par exemple de l'acier inoxydable ou une feuille

de fer, et servira en même temps à connecter électriquement la pile, le conducteur et la cuillère; mais il convient de noter que le sens du courant électrique est extrêmement important. L'électrode auxiliaire doit être fixée au pôle positif de la source d'alimentation extérieure; autrement dit, pour arrêter la corrosion, il faut qu'un courant d'ions positifs (cations) traverse l'électrolyte en direction de la cuillère.

Il y a lieu de faire observer que dans la description des deux procédés ci-dessus, il s'agissait essentiellement d'arrêter la corrosion. On peut, en fait, faire disparaître les couches corrodées et rétablir en même temps l'état métallique du noyau, comme on le fait dans les laboratoires de conservation. Dans ce cas, l'eau salée est remplacée par un

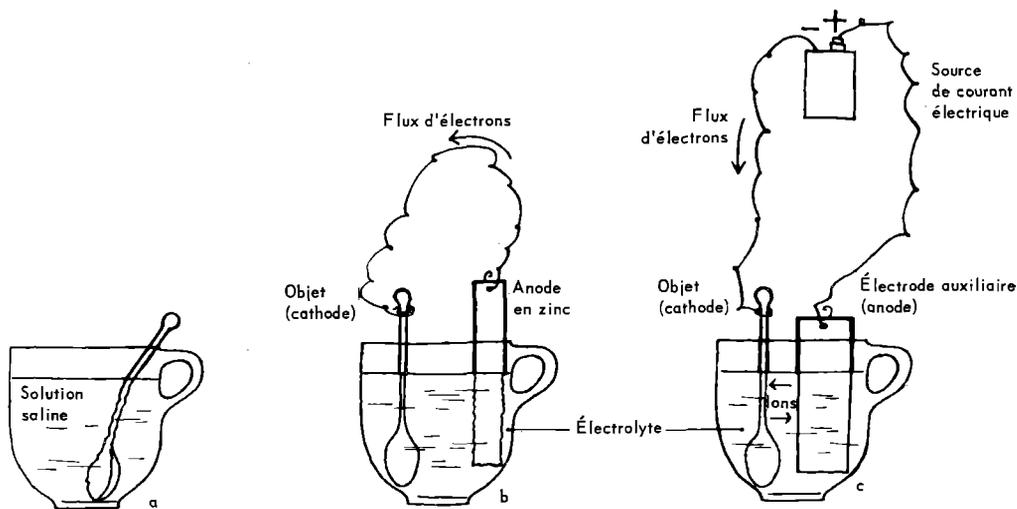


Fig. 58.

Corrosion du métal et processus inverse.

- a Cuillère en voie de corrosion dans une tasse d'eau salée.
- b Arrêt du processus de corrosion par des moyens électrochimiques.
- c Méthode électrolytique d'arrêt du processus de corrosion.

électrolyte approprié. On utilise généralement de la soude caustique (hydroxyde de sodium); l'hydrogène gazeux libéré alors à la cathode se présente sous forme de petites bulles qui dissolvent les grosses incrustations et le noyau métallique réapparaît sous sa forme originelle. On prendra soin d'éviter la contamination du chlorure au voisinage de l'anode sacrifiée où le chlore subsiste sous forme gazeuse.

Les deux opérations décrites ci-dessus sont à la base de deux procédés très utiles, employés généralement pour réduire les objets métalliques corrodés.

A part les procédés fondés directement sur la galvanoplastie et qu'on peut appliquer

à tous les métaux, il existe des réactions purement chimiques qui ne conviennent qu'à certains métaux et qui se sont révélées d'une grande utilité dans les travaux de conservation. Par exemple, si l'on veut enlever une incrustation minérale qui est normalement insoluble, on peut, dans certains cas, la rendre soluble par l'application d'un agent chimique ou par l'application successive de plusieurs agents, selon une méthode établie. Les sels ainsi dissous sont ensuite enlevés par rinçage. On trouvera la description détaillée de ce procédé dans les ouvrages spécialisés. Seuls quelques-uns des procédés les plus utiles sont indiqués ici.

PROCÉDÉS COURANTS DE NETTOYAGE ET DE STABILISATION D'OBJETS MÉTALLIQUES

NETTOYAGE ÉLECTROCHIMIQUE

Ce procédé ne convient qu'aux objets minéralisés qui conservent un noyau de métal solide (Plenderleith, 1966, p. 191-194).

| | Objets en métal commun | Objets en métal fin |
|----------------------|---|--|
| Métal anodique | Généralement du zinc (granulé). | Généralement du zinc (en poudre: 40 mailles) pour les monnaies, fibules, etc. |
| Électrolyte | Généralement de la soude caustique (en paillettes dans le commerce) dissoute dans l'eau distillée ^a . Concentration: 10 à 20 %. | Soude caustique (10 %) ou acide sulfurique (10 %), quelquefois acide formique (30 %), pour les objets en argent. |
| Récipient | Généralement récipient en fer. | Souvent verre à fond plat ou cuvette en porcelaine. |
| Technique opératoire | Faire bouillir à grand feu sous une hotte pendant une heure ou plus. Nettoyer de temps en temps avec une brosse métallique ou au moyen d'un traitement mécanique. Ajouter fréquemment de l'eau distillée pour maintenir le niveau du liquide. | Chauffer à la vapeur ou par un autre procédé en maintenant la température à 95-100 °C pendant le temps requis pour une réduction complète. Nettoyer de temps en temps avec une brosse de verre ou au moyen d'un traitement mécanique léger pour faciliter la réduction. Maintenir le niveau du liquide en ajoutant de l'eau distillée. |

Introduire l'objet dans un récipient approprié (voir ci-dessus) et le recouvrir de zinc propre. Verser de l'eau distillée de manière à recouvrir le zinc. Ajouter de la

a. Il est indispensable d'utiliser de l'eau distillée ou déminéralisée dans toutes les opérations chimiques relatives au traitement des métaux.

soude caustique en paillettes dans les proportions voulues. Lorsque l'objet est suffisamment réduit, le laver selon la méthode décrite ci-dessous et le soumettre à des essais pour s'assurer qu'il ne contient plus de sels. Après séchage, l'enduire au besoin d'une pellicule protectrice de cire ou de laque.

| | | |
|-------------|---|---|
| Précautions | Précautions à prendre contre l'action corrosive du liquide et des émanations. Utiliser une pince de fer et des gants en caoutchouc. | Manipuler avec des forceps ou un ciseau fin en métal trempé. Pendant le brossage, veiller à ne pas effacer la légende des monnaies. |
|-------------|---|---|

NETTOYAGE PAR ÉLECTROLYSE

Ce procédé ne convient qu'aux objets minéralisés qui conservent un noyau de métal intact (Plenderleith, 1966, p. 212-216).

| | Objets en métal commun | Objets en métal fin |
|----------------------|---|---------------------------------|
| Anode | Acier inoxydable ou feuille de fer | Platine, acier inoxydable, etc. |
| Objet (cathode) | En cas de besoin, on établit le contact électrique en exposant à l'air une partie du minerai métallique de l'objet traité. | |
| Électrolyte | Solution de soude caustique dans de l'eau distillée (5 %). On prépare la solution en versant de l'eau distillée dans un récipient en fer et en y versant lentement de la soude caustique en paillettes qu'on agite continuellement. Le liquide devient très chaud. Éviter les éclaboussures en raison de l'action corrosive du liquide. | |
| Alimentation | Courant continu de 6 à 12 volts, selon le cas, pour maintenir la densité du courant à raison de 10 ampères par décimètre carré de la surface cathodique. Les chargeurs de batteries de voiture automobile sont une source d'alimentation commode. | |
| Technique opératoire | Disposer les éléments selon les indications de la figure 59. Brancher le courant. Enlever l'objet qui ne devra être remplacé que lorsque le courant sera établi. Au début, l'incrustation peut opposer une forte résistance, mais elle cède au cours du traitement, ce qui exige un réglage de la tension afin de maintenir la densité de courant dans les normes. Il est indispensable d'enlever périodiquement l'objet pour brossage et grattage. Les anodes de fer sont fortement attaquées et l'électrolyte se trouve altéré par des paillettes non solubles d'oxyde, etc. Il faut donc les nettoyer de temps à autre. L'opération se termine par un lavage selon la méthode établie décrite ci-après et l'on soumet l'objet à des essais périodiques pour s'assurer qu'il ne contient plus de sels, après quoi il est séché et imprégné. | |
| Précautions | Celles qu'on prend généralement lorsqu'on manipule des matières corrosives (les mêmes que pour le nettoyage électrochimique). | |

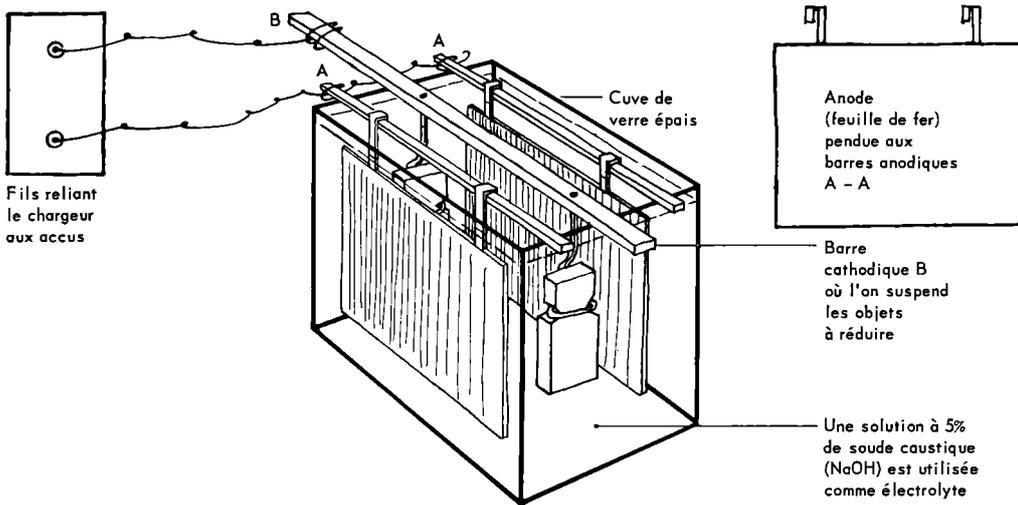


Fig. 59.

Nettoyage par électrolyse d'un métal corrodé.

MÉTHODES MÉCANIQUES DE TRAITEMENT D'OBJETS MÉTALLIQUES

Lorsqu'un objet métallique présente des signes de corrosion partielle, le seul moyen d'enrayer cette corrosion, sans risque de récurrence, est de le soumettre à une action chimique. Ce traitement comporte toujours des opérations « mécaniques » dont une description s'impose.

Outils manuels

Un jeu d'outils comprend généralement des aiguilles en acier montées sur un manche de bois ou de métal, ou encore sur un petit mandrin, ainsi que des grattoirs et des ciseaux en acier. Ceux-ci sont utilisés pour détacher les incrustations de la surface de l'objet. Les opérations effectuées à l'aide de ces instruments s'appellent piquage (aiguilles), grattage (ciseaux) et raclage (grattoirs). Ces opérations doivent être

menées avec grand soin, car il faut tenir compte du fait que la pression qu'on applique sur le métal peut être sensiblement plus forte que cela n'apparaît au premier abord. Par exemple, une force d'une livre exercée au moyen d'une pointe d'aiguille de 5 millièmes de millimètre de diamètre correspond à une pression de plusieurs tonnes par centimètre carré.

Instruments mécaniques

Lorsque les excroissances sont exceptionnellement dures, il est parfois préférable de les réduire à la meule. On se sert à cet effet d'un petit disque abrasif ou d'un petit cône renversé, fixé sur une fraiseuse de dentiste. Un autre moyen consiste à assurer l'abrasion manuellement au moyen de meulettes de carborundum dont il existe différentes formes et différents degrés de dureté dans le commerce.

On n'emploie la scie à métaux que pour séparer deux objets que la corrosion a

soudés en une masse solide et qu'on ne peut séparer par d'autres moyens. On peut parfois se servir utilement de scies à fendre ou de scies à découper ou même d'un fil de cuivre étiré, tendu dans un cadre et enduit d'un mélange de poudre de carborundum et d'huile.

Brossage

Le brossage accompagne fréquemment les autres opérations mécaniques pour éliminer les matières étrangères et révéler le progrès du travail. On choisira le type de brosse selon le genre de travail auquel elle est destinée. Les brosses à dents dures en nylon sont excellentes pour nettoyer les bronzes pendant et après le traitement électrochimique. L'usage d'une brosse métallique rotative permet de gagner beaucoup de temps lorsque les objets sont assez résistants pour supporter ce traitement ; il faut cependant contrôler la profondeur de pénétration des poils dans les parties moins résistantes de l'incrustation. Les brosses de verre sont employées pour les travaux délicats comme la joaillerie ou pour polir les insertions d'argent dans le fer ; elles sont indispensables dans un laboratoire.

Sablage

Le sablage est une des méthodes les plus efficaces de nettoyage mécanique ; il s'agit d'un procédé délicat qui n'est pas aussi violent que son nom semble l'indiquer : il s'agit de projeter un jet de particules d'une substance abrasive au moyen d'un pistolet à air comprimé modifié. Le jet peut être sec (air et matière abrasive) ou humide (eau et matière abrasive), ce dernier permettant de mieux contrôler le cours de l'opération. On peut régler à volonté la pression du jet et choisir l'abrasif ainsi que la grosseur de ses particules selon la surface à nettoyer et la texture qu'on veut lui imprimer. L'abrasif le plus utilisé est la bauxite. L'objet soumis au sablage est enfermé dans une cabine

étanche pour éviter la dispersion de la poudre abrasive.

Polissage

Le polissage s'obtient manuellement avec les abrasifs les plus fins, tels que la farine d'émeri, le rouge à polir, la diamantine, qu'on emploie en poudre ou sous forme de pâte mélangée de suif. L'alumine levigée est un abrasif de finissage qui permet d'obtenir un beau poli sur un métal préalablement frotté avec des poudres plus grossières. Le brunissage s'obtient avec un disque de tissu sur une polisseuse ou, s'il s'agit d'un objet délicat, avec une pierre à polir très dure, comme l'hématite appelée communément « sanguine ».

LAVAGE INTENSIF ET SÉCHAGE

Lorsqu'une incrustation s'est étendue sur un métal, la surface du métal sous-jacent devient microporeuse, et, une fois enlevée la couche d'incrustation, cette surface se comporte comme une masse de tubes capillaires, qui retiennent des résidus de chlorures. Il y a également un risque de voir subsister de plus grandes quantités de chlorures sous la « patine » qui, dans certain cas, doit être préservée.

Lavage intensif

La matière corrosive n'est pas facile à enlever, mais on peut l'éliminer par immersions prolongées dans des bains d'eau distillée, à condition d'alterner le chauffage et le refroidissement pour assurer le lavage des capillaires.

Épreuves pour détecter des traces de chlorure

Le lavage intensif doit être poursuivi jusqu'au moment où l'on ne peut plus détecter de traces de chlorure dans l'eau. L'épreuve classique consiste à ajouter à l'échantillon une solution de nitrate d'argent

en présence d'acide nitrique. La présence de chlorures est révélée par la formation d'un précipité blanc floconneux, soluble dans un concentré d'ammoniaque.

Quand on parvient aux dernières phases du lavage, l'épreuve revêt son maximum d'importance; il est en effet essentiel de détecter la présence des moindres traces de chlorure qui subsistent dans l'eau. L'épreuve chimique devra, dans ce cas, s'effectuer dans des conditions optimales ou au moyen de la mesure très précise de la conductivité.

Séchage

On recourt généralement à deux méthodes pour hâter le séchage des métaux: le chauffage et la dessiccation. Le chauffage à 105 °C dans un four est le procédé le plus simple et convient à tous les métaux lisses et non poreux. Les métaux poreux, en effet, sèchent plus lentement et l'argent à bas titre ainsi que les alliages de cuivre qui sont très poreux risquent de se couvrir, dans le four, d'une pellicule d'oxyde qui en altère l'aspect. Bien que les pellicules d'oxyde puissent s'enlever à la brosse de verre, cela implique une nouvelle opération qu'on peut éviter en utilisant un dessiccateur chargé au gel de silice d'où l'air aura été évacué. Le séchage effectué par cette méthode peut être accéléré et l'on passe l'objet dans un bain d'acétone avant de le placer dans le dessiccateur à vide.

Le dessiccateur à vide sert non seulement à sécher les objets, mais aussi à les conserver jusqu'au moment où ils peuvent être vernis ou protégés à la cire (Plenderleith, 1966, p. 216-218; Organ, 1955).

IMPRÉGNATION

Imprégnation à la cire

Dans des conditions idéales, l'objet est lavé dans de l'eau chaude distillée, selon le procédé décrit plus haut, puis retiré à l'aide

d'une pince (il ne doit pas être manipulé avant d'être ciré), secoué, essuyé avec un linge propre et doux, et plongé dans un bain de cire d'abeilles fondue ou de cire de paraffine à point bas de fusion (49 °C) — qui a l'avantage de former, à la température ambiante, une pellicule moins friable — dans lequel on le maintient pendant quelques minutes à une température supérieure à 100 °C pour éliminer les traces résiduelles d'humidité. On retire alors l'objet de la cire, toujours avec une pince, et, après l'avoir secoué, on le dépose sur un papier buvard pour le laisser égoutter. Un séchoir à cheveux portatif empêche la cire de se solidifier trop vite, ce qui permet d'uniformiser la couche en essuyant les dépôts trop épais. La mince pellicule qui subsiste imprègne la surface poreuse du métal et agit comme enduit protecteur (Plenderleith, 1966, p. 280-281; Organ, 1961).

Imprégnation au vernis

Après lavage, l'objet est séché dans de l'alcool à 95 % selon le procédé décrit plus haut. Si l'on utilise un vernis de résine acrylique, il est préférable d'immerger l'objet dans du xylène afin d'améliorer la pénétration. On place ensuite l'objet dans un récipient en verre et on le recouvre d'une solution de vernis (10 à 20 % de solides), le récipient en verre est transféré à un dessiccateur à vide qui est évacué en temps utile. Lorsque l'objet a cessé de produire des bulles d'air, on rétablit la pression, puis on retire l'objet de la solution et on le dépose sur un papier buvard pour le laisser égoutter. Lorsque l'objet est complètement sec, on peut répéter l'imprégnation en cas de besoin. Lorsqu'on ne dispose pas de pompe à vide, on chauffe généralement l'objet avant de le plonger dans la solution de vernis, car, en refroidissant, il absorbe la solution, ce qui donne à peu près les mêmes résultats que la technique sous vide, qui est pourtant plus efficace.

Pour les travaux d'imprégnation, on donne la préférence aux résines acryliques¹, car, de toutes les résines synthétiques anhydres qu'on emploie habituellement,

ce sont celles qui résistent le mieux au vieillissement. Le toluène et le xylène sont les solvants qui conviennent le mieux à la solution et à la dilution de la résine synthétique.

PROCÉDÉS SPÉCIAUX DE TRAITEMENT D'OBJETS MÉTALLIQUES

Tous les procédés dont la description va suivre (Plenderleith, 1966, p. 231-251) exigent que les objets soient lavés très soigneusement dans de l'eau distillée après traitement chimique, afin de ne pas laisser subsister la moindre trace d'impuretés corrosives.

L'ARGENT ET SES ALLIAGES

« Silver dip ». Immersion dans une solution de thio-urée (5 % du volume d'eau) et d'eau distillée contenant 1 % (du volume

d'eau) d'un détergent non ionique (par exemple le Lissapol)².

Température: ambiante.

Le brossage avec une brosse de verre peut accélérer la dissolution de la ternissure.

Le « Silver dip » est recommandé pour enlever les ternissures ou les patines légères et pour le traitement des nielles.

Acide formique. Immersion dans une solution chaude d'acide formique à 30 % (un volume d'acide formique du commerce dilué dans deux volumes d'eau distillée).

Température: point de fusion.

Les émanations sont irritantes.

Ce traitement est recommandé pour les objets en argent à bas titre (par exemple les pièces de monnaie) avec des incrustations de cuivre corrodé.

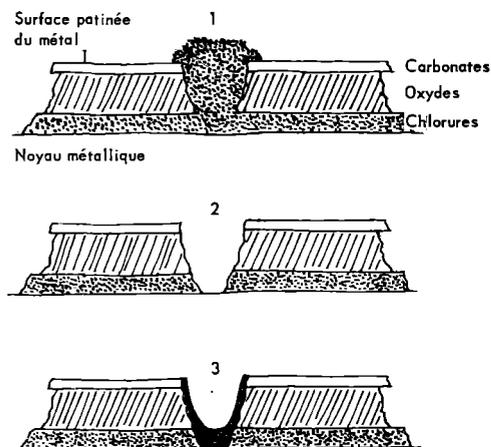


Fig. 60.

Traitement de la « maladie du bronze » à l'oxyde d'argent. [D'après R. M. Organ.]

1. Tache de « maladie ».
2. La tache après désincrustation.
3. Application d'une couche protectrice d'oxyde d'argent.

Autres procédés

1. Réduction électrochimique (voir plus haut) à l'aide de la poudre d'aluminium et de la soude caustique.
2. Réduction électrolytique (voir plus haut) recommandée pour l'élimination des incrustations sur argent corné.
3. Solution d'hyposulfite d'ammoniaque à 15 % dans de l'eau distillée contenant 1 % de Lissapol; cette solution agit plus vigoureusement que le « Silver dip ».

1. Voir l'annexe au présent ouvrage.

2. Cette préparation est vendue chez Hopkins et Williams, Freshwater Road, Chadwell Heath, Essex (Angleterre).

LE CUIVRE ET SES ALLIAGES

Solution d'acide citrique. Immersion dans une solution chaude de 2 à 5 % (du volume d'eau) d'acide citrique dans de l'eau distillée.

Température: 60 à 80 °C.

Recommandée pour séparer les objets en alliage de cuivre soudés par des produits de corrosion. Après traitement, une couche de poudre de cuivre subsiste généralement sur les objets; on l'enlève à la brosse. L'acide citrique risque de décaper toute la patine; il faut donc prendre des précautions si l'on veut la préserver.

Hexamétaphosphate de sodium. Tremper dans une solution d'hexamétaphosphate de sodium à 5-15 % (du volume d'eau) [Calgon].

Température: ambiante ou 30 à 50 °C.

Des concentrations plus fortes et des températures plus élevées accélèrent la dissolution des incrustations, mais au risque d'éliminer la patine.

Une concentration plus forte de Calgon est un décapant. Elle est recommandée pour le nettoyage des bronzes revêtus de dépôts calcaires (Farnsworth, 1940).

Oxyde d'argent. Traitement à sec des éruptions localisées de la « maladie du bronze » (corrosion due au chlorure de cuivre) avec de la poudre d'oxyde d'argent (Ag_2O). Les différentes opérations (fig. 60) sont:

1. Désincrustation des taches de la « maladie » par des moyens mécaniques.
2. Application locale de poudre d'oxyde d'argent sèche, exempte de sel, avec une allumette dont on a aiguisé la pointe, en ajoutant de l'alcool au besoin.
3. Exposition délibérée de l'objet à une humidité relative de 78 % pendant une période maximale de 24 heures; il se forme alors une pellicule protectrice de chlorure d'argent et l'on peut détecter toutes les taches qui n'auraient pas été suffisamment traitées (Organ, 1963*b*, *c*).

Autres procédés

1. Réduction électrochimique (voir plus haut) avec du zinc et de la soude caustique. Ce procédé élimine la patine verte.
2. Réduction électrolytique (voir plus haut). Ce procédé élimine également la patine verte.
3. Application de sel de Rochelle alcalin suivie d'une application de solution d'acide sulfurique dilué (Plenderleith, 1966, p. 259-262) ou bien sel de Rochelle alcalin suivi de peroxyde d'hydrogène; ces procédés de nettoyage sont généralement utilisés lorsqu'il ne s'agit pas de préserver la patine.
4. Le sesquicarbonat de sodium (bain alcalin) n'enlève pas les incrustations de patine verte mais permet d'extraire les chlorures (Plenderleith, 1966, p. 258; Organ, 1963*a*, p. 8).
5. Le Détarol (EDTA acide éthylène-diamine tétracétique) a une action inhibitrice analogue à celle du Calgon (voir plus haut « Hexamétaphosphate de sodium »).
6. Pour remplacer le sel de Rochelle alcalin, on peut utiliser le glycérol alcalin: 120 g d'hydroxyde de sodium (NaOH), et 40 ml de glycérine par litre d'eau (Plenderleith, 1966, p. 252-277; Farnsworth, 1940; Organ, 1963*a*, *b*; Jedrzejewska, 1963, 1964).

FER

Réduction électrochimique (voir plus haut). Zinc et soude caustique. Si un noyau de métal subsiste, on emploiera ce procédé de préférence à la réduction électrolytique, mais la surface sera très piquée.

Réduction électrolytique (voir plus haut). Ce procédé est recommandé lorsqu'il subsiste un noyau de métal entier et lorsqu'il n'y a pas d'incrustations ni d'excroissances non métalliques. Si la surface est très piquée, on utilisera de préférence la réduction électro-

chimique, mais les deux procédés se valent. Le traitement doit être complété chaque fois par un traitement mécanique et suivi d'un lavage intensif pour éliminer toute trace de chlorures; on terminera par une imprégnation ou une couche de vernis.

Élimination de la rouille et traitements préventifs contre la rouille. Lorsque les objets rouillés sont trop lourds ou trop encombrants pour être soumis au traitement électrolytique et si leur état le permet, on emploiera de préférence des produits vendus dans le commerce¹, car ils ont en outre l'avantage de laisser une pellicule protectrice² sur la surface traitée du métal.

Les solvants de la rouille s'appliquent à la brosse et lorsque le solvant a agi suffisamment, la surface peut être soit essuyée sans lavage, soit lavée pour éliminer les restes de produits chimiques, selon le cas. Dans l'usage de ces préparations commerciales, les instructions du fabricant doivent être suivies à la lettre.

Après dérouillage, on peut appliquer une couche protectrice de laque, mais cela est facultatif et dépend des conditions dans lesquelles l'objet sera conservé.

Conservation de la rouille sur les objets complètement minéralisés. Lorsque le fer est complètement transformé en oxyde massif et qu'il ne reste plus de métal intact, la pièce peut être considérée comme stable et sa conservation ne nécessite aucun traitement en laboratoire. Mais quand la rouille se présente à l'état granulé plutôt que sous forme massive, la cristallisation des sels risque toujours d'entraîner une déformation, voire une désagrégation; aussi faut-il laver la pièce pour en éliminer les sels, avant de pouvoir en assurer la stabilité. Dans certains cas, il faut imprégner la rouille d'une couche de résine synthétique (par exemple de la résine acrylique) afin de consolider la surface granulée.

Autres procédés

1. Soude caustique (hydroxyde de sodium). Le fait que la soude caustique soit un inhibiteur de la rouille lui donne un avantage par rapport aux électrolytes acides pour l'élimination de la rouille. Le traitement doit être suivi d'un lavage intensif pour éliminer les chlorures.
2. Les versènes (EDTA dérivés de l'acide éthylène-diamine tétracétique) peuvent agir comme solvants de la rouille en raison de leur action inhibitrice d'ions ferreux dans des solutions alcalines. Ces versènes sont quelquefois utilisés sous forme de mélanges avec de la soude caustique et de l'hyposulfite de soude.
3. L'acide oxalique à 9 % dans de l'eau distillée peut être utilisé comme solvant de la rouille (Plenderleith, 1966, p. 292-305; Pelikan, 1964).

PLOMB

Réductions électrochimique ou électrolytique (voir plus haut). Le plomb est légèrement soluble dans la soude caustique (sauf protection cathodique) et une immersion prolongée peut effacer les fines ciselures. Cependant, la réduction reste utile pour le traitement de certaines pièces non ciselées, notamment lorsqu'il s'agit de pièces de grandes dimensions fortement incrustées. Il faut laver l'objet très soigneusement pour éliminer les dernières traces de soude, car si on laisse subsister de l'alcali sur la surface poreuse ou dans les fissures, le plomb risque de blanchir. On trouvera dans l'ouvrage de Plenderleith (1966) la description d'un procédé de lavage intensif dans lequel on vérifie soigneusement au moyen d'indicateurs les traces de soude caustique qui

1. Par exemple l'ACP Deoxidine n° 125 vendue par Imperial Chemical Industries Ltd., Paint Division, Slough, Bucks (Royaume-Uni).
2. Il s'agit généralement d'une couche de phosphate ferreux formé par l'acide phosphorique qui entre dans la composition du produit.

pourraient subsister dans l'eau de lavage. R. M. Organ a mis au point un dispositif à ressort spécial qui permet de maintenir dans l'électrolyse les objets fragiles et profondément fissurés; l'électrolyse a pour effet, dans ce cas, de ressouder les fractures et de manière générale de renforcer l'objet traité (Organ, 1963c).

*Acide chlorhydrique et acétate d'ammonium.
Méthode de Caley*

1. Bain d'acide chlorhydrique. Solution: 100 ml d'acide chlorhydrique concentré (pur pour analyse, densité 1,19) dans 1 litre d'eau distillée désaérée¹. Tremper l'objet dans une quantité d'acide égale à environ 50 fois son volume jusqu'à cessation de l'effervescence (durée de une à deux heures à une nuit). Laisser s'écouler l'acide et tremper l'objet pendant quelques minutes dans 100 fois son volume d'eau distillée *chaude*. Décanter et répéter 2 fois l'opération de lavage.
2. Bain d'acétate d'ammonium. Solution: 100 g d'acétate d'ammonium dans 1 litre d'eau distillée. Tremper l'objet lavé dans environ 25 fois son volume d'une solution chaude d'acétate jusqu'à la disparition complète de toute trace de corrosion à la surface du plomb. Cette opération dure environ une heure et ne doit pas être prolongée au-delà de deux heures à température ambiante. Laver comme suit: tremper l'objet dans environ 100 fois son volume d'eau distillée *froide* fraîchement bouillie pendant dix minutes. Décanter et répéter l'opération 3 fois.
3. Sécher à la température ambiante sans chauffer; si l'on veut accélérer l'opération, immerger dans de l'alcool à 95°.
4. Imprégner de cire ou de vernis (Gettens, 1963).

Autres procédés (Plenderleith, 1966, p. 278-285 et 287-290).

1. Solution d'acide nitrique. L'acide nitrique permet d'effectuer un nettoyage spectaculaire mais trompeur. Le résultat

immédiat paraît excellent mais, au bout de quelques années, même si le lavage a été fait avec le plus grand soin, le plomb acquiert une apparence laiteuse et la méthode n'est plus considérée comme satisfaisante.

2. Solution d'acide acétique. Mêmes observations qu'au paragraphe précédent, sauf que le traitement est encore moins durable.
3. Usage de résines échangeurs d'ions. Les échangeurs de cations (comme l'Amberlite IR-120, le Dowex 50, etc.) permettent de nettoyer à fond une surface de plomb corrodé si l'objet est plongé dans de la résine sur laquelle on verse de l'eau distillée.

L'application rationnelle des méthodes décrites ci-dessus peut donner d'excellents résultats, mais leur emploi irrationnel présente de grands risques. Les personnes qui n'ont pas de bonnes notions de chimie auraient donc avantage à expérimenter ces divers procédés sur des objets métalliques sans valeur avant de les appliquer à des œuvres présentant un intérêt et une valeur sur le plan culturel. Cela leur inspirera confiance et stimulera leur intérêt tout en faisant apparaître clairement les dangers éventuels.

L'auteur exprime l'espoir que le lecteur n'entreprendra pas un travail sérieux avant d'acquérir quelques connaissances, fussent-elles élémentaires, en consultant les ouvrages fondamentaux sur la question où ces procédés sont décrits plus en détail que cela n'a été possible dans le cadre du présent ouvrage.

1. L'eau distillée contient normalement de l'acide carbonique qui a une action corrosive sur le plomb. Pour le traitement des objets en plomb, il faut toujours utiliser de l'eau distillée désaérée. La désaération s'obtient en faisant bouillir vigoureusement l'eau distillée pendant une courte période. L'eau désaérée doit être conservée dans des bouteilles bouchées hermétiquement ou être utilisée immédiatement, car l'eau absorbe aisément le gaz carbonique.

BIBLIOGRAPHIE

- CALEY, E. R. 1955. Coating and incrustations on lead objects from the Agora and the method used for their removal. *Studies in conservation*, n° 2, p. 49-54.
- FARNSWORTH, M. 1940. The use of sodium metaphosphate in cleaning bronzes. *Technical studies in the field of fine arts*, vol. 9, p. 21. Fogg Art Museum, Harvard University.
- GETTENS, R. J. 1963. Mineral alteration products on ancient metal objects. *Recent advances in conservation*, p. 89-92. London, Butterworths.
- GOORIECKX. 1958. Méthode d'examen et de traitement de boucles mérovingiennes en fer damasquinées d'argent. *Bull. Institut royal du patrimoine artistique (Bruxelles)*, I, p. 125.
- JEDRZEJEWSKA, H. Some new experiments in the conservation of ancient bronzes. *Recent advances in conservation*, p. 135-139. London, Butterworths.
- . 1964. The conservation of ancient bronzes. *Studies in conservation*, vol. 9, n° 1, p. 23-31.
- KRAMER, W. 1964. Reinigung mittels Ultraschall. *Restaurierung und Konservierung (Berlin)*, Band I, p. 41.
- ORGAN, R. M. 1955. The washing of treated bronzes. *Museums journal*, vol. 55, p. 112-119.
- . 1961. A new treatment for « bronze disease ». *Museums journal*, vol. 61, p. 54-56.
- . 1963a. Aspect of bronze patina and its treatment. *Studies in conservation*, vol. 8, n° 1, p. 6-8.
- . 1963b. The examination and treatment of bronze antiquities. *Recent advances in conservation*, p. 104-110. London, Butterworths.
- . 1963c. The consolidation of fragile metal objects. *Recent advances in conservation* p. 128-134. London, Butterworths.
- PELIKAN, J. B. 1964. The use of polyphosphate complexes in the conservation of iron and steel objects. *Studies in conservation*, vol. 9, p. 59-66.
- PLENDERLEITH, H. J. 1966. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Paris, Eyrolles.

La préservation des textiles

INTRODUCTION

Les principales caractéristiques d'un tissu sont la résistance et la souplesse. Bien que celles-ci varient selon la nature des fibres et la structure des fils et du tissu, c'est sur elles avant tout qu'on peut se fonder pour apprécier l'état des textiles. Quand les fibres sont détériorées, leur résistance à la tension et leur flexibilité sont amoindries.

Les agents de détérioration les plus communs sont la lumière, l'oxygène et l'humidité, la pollution atmosphérique, les insectes et les micro-organismes. Les mesures de conservation comprennent donc les opérations suivantes :

1. Nettoyage : pour éliminer la saleté et les taches et raviver les couleurs.
2. Stérilisation et protection contre les mites : pour éliminer les causes biologiques de détérioration et de décomposition.
3. Protection contre l'action du milieu : lumière visible ou ultraviolette et impuretés atmosphériques.
4. Renforcement : pour consolider les tissus dont la résistance est amoindrie et pour en arrêter la décomposition.

Tout textile doit être photographié avant d'être soumis à un traitement technique quelconque. Cette règle élémentaire s'oublie facilement quand on est préoccupé de commencer le traitement.

L'enregistrement photographique est important, non seulement parce qu'il met en lumière la nature et l'étendue des

dommages, mais aussi parce qu'il établit la position originelle de fragments qui peuvent n'être tenus en place que par de la colle, de la boue ou un fil isolé que les opérations ultérieures risquent de casser.

IDENTIFICATION DES TEXTILES

L'apparition de tissus faits de substances synthétiques ou reconstituées remonte aux environs de 1890, époque où l'on a commencé à produire des fibres artificielles sur une base commerciale. Il existe déjà des spécimens de tissus de ce genre dans quelques collections de musées et leur nombre ne fera certainement qu'augmenter. A l'heure actuelle, cependant, les textiles conservés dans les musées sont pour la plupart faits de fibres naturelles d'origine animale ou végétale et principalement de laine, de soie, de coton et de lin. On voit parfois des doublures et des toiles de renfort anciennes en chanvre ou en jute. M. Rosenquist a signalé l'emploi de fibres d'ortie dans des tissus trouvés à Oseberg, qui datent des environs de l'an 800 de notre ère.

Il faut connaître la nature des fibres qui composent un tissu avant de le soumettre à un traitement, surtout s'il s'agit en particulier de le détacher. L'examen microscopique est un moyen commode d'identifier des fibres ayant des caractéristiques visuelles bien marquées : on peut se familiariser par la pratique avec leur image grossie en les comparant à des exemples connus. Certains

tests physiques simples permettent de distinguer les fibres animales (protéines) de fibres végétales (cellulose); les fibres animales, par exemple, ne brûlent pas très facilement, mais si on les maintient au contact d'une flamme, elles prennent feu, et en se croquevillant laissent un résidu de carbone, cependant qu'une odeur caractéristique de cheveu brûlé se dégage. Les fibres végétales, au contraire, s'enflamment facilement et donnent une cendre grise.

Un autre procédé simple et qui répond aux besoins courants est celui des « tests de coloration ». Les liquides Shirlastains¹ ont été mis au point pour cet usage: une fibre débarrassée de tout corps étranger et trempée dans le liquide se teinte d'une nuance particulière, et l'on peut alors l'identifier en se reportant à un tableau. Des méthodes chimiques plus perfectionnées permettent d'établir une distinction entre des fibres étroitement apparentées. Une publication du Textile Institute décrit des tests grâce auxquels il est possible d'identifier toutes les fibres qu'on rencontre dans les textiles.

NETTOYAGE DES TEXTILES

Généralités

La surface irrégulière et « poilue » des textiles faits de fibres naturelles les rend particulièrement salissants. La saleté s'introduit dans les innombrables interstices des fils et du tissu et y adhère en raison de la pellicule de graisse qui enveloppe la plupart des impuretés. La quantité de poussière retenue par une fibre dépend en partie de ses caractéristiques physiques, notamment de son diamètre et de la présence de stries, d'écaillés et d'indentations (Wagg, 1959).

La saleté ne nuit pas seulement à l'aspect d'un tissu; elle peut aussi l'endommager, surtout dans les pays où la chaleur et l'humidité tropicales favorisent la propagation des insectes et des innombrables micro-organismes et ultra-micro-organismes

qui attaquent les textiles. Un tissu est plus vulnérable sale que propre; le nettoyage est donc l'une des premières opérations importantes qu'il faut mener à bien en matière de conservation.

Dépoussiérage

Les procédés à employer pour nettoyer un tissu dépendent des fibres qui le composent, de son état et de la nature des impuretés qui le souillent. La poussière et les œufs de mites, n'ayant pas d'enveloppe collante, sont faciles à éliminer; il suffit de brosser ou de secouer le tissu, ou d'utiliser un aspirateur à main. On peut nettoyer un tissu très fragile à l'aspirateur sans risquer de l'endommager si l'on prend soin de le recouvrir d'un filet à mailles fines qui sera maintenu en contact étroit avec la ventouse de l'appareil. On peut aussi tendre un morceau de mousseline sur la ventouse et, si celle-ci est appliquée légèrement sur le tissu fragile, la poussière passera du tissu à la mousseline, qu'il faudra changer de temps en temps. Les tapis, couvertures et autres tissus à poils doivent être brossés dans le sens des poils, vers un aspirateur tenu juste au-dessus de la surface, afin que la poussière extraite ne retombe pas. Il faut se servir de brosses en soies véritables et veiller à ce qu'elles soient toujours blanches.

Lavage

L'eau dissout un plus grand nombre de substances que tout autre liquide et c'est le meilleur solvant des impuretés de type ordinaire. Pour les textiles qui peuvent être mouillés sans dommage, le lavage est donc le procédé de nettoyage le plus simple et le plus efficace. Il faut utiliser de l'eau douce²,

1. Shirlastains A et C pour l'identification des fibres naturelles, Shirley Developments Co. Ltd., Manchester (Royaume-Uni).

2. Un adoucisseur d'eau ou une installation de déminéralisation sont nécessaires dans les régions où l'eau est « dure ». Une eau

qui convient mieux aux fibres textiles et les nettoie plus énergiquement que l'eau contenant des minéraux ou des gaz dissous. L'eau douce fait mousser le savon, tandis que si l'on se sert d'eau dure, des composés de calcium et de magnésium en solution forment avec le savon un précipité insoluble : c'est là un fait d'expérience courante. L'emploi d'un détergent synthétique au lieu de savon permet de pallier les inconvénients que présente l'eau dure.

Les anciens savaient accroître le pouvoir détersif de l'eau en y ajoutant de l'alcali. L'Ancien Testament mentionne l'emploi du nitre, terme qui désignait alors le carbonate de sodium naturel recueilli dans les lacs de natron égyptiens (Jérémie II, 22). L'ammoniaque, étant volatil, est un alcali dont l'usage est tout indiqué pour le lavage des textiles de musée, en particulier quand on remplace le savon par un détergent neutre. Le titre de la solution ne doit pas dépasser 1 % pour les tissus végétaux et 0,4 % pour les tissus faits de fibres animales. Dans le cas de la laine et des autres fibres protéiniques, la température des solutions utilisées ne doit pas être supérieure à celle du sang.

Savons et détergents. Les savons et les détergents synthétiques, que les techniciens désignent sous le nom d'agents mouillants ou tensio-actifs, ont pour effet de réduire la tension superficielle de l'eau qui peut alors se répandre et mieux mouiller le tissu, d'émulsionner les matières grasses, d'envelopper les impuretés et de les maintenir en suspension jusqu'à ce qu'elles soient éliminées par rinçage.

Les détergents non ioniques neutres utilisés à basse température (d'ordinaire à des concentrations de 1 % environ) sont très efficaces, notamment pour laver la laine, ce qui les destine tout particulièrement au lavage des textiles de musée. L'Igéal, le C.A. Extra et le Lissapol N¹, qui sont mentionnés dans le traité de Plenderleith (1966), sont des produits qui ont fait leurs

preuves. Howards B.30², savon liquide fabriqué à partir de l'oléate de potassium et contenant du sextol, est un esprit de savon médicinal qui peut être employé aussi pour le nettoyage à sec. Il est légèrement alcalin et l'on s'en est servi avec succès, en solution aqueuse à 5 %, pour nettoyer de grandes tapisseries.

Les détergents en poudre à usage domestique sont enrichis de nombreux éléments, notamment de blanc optique destiné à donner aux tissus un aspect plus éclatant. Ils ne conviennent pas au lavage des tissus de musées ; mais J. Fusek (1964) a décrit une application ingénieuse et légitime de cette teinture incolore pour la préparation des textiles : les fragments ajoutés aux tapisseries restaurées sont imprégnés d'une solution de blanc optique à 0,01 % (le blanc optique est imperceptible, sauf aux rayons ultraviolets qui révèlent les fragments restaurés).

Équipement. Un bon équipement approprié peut accroître sensiblement la sécurité et l'efficacité des opérations de manipulation et de nettoyage des textiles, et il ne faut pas essayer de traiter un objet fragile précieux sans être convenablement équipé. Il n'est pas nécessaire cependant de disposer d'un matériel compliqué ; c'est une simple question de bon sens. Tout récipient de dimension et de forme convenables peut être utilisé pour le lavage, à condition d'être propre et fait d'une matière appropriée. Un récipient large et peu profond est préférable à un récipient profond. Le métal, sauf l'acier inoxydable, est à éviter. L'émail ne doit pas être écaillé ; la porcelaine et le

modérément « dure » peut être traitée à l'aide d'un phosphate complexe vendu sous le nom de Calgon.

1. L'Igéal est fabriqué par I. G. Farben Industrie, Francfort-sur-le-Main ; le C.A. Extra par la General Dyestuff Corporation, New York ; le Lissapol N, par Imperial Chemical Industries Ltd., London (Royaume-Uni).
2. Fabriqué par Howards Ltd., Ilford, Essex (Royaume-Uni).

polythène sont excellents. Pendant le lavage, les textiles doivent être bien étalés et il faut changer l'eau assez souvent pour empêcher les impuretés en suspension de se déposer à nouveau sur le tissu. Il est recommandé de faire reposer le textile immergé sur un support lisse et perforé, surélevé par rapport au fond du récipient (planche 37). Pendant qu'on presse doucement le tissu, à la main ou avec une grande éponge, pour en extraire la saleté, on fait couler un petit filet d'eau à une extrémité du récipient, de préférence près de la surface, et le liquide est évacué à l'autre extrémité par le fond du récipient, emportant avec lui les impuretés en suspension (Anon., 1956). Le tissu doit être séché assez rapidement: le mieux est de l'exposer à un courant d'air sec et propre. La chaleur rayonnante directe abîme les textiles.

Il est possible de donner un aspect lisse aux objets tissés sur une seule épaisseur, sans les repasser: il suffit de les poser mouillés sur un support poli, tel qu'un morceau de verre à glaces ou une feuille de matière plastique polie. Le passage d'un support à un autre se fait en appliquant le second support sur le tissu, la tête en bas, de manière à prendre celui-ci en sandwich entre les deux supports. Ces derniers sont maintenus fermement en contact et retournés: le support du dessus peut alors être enlevé. Si le textile est mouillé et a tendance à adhérer, on se sert d'une brosse en poil de chameau pour le détacher.

Nettoyage aux solvants

Si un textile ne peut être traité à l'eau, la meilleure solution est de le nettoyer avec un solvant organique, procédé parfois dénommé en anglais «French cleaning» parce qu'il a été utilisé pour la première fois à Paris vers le milieu du XIX^e siècle, bien que le principe en fût connu plus tôt (Anon., 1964). Certains racontent qu'un récipient contenant du pétrole lampant ayant été renversé accidentellement sur une robe, on s'aperçut

que cela l'avait nettoyée. Les avantages du nettoyage au solvant sont les suivants:

1. A la différence de l'eau, le solvant ne ramollit pas les fibres textiles, de sorte que le risque de rétrécissement et de déformation est moindre.
2. Des couleurs qui ne résistent pas à l'eau peuvent rester stables avec un solvant.
3. Les solvants ont une action plus efficace que l'eau sur les graisses.
4. En général, les solvants sont volatils et sèchent vite.

Leurs inconvénients sont les suivants:

1. Coût: tous les solvants utilisés pour le nettoyage à sec sont plus coûteux que l'eau.
2. Inflammabilité: le pétrole et les solvants aromatiques prennent feu facilement. Les solvants au chlorhydrate de carbone ne sont pas inflammables.
3. Toxicité: à des degrés différents, les vapeurs de tous les solvants de nettoyage sont malsaines à respirer.

Pour les textiles de musée, le meilleur solvant chloruré est le perchloroéthylène; le meilleur solvant pétrolier est le white spirit. Le premier agit plus rapidement, il est plus volatil et il enlève des taches que laisse le white spirit. Il a sur les colorants une action un peu plus énergique que le solvant pétrolier et il est sensiblement plus toxique, mais il ne prend pas feu. Si le white spirit est inflammable, à tous autres égards c'est le plus sûr des solvants employés communément pour nettoyer les textiles.

Esprit de savon médicinal

De même que l'eau nettoie mieux quand elle est additionnée de savon, l'action d'un solvant sur la saleté sera plus efficace si on y ajoute un savon de nettoyage à sec ou esprit de savon médicinal, obtenu en mélangeant un détergent et un solvant. Il est particulièrement indiqué d'utiliser le savon à l'oléate de potassium B.30 (Howards) qui contient du sextol (méthyl-

cylo-hexanol), associé au white spirit à des concentrations allant jusqu'à 1 %. L'esprit de savon est fourni sous forme de liquide ou en gelée. Le nettoyage aux solvants a la même action mécanique que le lavage; il est nécessaire de remuer le tissu pour extraire et exprimer la saleté, et le débarrasser des impuretés dissoutes. Le tissu et les objets de cuir mou, comme les gants de chevreau, très tachés par la graisse, sont maintenus sur une surface dure et plate (dans le commerce, on se sert traditionnellement d'une plaque de marbre); une brosse de soies douces, continuellement trempée dans le solvant en solution, est alors appliquée dans un seul sens, en allant du manipulateur vers le bord du tissu. Le white spirit étant moins volatil que la plupart des autres solvants employés pour le nettoyage à sec, il est souhaitable de disposer d'un séchoir pour les objets traités de cette manière.

Blanchiment

Les tissus décolorés par le temps n'ont guère de chance de retrouver leur éclat originel grâce au lavage ordinaire, qui est surtout un procédé mécanique destiné à enlever la saleté. Pour remédier aux ternissages qui ne sont pas dus à la saleté, il faut avoir recours à une opération chimique appelée blanchiment. La mesure dans laquelle il convient d'appliquer ce procédé à des objets anciens est une affaire d'opinion. Les agents de blanchiment les plus couramment utilisés pour les tissus sont des blancs oxydants, c'est-à-dire qui libèrent de l'oxygène, contrairement aux blancs réducteurs qui absorbent l'oxygène des substances sur lesquelles ils agissent. Des divers agents oxydants employés dans la blanchisserie, l'eau oxygénée est en général le plus indiqué comme agent de blanchiment pour les textiles de musées. En perdant son oxygène pendant le blanchiment, elle se change en eau. Il n'y a donc aucun risque d'action chimique ultérieure, et il n'est pas nécessaire non plus d'appliquer un traite-

ment neutralisant à l'hypochlorite de sodium. L'eau oxygénée peut être utilisée à la température ambiante pour toutes les fibres et son effet est permanent.

La force de la solution d'eau oxygénée est indiquée par la quantité de volumes, qui représente la quantité d'oxygène gazeux produit par la décomposition d'un volume de solution. Ainsi, 1 litre d'eau oxygénée à 5 volumes produira 5 litres d'oxygène gazeux. L'addition d'un stabilisant à la solution permet de régulariser le rythme de la décomposition pendant le blanchiment. Le silicate de sodium est un bon stabilisant, qui donne en outre une alcalinité souhaitable. La British Launderers Research Association a mis au point la formule ci-après pour le blanchiment des tissus de soie et de laine dans une solution froide d'eau oxygénée :

4 litres d'eau douce

1 cuillerée à thé de silicate de sodium dissous dans une tasse d'eau douce chaude

250 cm³ d'eau oxygénée à 20 volumes

Cette quantité de solution est destinée à blanchir 1 kg de tissu qui doit être immergé pendant 12 à 16 heures dans la solution et remué de temps à autre. Un bain aussi prolongé n'est pas toujours indiqué pour les tissus anciens dont la résistance est amoindrie; ceux-ci doivent donc être retirés plus tôt, puis séchés, et ensuite on recommencera au besoin l'opération.

M^{lle} Poot, de l'Université technique de Delft, a essayé, sur des tissus de lin et de coton, un intéressant procédé de blanchiment à l'eau oxygénée qui permet d'abrégier la période d'immersion. Le textile est plongé dans de l'eau à une température de 20 °C contenant :

30 % d'eau oxygénée à 5 volumes

2 % de silicate de sodium

0,5 % de carbonate de sodium

0,5 % d'hydroxyde de sodium

Au bout de 5 minutes, le tissu est retiré de la solution, égoutté et tamponné au papier filtre pour éliminer l'humidité, puis enveloppé ou enfermé dans une pellicule

de matière plastique. « Le blanchiment se poursuit dans ces conditions jusqu'à l'obtention du degré voulu de blancheur; le tissu est alors retiré de l'enveloppe de plastique, rincé pendant 2 minutes à l'eau froide et séché à l'air. » (Poot, 1965.) En 2 h. 30, le blanchiment est nettement perceptible; il faut 6 heures pour obtenir le maximum de résultats sans endommager le textile.

La Dyers and Cleaners' Research Organization (Harrogate, Royaume-Uni) a mis au point un procédé de blanchiment associé au nettoyage aux solvants. L'eau oxygénée est mélangée avec du savon de nettoyage à sec et un peu d'ammoniaque, et émulsionnée dans du white spirit. Le tissu immergé dans le solvant absorbera sélectivement la solution oxygénée, qui se décomposera et produira son effet. L'eau oxygénée se décompose beaucoup plus vite dans le white spirit que dans l'eau.

Élimination des taches

Il faut d'abord bien comprendre les limites des résultats qu'on peut raisonnablement espérer obtenir à cet égard en ce qui concerne les textiles de musées. Les taches anciennes peuvent être si solidement fixées dans le tissu qu'il faudrait pour les enlever — en supposant que cela soit possible — un traitement trop énergique. Il est légitime, cependant, d'essayer d'atténuer les taches, parce qu'elles sont d'un aspect déplaisant et peuvent endommager les fibres de façon continue. Le traitement des taches isolées s'appelle le « détachage ». Les taches traitées dans le commerce sont en général d'origine récente, alors que celles des tissus de musées sont d'ordinaire anciennes et difficiles à identifier; de plus, ces tissus sont souvent fragiles. Néanmoins, les techniques scientifiques de détachage sont essentiellement les mêmes dans les deux cas. Si la nature de la tache est connue, même une personne inexpérimentée peut entreprendre de l'éliminer en se conformant aux indications

fournies dans un manuel ou un tableau d'instructions (Moss, 1952; Cohen et Linton, 1961)¹. Il convient de faire des essais sur des objets relativement peu importants jusqu'à ce que la technique soit maîtrisée. Il faut aussi comprendre les principes qui sont à la base des procédés utilisés.

Les substances qui causent les taches disparaissent si elles sont sensibles à l'action d'un solvant. Les réactifs chimiques ne les éliminent pas, mais les modifient de manière à les rendre incolores. On se sert d'enzymes ou de diastases pour ramollir et rendre plus solubles les taches de protéine durcie. Les enzymes sont en général fournis sous forme de spécialités composites, avec un mode d'emploi permettant d'en obtenir le maximum d'effet. La pepsine est une diastase commune; pour l'utiliser, on mêle 1 g de pepsine à 25 cm³ d'eau chaude, où l'on ajoute 2 gouttes d'acide chlorhydrique. Ce mélange est étalé sur la tache et maintenu humide jusqu'à ce que la tache s'amollisse et puisse être éliminée avec de l'eau.

Comme 90 % environ des taches sont solubles dans l'eau, il convient d'avoir recours d'abord à une solution aqueuse lorsqu'on ignore la nature d'une tache. Des quantités égales d'eau et de Howards B.30, ou de Comprox A, (B.P. Detergents Ltd., London), ou de Trioctol (Skilbeck Bros, London), appliquées pendant quelques heures auront souvent pour effet de ramollir la tache au point qu'il suffira d'un rinçage à l'eau pour l'éliminer. On peut obtenir de bons résultats avec un savon en pâte préparé comme suit :

Chauffer un mélange de 40 cm³ d'acide oléique et de 130 cm³ d'eau à 50 °C environ.

Mélanger 7 cm³ d'ammoniaque et 23 cm³ d'eau froide. Ajouter le premier mélange au second en agitant.

1. Voir aussi les brochures publiées par Skilbeck Bros et par la British Launderers Research Association.

Quand la pâte opalescente ainsi formée sera refroidie, l'étendre avec une brosse sur la tache et laisser sécher; puis rincer avec du white spirit. Il est possible aussi d'utiliser de l'eau chaude.

STÉRILISATION ET PROTECTION CONTRE LES MITES

Les textiles peuvent être endommagés par des organismes vivants, y compris en particulier les larves, mites et coléoptères divers qui attaquent la kératine, ainsi que les micro-organismes qui provoquent des moisissures. Ces organismes se développent dans l'obscurité, la chaleur et l'immobilité. L'air stagnant, s'il est très humide, stimule la croissance des moisissures. Une forte humidité est bien plus dangereuse pour les textiles que la sécheresse: elle favorise la décomposition biologique et intensifie l'action destructive de la lumière.

Lutte contre l'humidité

On peut empêcher les moisissures de se développer en maintenant le taux d'humidité de l'atmosphère au-dessous de 70 %, à des températures de 15 à 25 °C. Divers types d'instruments permettent de mesurer l'humidité. Un hygromètre enregistreur, ou hygrographe, indique le taux d'humidité sur un graphique; il existe aussi des thermo-hygrogaphes qui enregistrent à la fois la température et le degré d'humidité.

Dans les pays tropicaux où le taux de l'humidité est constamment au-dessus du « point de moisissure » (Coremans, 1959), le développement de champignons représente un danger constant. La climatisation, qui isole pratiquement les salles de l'atmosphère extérieure et fournit, au moyen de ventilateurs et de filtres, un air débarrassé de ses impuretés dont la température et le degré d'humidité sont convenablement réglés, est le meilleur système qu'on puisse utiliser pour épargner aux textiles tous les risques biologiques et atmosphériques auxquels ils

sont normalement exposés. A défaut, il convient d'accorder une attention particulière à l'aération, à l'élimination de la poussière et de la saleté au moyen d'aspirateurs, et à l'emploi de fongicides et d'insecticides.

Dans des vitrines et des magasins assez étanches, il est possible de réduire l'humidité de l'air en se servant de gel de silice que l'on se procure sous la forme de cristaux « révélateurs »: de couleur bleue lorsqu'ils sont secs, ils virent au rose quand ils sont saturés d'humidité. En vue d'éliminer l'humidité, on sèche les cristaux dans un four à 101 °C; ils reprennent alors leur couleur bleue et peuvent être utilisés de nouveau. L'opération peut se répéter indéfiniment. Des récipients contenant les cristaux sont donc placés dans les espaces clos où l'on désire tirer parti de l'extraordinaire pouvoir d'absorption de cette substance. A Sydney (Australie), dans une atmosphère très humide, W. M. Boustead (1963) a constaté que 3 kg de gel de silice par mètre cube de tiroir contenant des estampes maintiennent le taux d'humidité à 55 %.

Fumigation

Les institutions qui disposent d'une chambre à fumigation et ont l'excellente habitude d'y faire passer, dès leur arrivée, tous les objets qui risquent de s'infester évitent ainsi de créer des dangers de contamination. Parmi les gaz les plus couramment employés on peut citer l'acide cyanhydrique (mortel pour l'homme), le disulfure de carbone (qui forme avec l'air un mélange explosif), l'oxyde d'éthylène, lui aussi inflammable à moins d'être mélangé à de l'anhydride carbonique, et le bromure de méthyle. Le bromure de méthyle (qui bout à 3,6 °C) se présente sous la forme d'un liquide incolore. Il se vaporise facilement à la température normale d'intérieur et il est fortement toxique pour les insectes, à toutes les phases de leur vie, mais il n'est pas pour l'homme un poison d'action

rapide. Comme il n'a aucune odeur décelable, sauf lorsqu'il est extrêmement concentré, on lui ajoute parfois un produit lacrymogène afin d'empêcher toute inhalation accidentelle (Burns-Brown, 1959). Son pouvoir de pénétration est supérieur à celui du cyanure d'hydrogène, et il s'évapore beaucoup plus vite. Certains utilisateurs déclarent qu'il laisse une odeur lorsque les substances soumises à son action contiennent des protéines; cependant, un rapport relatif à des essais faits au laboratoire du Department of Scientific and Industrial Research Pest Infestation signale « qu'aucune odeur attribuable à la fumigation n'a pu être détectée » (Anon., 1966). A la concentration de 200 g par mètre cube d'espace, le bromure de méthyle tue en trois heures les œufs, les larves et les insectes. Comme il est plus lourd que l'air, il doit être introduit dans la chambre de fumigation par le haut et il est bon de le faire circuler au moyen d'un ventilateur intérieur. Un fumigant mis au point plus récemment, le fluorure de sulfuryle (Stewart, 1951; Gallo, 1963), commercialisé sous le nom de Vikane (Dow Chemical Co., Michigan), a des propriétés toxiques et autres comparables à celles du bromure de méthyle, avec un pouvoir de pénétration supérieur.

Mesures de protection

La fumigation élimine les insectes existants, mais n'empêche pas des attaques ultérieures. Les mesures de protection à appliquer sont les suivantes :

Isolation des tissus dans des tiroirs, des placards, des boîtes ou des sacs. Une larve de mite nouvellement éclosée peut passer par une ouverture de 0,1 mm : aussi les emballages de textiles vulnérables doivent-ils être hermétiquement fermés ou scellés. Si l'on utilise des sacs de polyéthylène, il est à craindre que l'humidité ne se condense à l'intérieur, en cas d'abaissement de la température. Il est donc essentiel de débar-

asser les textiles de toute infestation avant de les emballer, car ces conditions sont précisément celles qui favorisent le développement des insectes.

Emploi de produits aromatiques en tant que mesure complémentaire. Selon une tradition, fondée sans aucun doute sur l'expérience, l'odeur de certaines substances éloigne les mites. Les recherches scientifiques montrent que les produits de ce genre agissent par leur toxicité plutôt que par leur caractère répulsif. Les plus puissants sont la naphthaline et le paradichlorobenzène, dont les émanations concentrées tuent les œufs et les larves des mites : des sachets de mousseline remplis de cristaux de paradichlorobenzène et déposés dans les emballages aident donc à protéger les textiles.

Effet sur la mortalité de 10 larves de mites du paradichlorobenzène placé avec des vêtements isolés de différentes manières (Herrick et Griswold, 1931)^a.

| Mode d'isolation | Durée | Larves mortes | Larves vivantes |
|---|----------|---------------|-----------------|
| Dans un placard ordinaire | 8 jours | 1 | 9 |
| Dans un placard sans fissures, à la porte hermétiquement fermée | 8 jours | 9 | 1 |
| Dans un sac de papier mince | 7 jours | 1 | 9 |
| Dans un sac de papier épais | 10 jours | 6 | 4 |
| Dans un sac de papier épais hermétiquement clos | 7 jours | 10 | 0 |

^a. D'après « The mothproofing of wool » (Anon., 1952).

Emploi d'insecticides. C'est le meilleur moyen de protéger les textiles exposés. Des produits chimiques toxiques pour les larves, par contact ou par ingestion (les insectes ne se nourrissent qu'à l'état larvaire), sont mélangés à un support liquide et appliqués sur les textiles par

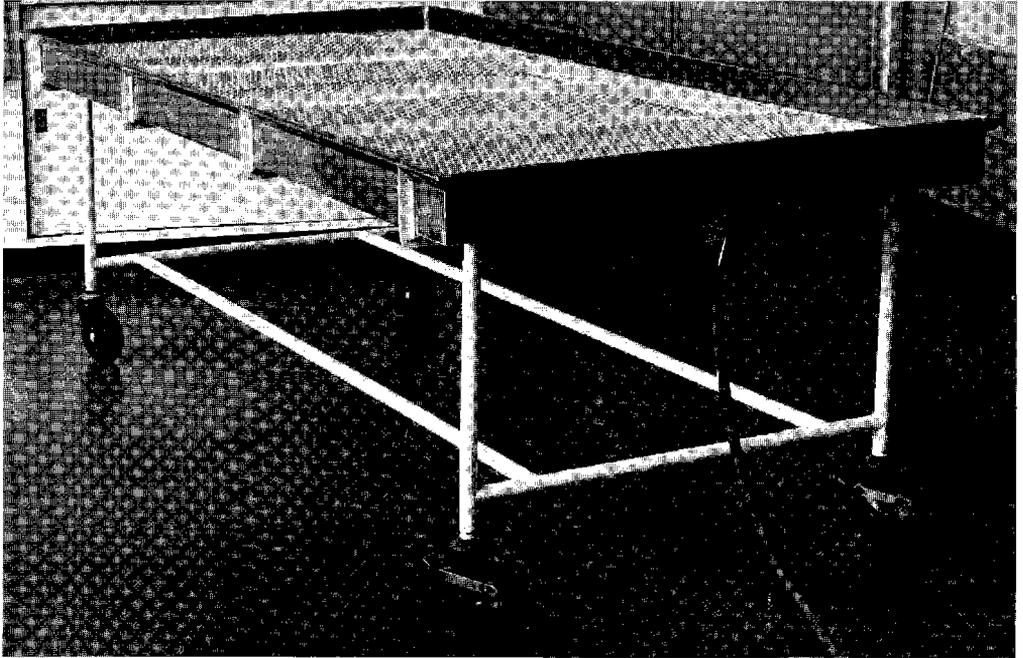


Planche 37

Cuve portable utilisée pour le lavage des textiles. Le tissu immergé repose sur un écran amovible. L'eau pénètre à une extrémité du récipient, près de la surface, et est évacuée à l'autre extrémité par le fond avec les impuretés qu'elle contient en suspension.



Planche 38

Modèle de photomètre : une cellule au sélénium placée à l'intérieur d'une demi-sphère de perspex étanche à l'air permet de mesurer en eux l'éclairement des salles de musées. La correction cosinale est très précise dans ce type d'appareil.

pulvérisation ou immersion. L'efficacité de la protection dépend de la durée de la toxicité et de la façon dont la diffusion du produit est assurée. Les insecticides doivent être employés de telle manière qu'aucune fibre n'échappe au traitement.

Pour protéger les tissus contre les antrènes, qui sont plus résistants que les mites, il est recommandé d'avoir recours à des préparations qui renferment de la dieldrine (Lehmann, 1964), telles que le Schell-tox, insecticide polyvalent contenant 0,5 % de dieldrine et d'autres agents antimites dans un solvant organique.

Les Eulans sont des poisons efficaces contre les larves. Le mot Eulan est une marque déposée: l'Eulan U.33 est utilisé avec de l'eau et l'Eulan BLS avec les solvants anhydres. Ces produits antimites ont pour les fibres de laine une affinité semblable à celle d'une teinture. D. Lehmann (1964) a décrit la façon dont ils sont appliqués sur les textiles dans les musées d'État de Berlin-Ouest, ainsi que l'action inhibitive qu'ils exercent sur la croissance des micro-organismes.

L'un des insecticides les plus utiles pour protéger les textiles, car il est également actif contre les moisissures et les termites, est le Mystox LPLX¹, qui fait partie d'une série de produits protecteurs à base de LPL 100 % (laurate de pentachlorophénol). On l'achète d'ordinaire sous la forme d'une solution à 5 % dans du white spirit; il faut pulvériser abondamment cette solution sur les textiles — en traitant les deux côtés des tissus épais ou doublés — afin que la quantité de Mystox qui se dépose représente 2 % environ du poids du tissu sec.

Le Mystox LSE est une émulsion à employer en solutions aqueuses, qui offre un moyen commode de protéger de façon durable les textiles contre les mites à l'occasion d'un lavage. Pour que le traitement soit efficace, le tissu doit retenir une quantité de Mystox LSE correspondant à 4 % de son poids sec. Compte tenu de la

dilution due à la saturation du textile pendant le lavage, on emploie pour le bain une solution à 5 ou 6 %.

Préparation du bain. Préparer la solution antimite en versant 250 cm³ de Mystox LSE dans 4 litres d'eau. Filtrer l'émulsion à travers une gaze avant qu'elle ne pénètre dans l'eau. Bien mélanger ensuite.

Méthode de traitement. Lorsque le textile a été lavé et rincé, on le plonge dans la solution, que l'on fait pénétrer profondément dans le tissu en pressant et en relâchant celui-ci à la main. Quand le tissu est parfaitement imprégné, on le retire du bain (en le soulevant sur un support perforé) et on laisse, par économie, le liquide en excès s'égoutter dans le bain. Il est préférable d'étendre le tissu horizontalement pour le faire sécher. S'il doit être incliné ou suspendu, il est bon de le retourner une ou deux fois pendant le séchage, afin que l'émulsion soit répartie également.

L'ortho-phénylphénol est un bactéricide et un fongicide efficace. Il est fourni sous la forme de flocons cristallins blancs solubles dans la plupart des solvants organiques (Imperial Chemical Industries Ltd.). A une concentration de 0,5 %, il détruit les bactéries, les spores de champignons et les moisissures superficielles.

PROTECTION DES TEXTILES EXPOSÉS

De tous les agents qui peuvent détériorer les tissus, la lumière est celui qui cause les dégâts les plus généraux, les plus insidieux et les plus irréparables. Parmi les textiles naturels, la soie est celui le plus rapidement affaibli par la lumière et le plus résistant est la laine, mais tous sont vulnérables. Le rythme de détérioration dépend de la nature et de l'intensité de la lumière, du caractère des fibres, des teintures, et de l'humidité de l'air ambiant. La lumière naturelle est plus nocive que les formes ordinaires d'éclairage

1. Catamance Ltd., Welwyn Garden City, Herts. (Royaume-Uni).

artificiel; parmi ces dernières, les tubes fluorescents, qui émettent davantage de rayons ultraviolets, sont plus dangereux que les ampoules à filament de tungstène. En général, ce sont les ondes courtes de la lumière visible et les radiations ultraviolettes qui causent le plus de dégâts. Un important aspect de la question a été exposé par G. Thomson (1961): plus un tissu résiste à l'action de la lumière, plus sa détérioration éventuelle sera due aux rayons ultraviolets plutôt qu'aux radiations visibles. Comme les rayons ultraviolets ne contribuent pas à la visibilité, le mieux est de les éliminer et l'on trouve dans le commerce divers produits qui permettent d'y parvenir. Il s'agit de vernis clairs ou de feuilles de matière plastique contenant des produits chimiques qui absorbent les ultraviolets et jouent ainsi le rôle de filtre lorsqu'on en revêt la surface intérieure des fenêtres ou le verre des vitrines éclairées de l'extérieur. Il existe aussi des manchons de matière plastique dont on peut envelopper les tubes fluorescents. Quel que soit le type de filtre utilisé, il faut veiller à ce que toute la lumière qui frappe l'objet vulnérable passe à travers le filtre. Au bout d'un certain temps, les filtres devront être renouvelés. « On peut compter que la plupart des filtres à rayons ultraviolets — feuilles ou vernis — dureront à peu près autant qu'une peinture sur un mur, c'est-à-dire au moins cinq ans et sans doute davantage sous un soleil intense dans un pays du nord, à condition d'être protégés contre les intempéries par une couche de verre. Mais sous les tropiques, le rayonnement solaire est parfois si violent qu'il détruit les filtres en un temps trop court pour que leur emploi soit économiquement rentable ¹. »

Naturellement, les filtres à rayons ultraviolets ne réduisent en rien ni la décoloration ni les dommages causés par la lumière visible qui sont infiniment plus considérables.

Il est bien entendu impossible de protéger les textiles contre la lumière tout en les exposant à la vue. Jusqu'ici, aucun procédé

permettant d'éclairer les objets sensibles à la lumière sans leur causer de dommages n'a été mis au point, bien que l'on sache que les couleurs passent beaucoup moins en l'absence d'oxygène et d'humidité. Les textiles doivent donc être exposés à la lumière aussi peu que possible, et ils ne devraient jamais être éclairés plus qu'il n'est nécessaire, pour qu'on les voie convenablement. Lorsque l'œil n'a pas été excité auparavant par une lumière plus forte, il peut se contenter d'un éclairage relativement faible. Certains considèrent qu'un éclairage de 300 lux convient aux textiles exposés dans les musées: G. Thomson (1961) recommande un maximum de 50 lux. Il est impossible de fixer arbitrairement les normes à adopter à cet égard, car elles varient en fonction de l'aspect des objets et du cadre dans lequel ils sont présentés.

L'éclairage se mesure au moyen de photomètres, dont il existe différents modèles portatifs. L'un d'eux, qui comprend une cellule photo-électrique au sélénium placée à l'intérieur d'une demi-sphère de perspex étanche à l'air, ce qui assure une bonne correction du cosinus, a été utilisé avec des résultats satisfaisants pour mesurer l'éclairage dans les salles des musées (planche 38).

La lumière solaire directe est nocive; mais, à intensité égale, la lumière du jour cause des dégâts encore plus considérables et les détériorations subies sont encore aggravées lorsque le taux d'humidité relative de l'air est élevé. En vue de protéger les textiles contre les dégradations dues à la lumière, il faut donc s'occuper aussi du milieu atmosphérique, outre les précautions évidentes comme celles qui consistent à munir les fenêtres de persiennes, à intercepter les rayons ultraviolets et à régler les éclairages artificiels.

1. Voir annexe, p. 347.

RENFORCEMENT DES TEXTILES

On peut renforcer les textiles affaiblis en les montant sur un tissu plus résistant, en imprégnant les fibres d'une solution qui formera un support solide et souple, ou en combinant les deux méthodes, le liquide utilisé servant alors aussi d'adhésif pour fixer le tissu affaibli au support.

Montage d'un tissu fragile sur un tissu plus résistant

On peut englober sous cette rubrique les méthodes traditionnelles qui relèvent de la couture aussi bien que les procédés modernes comportant l'emploi d'adhésifs. Il est peu probable qu'on abandonne jamais complètement les travaux à l'aiguille, exécutés selon des méthodes éprouvées. L'expérience a montré, par exemple, qu'on peut obtenir d'excellents résultats en cousant un tissu affaibli sur un tissu de soutien et en consolidant les parties détériorées au moyen de « fils couchés » (c'est-à-dire que les fils brisés ou relâchés sont maintenus en place par des filaments tendus en travers et fixés par quelques points de place en place). En Suède, on renforce habilement les vieux drapeaux en les plaçant entre deux filets de soie, (crêpeline) auxquels on les fixe par des points à des endroits appropriés (Geiger, 1957).

Il n'était pas rare autrefois que des tissus soient collés sur un carton ou une toile au moyen de gélatine ou de colle de pâte. Les résultats étaient médiocres, car la colle rendait le tissu rigide et parfois le tachait. Ce système primitif de renforcement avait néanmoins un effet sensible sur la durée des textiles et il a permis une bonne conservation de certaines pièces.

La mise au point de fibres artificielles et de résines synthétiques a permis d'élaborer des techniques plus perfectionnées pour fixer les textiles affaiblis sur un support. Le système du collage par adhésif présente divers avantages : il assure un contact

étroit avec toute la surface du textile — ce qui est utile lorsqu'il s'agit de tissus très affaiblis — il peut être appliqué à des textiles trop fragiles pour être cousus et il prend relativement peu de temps. De plus, en employant des fibres modernes, on pourra conserver légèreté, force et souplesse à la pièce traitée. Voici l'un des procédés qui peuvent être utilisés : Un filet de nylon très léger, ou de préférence de térylène, est tendu sur un cadre et recouvert de copolymère de caprate et d'acétate de vinyle en émulsion à plastification interne. Bien qu'il s'agisse d'une émulsion aqueuse, la pellicule qu'elle laisse en séchant est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'alcool industriel ¹.

Il importe de recouvrir les fils sans remplir les mailles. On y parviendra en maniant une brosse avec adresse, ou en dirigeant sur le filet un jet d'air de force modérée avant que l'émulsion ne soit sèche, pour que les mailles ne se bouchent pas. Un papier non adhésif, parchemin végétal au silicone par exemple, est étendu sur une table ou une autre surface et recouvert du filet traité et séché. Le tissu à renforcer est alors étalé sur le filet, auquel il adhérera sous l'action d'une chaleur modérée (80 °C). Le mode de chauffage et l'étendue de la surface collée à chaque opération peuvent varier selon la pièce considérée. Un fer électrique à coller suffit pour les petits fragments ; on peut aussi l'appliquer par endroits pour maintenir en place un spécimen de plus grandes dimensions ou pour fixer les bords rapprochés d'une déchirure, avant de coller l'ensemble de la pièce à l'aide d'un fer à repasser. Cette méthode de renforcement par collage à chaud sur filet a été appliquée avec succès aux tapisseries. Dans ce cas, le filet doit naturellement être plus résistant et la pellicule de résine de vinyle plus épaisse. Quand on dispose d'une table à rentoiler les tableaux, l'appareil à faire le vide peut être utilisé pour le collage. La tapisserie est étendue sur la table, face en

1. Voir annexe, p. 342.

bas, et le filet préparé est placé sur l'envers. Le filet est alors recouvert d'une feuille de Melinex (terephthalate de polyéthylène transparent), ses bords sont fixés à la table et l'on fait le vide. Sous l'effet de la pression atmosphérique le filet épouse étroitement les irrégularités de la surface du textile. On scelle ensuite le filet au tissu au moyen d'une source de chaleur radiante placée au-dessus. Certains utilisent à cet effet une lampe à infrarouges; un pistolet à air chaud serait peut-être préférable.

Cette méthode de collage à chaud présente un avantage important: comme aucune substance étrangère n'est introduite dans les fibres ni dans la structure du textile, les couleurs et la texture de celui-ci ne subissent aucune altération.

Renforcement par imprégnation

L'emploi de la technique consistant à renforcer un textile en lui faisant absorber une solution qui l'imprégnera d'une matière solide et souple a été favorisé par la mise au point de diverses résines synthétiques. C'est cependant une méthode dont il faut user avec précaution, car, lorsque la résine s'est infiltrée dans les fibres, il est impossible de l'éliminer complètement: sa détérioration entraînerait donc celle du textile. Néanmoins, l'imprégnation avec une résine synthétique bien choisie est un moyen pratique de conserver des textiles en mauvais état qui se désintègreraient s'ils n'étaient pas consolidés.

La concentration des solutions employées pour renforcer les tissus doit être aussi faible que possible, compte tenu du but à atteindre, afin de conserver au textile le maximum de souplesse et de réduire au strict minimum les modifications d'aspect dues à la résine.

Comme la structure et le degré d'affaiblissement des textiles qu'il est nécessaire de consolider varient, ils ne peuvent pas être tous traités de la même façon. Un produit utilisable pour une toile de lin

grossière peut ne pas convenir à une soie fine. Une liste de certains des composés dont on se sert pour imprégner les tissus affaiblis est donnée ci-dessous. Ils sont employés sous forme de solutions que l'on étend à la brosse ou que l'on pulvérise sur les fibres, ou sous forme de bains où l'on trempe le tissu. Après évaporation des solvants, il reste sur le textile une pellicule transparente et incolore.

Alcool polyvinylique (Rhodoviol BS.125)

Poudre blanche soluble dans l'eau. Concentration: 0,5 à 2 %. Laisse une pellicule modérément flexible, qui devient insoluble au bout de quelques années. (Société des usines chimiques Rhône-Poulenc [SUCRP] Paris.)

Cellulose d'éthyle-hydroxyéthyle (Modocoll E.)

Granulés blanchâtres solubles dans l'eau. M. Geijer¹ a proposé la formule suivante: Modocoll E, 0,15 %; Polyglycol 400, 0,6 %; Bonomold (fongicide), 0,2 %. (SUCRP.)

Butyral polyvinylique (Rhovinal B. 10)

Granulés blanchâtres solubles dans l'alcool éthylique. Concentration: 1 à 5 %. Reste soluble. Bonne flexibilité. (SUCRP.)

Ester polyméthacrylique (Bedacryl 122)

Liquide clair et sirupeux, soluble dans l'essence de térébenthine, l'acétone, etc. Concentration: une partie de Bedacryl pour 3 à 6 parties de solvant. Bonne flexibilité. (Imperial Chemical Industries [ICI].)

Nylon soluble (Maranyl C. 109; Calaton C.A.)

Poudre blanche soluble dans l'alcool industriel dénaturé. Concentration: 5 %. Très flexible. Surface mate une fois sèche. Le nylon est sensible à la lumière solaire. (ICI.)

Emploi de l'agent de renforcement comme adhésif

On utilise parfois une méthode dite « de Ritcher », qui combine les deux techniques décrites ci-dessus, le tissu affaibli étant imprégné d'une résine qui sert également

1. Musée des antiquités nationales de la Suède.

à le coller sur un support. A cet effet, on enduit de résine un tissu léger de nylon ou de térylène qu'on laisse sécher; puis on le recouvre du textile affaibli, sur lequel on applique alors une certaine quantité de solution de résine, qui le sature, le pénètre et ramollit la couche de résine du support, de sorte que les deux tissus adhèrent l'un à l'autre. On peut rendre l'adhérence plus étroite en repassant avec un fer.

Tant qu'on ne disposera pas de produits et de techniques plus efficaces, il faudra avoir recours aux méthodes décrites ici pour consolider les textiles en voie de désintégration. Mais on ne peut savoir comment les matières utilisées se comporteront à la longue; il convient donc de les employer seulement lorsque cela paraît indispensable pour empêcher la destruction d'objets d'une haute importance.

BIBLIOGRAPHIE

- ANON. 1952. *The mothproofing of wool*. London, Scientific and Technical Department of the International Wool Secretariat.
- . 1955. *Laundry chemistry*. London, British Launderers Research Association.
- . 1956. Principles of washing procedures for textiles. *Workshop notes*, n° 14. Washington, The Textile Museum.
- . 1960. *Fumigation with methyl bromide*. London, Her Majesty's Stationery Office.
- . 1961. *Identification of textile materials*, éd. rév. Manchester, The Textile Institute.
- . 1964. Drycleaning. *CIBA review*, n° 1. Bâle (Suisse).
- . *Spotting and stain Removal*. London, Skilbeck Bros. Ltd.
- BOUSTEAD, W. M. 1963. The conservation of works of art in tropical and sub-tropical zones. *Recent advances in conservation*. London, Butterworths.
- BURNS-BROWN, W. 1959. The disinfection of furniture with methyl bromide for control of the bed-bug. *The sanitarian*, juin 1959.
- COHEN, H.; LINTON, G. E. 1961. *Chemistry and textiles for the laundry industry*. New York, Textile Book Publishers, Inc.
- COREMANS, P. 1959. Le laboratoire et sa mission. *L'organisation des musées. Conseils pratiques*. Paris, Unesco. (Musées et Monuments, IX.)
- FRANZEN, A. M. 1964. *Recent work at Pietas and a report on the effectiveness of crepeline*. Document établi à l'intention de la Conférence sur les textiles, tenue à Delft en 1964.
- FUSEK, J. 1964. *The use of optical bleach at the Narodni Galerie, Prague*. Document établi à l'intention de la Conférence sur les textiles, tenue à Delft en 1964.
- GALLO, P. 1963. Problems on the use of insecticides in occupied premises. *Recent advances in conservation*. London, Butterworths.
- GEIGER, A. 1957. The conservation of flags in Sweden. *Studies in conservation*, vol. III, n° 1. Aberdeen University Press.
- LEHMANN, D. 1964. Conservation of textiles in the West Berlin State Museums. *Studies in conservation*, vol. 9, n° 1. Aberdeen University Press.
- LODEWIJKS, J. 1964. *The use of synthetic materials for the conservation and restoration of ancient textiles*. Document établi à l'intention de la Conférence sur les textiles, tenue à Delft en 1964.
- MOSS, E. J. 1952. *Stain removal*. London, Iliffe and Sons.
- PLENDERLEITH, H. J. 1966. Textiles. *La conservation des antiquités et des œuvres d'art*. Paris, Editions Eyrolles.
- POOT, A. A. H. 1964. *Chemical bleaching of ancient textiles*. Document établi à l'intention de la Conférence sur les textiles, tenue à Delft en 1964.
- RICHTER, M. 1962. *Neue Museumskunde (Berlin)*, vol. 5, n° 2, p. 132-190.
- ROSENQUIST, A. N. 1964. Investigations of woollen fibres in the Osberg-find, ca. 850 A.D. Document établi à l'intention de la Conférence sur les textiles, tenue à Delft en 1964.
- RUSSELL J. W.; ABNEY, W. 1888. *Report on the action of light on water colours*. London.

STEWART, D. 1951. Sulphuryl fluoride. *Journal of economic entomology*, vol. 50, n° 1, p. 7-11.

THOMSON, G. 1961. A new look at colour rendering, level of illumination, and protection from ultra-violet radiation in museum

lighting. *Studies in conservation*, vol. 6, n° 2 et 3. Aberdeen University Press.

WAGG, R. E. 1959. The soiling of textile materials. Document établi pour le Clothing Institute, London.

La préservation du cuir, du bois, de l'os, de l'ivoire et des documents d'archives

CUIR

INTRODUCTION

Depuis les temps les plus reculés, les peuples primitifs ont employé les peaux d'animaux à de multiples usages, dont il est facile de constater la diversité en étudiant les collections ethnographiques. Mais les peaux non traitées ne constituent pas un matériau stable: elles sont facilement attaquées par les agents biologiques et très sensibles à l'humidité. On peut, dans une certaine mesure, remédier à ces inconvénients par divers traitements tels que la mégisserie à l'alun (*tawing*) ou à l'huile et le tannage, qui transforment les peaux en cuir. Toutefois, ces traitements ne suppriment pas les défauts inhérents aux peaux; les objets d'intérêt archéologique et les objets de musée en cuir — ou dont certains éléments sont en cuir — restent exposés aux attaques des agents biologiques et sensibles à l'humidité ambiante.

DÉVELOPPEMENT DES MOISSURES SUR LES PEAUX

Dans les collections ethnographiques et les bibliothèques où sont conservés de nombreux objets en cuir, il est extrêmement important de contrôler les conditions atmosphériques, surtout dans certains pays tropicaux, où il faut veiller à ce que le degré hygrométrique ne dépasse pas le seuil

critique de 68 %. Au-delà de ce taux, les moisissures se développent facilement, provoquant l'apparition de taches sur les cuirs et allant même jusqu'à les ronger. Dans les pays où le degré hygrométrique reste élevé durant une bonne partie de l'année, il peut paraître difficile — pour des raisons d'ordre principalement financier — d'assécher suffisamment les locaux; il est alors nécessaire d'avoir recours aux fongicides pour empêcher l'apparition de moisissures. Comme il sera souhaitable d'assurer une protection durable, on devra utiliser les fongicides en concentrations assez élevées et choisir un produit peu volatil et qui ne tache pas les cuirs. Aussi emploiera-t-on de préférence les dérivés du pentachlorophénol, fournis dans le commerce sous le nom de Santobrite, ou le sel sodique de l'ortho-phényl-phénol, mis en vente sous le nom de Topane S, en solution à 2 % dans l'eau ou l'alcool. Il est possible également d'avoir recours à l'ester laurique de pentachlorophénol — dont la préparation commerciale porte le nom de Mystol LP 100 — sous forme de solution dans le white spirit ou la paraffine.

ATTAQUE DES PEAUX PAR LES INSECTES

Dans les pays à climat tropical, des précautions spéciales s'imposent pour protéger les objets en cuir contre les insectes. Il est

essentiel d'assurer la propreté des locaux, car les insectes sont attirés par la saleté. Une inspection régulière et des nettoyages périodiques des objets en cuir sont donc indispensables. Grâce à de telles précautions, on devrait pouvoir déceler l'invasion avant qu'elle ait pris des proportions trop graves. En cas d'attaque limitée, il faut retirer les objets atteints et les soumettre à une pulvérisation d'insecticide en solution, au vaporisateur. On trouve aujourd'hui un grand nombre de bonnes préparations commerciales, mais il convient de les mettre à l'essai avant usage pour s'assurer que la solution ne tache ni n'endommage les cuirs. On évitera d'utiliser des préparations dont la composition est inconnue. Dans bien des cas, il est plus économique et plus sûr de préparer soi-même des solutions insecticides. On peut recommander les deux formules suivantes :

Pyrèthre/DDT en solution

Dissoudre 30 g d'essence de pyrèthre concentré et 30 g de DDT en poudre dans 500 cm³ de distillat inodore de pétrole.

Léthane en solution

Dissoudre 30 g de léthane 384 désodorisé dans 600 cm³ de distillat inodore de pétrole.

En cas d'invasion généralisée, le seul moyen de lutte efficace est la fumigation à base d'acide cyanhydrique, de bromure de méthyle ou de sulfure de carbone. Il sera nécessaire d'utiliser pour cette opération le matériel spécial décrit ci-après dans la partie « Documents d'archive ». Les produits chimiques employés en fumigation n'assurent pas une protection durable, de sorte qu'il est indispensable d'inspecter les locaux dont on a retiré les objets parasités et de les traiter au besoin pour éviter une reprise de l'offensive. Lorsqu'on possède des peaux qui sont sans aucun doute exemptes d'insectes, il est prudent de les placer dans des sacs de polyéthylène hermétiquement fermés, ce qui les protégera contre la poussière en même temps que contre les insectes. A titre de précaution supplémentaire, on peut déposer

dans le sac un récipient perforé contenant une poignée de cristaux de paradichlorobenzène ; mais ces cristaux ne doivent pas entrer en contact direct avec les objets. Certains ont préconisé l'emploi de laques insecticides, c'est-à-dire d'insecticides incorporés à des solutions résiniques appliquées à la brosse ou en pulvérisation, pour protéger les peaux de façon durable. Mais ce procédé ne saurait être recommandé, car les laques donnent au cuir un éclat dur peu esthétique et elles peuvent même l'altérer au bout d'un certain temps. Si l'on juge nécessaire de protéger des peaux contre d'éventuelles attaques d'insectes, on préférera donc aux laques une préparation insecticide à base de cire¹ ce qui permettra en outre de faire briller le cuir en le frottant après avoir appliqué le produit. Il est possible aussi d'incorporer des insecticides dans d'autres cires employées pour le traitement des cuirs.

Nous n'avons pas mentionné, parmi les insecticides, des produits chimiques tels que le chlorure mercurique ou l'arsénite de sodium, qui sont recommandés et employés dans de nombreux pays tropicaux. Ce sont là sans aucun doute des insecticides très efficaces, mais ils ont le grave inconvénient d'être extrêmement toxiques pour l'homme, ce qui oblige à prendre de très grandes précautions pour empêcher tout empoisonnement accidentel. Il est donc préférable d'avoir recours plutôt aux nouveaux insecticides organiques.

TRAITEMENT DES CUIRS CASSANTS

Lorsque des objets de cuir sont exposés pendant longtemps dans un musée où l'atmosphère est sèche (taux d'humidité inférieur à 40 %), ils ont tendance à perdre

1. Mme F. Flieder, du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) a mis au point une cire contenant à la fois un insecticide et un fongicide : il s'agit de la Cire 212, qu'on peut se procurer au Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, 12, rue Buffon, Paris-5^e (France).

leur souplesse et à devenir rigides et cassants. Il faut alors les traiter pour leur rendre leur souplesse, surtout s'il s'agit de reliures (ou d'autres cuirs pliés). En effet, si les charnières d'un livre deviennent dures et friables, la reliure sera bientôt entièrement disloquée. On peut empêcher cette dégradation en traitant le cuir avec un mélange à base de lanoline et de cire: la lanoline pénètre en profondeur dans la peau dont elle lubrifie les fibres, tandis que la cire reste à la surface et consolide le cuir friable — ou même poudreux si la détérioration est avancée. Le mélange doit se présenter sous la forme d'un liquide crémeux, qu'il sera possible d'appliquer sans frotter.

*Produit d'entretien du cuir en usage
au British Museum*

Le British Museum emploie depuis de nombreuses années, un produit qui répond à ces conditions, et dont la composition et le mode de préparation sont les suivants :

Lanoline anhydre, 200 g

Huile de cèdre, 30 ml

Cire d'abeilles, 15 g

Éther de pétrole (P.E. 60-80 °C), 330 ml

On réunit les trois premiers composants dans un récipient qu'on chauffe avec précaution sur une plaque électrique; une fois les ingrédients fondus, on verse rapidement le mélange dans l'éther de pétrole froid et on le laisse refroidir en remuant continuellement jusqu'à ce qu'il ait la forme d'une crème de couleur jaunâtre. Celle-ci étant très inflammable, aucune flamme nue ne doit être tolérée dans la pièce lors de la préparation et de l'utilisation du préservatif. On applique le produit, en quantité modérée à l'aide de tampons de coton hydrophile, en le faisant bien pénétrer dans le cuir. Au bout de deux jours, on fait briller le cuir avec un chiffon doux.

Dans les pays chauds, l'éther de pétrole utilisé par le British Museum pourrait se révéler trop volatil, on pourra alors le remplacer par un éther de pétrole de

P.E. 80 à 100 °C. Il est également possible d'incorporer au mélange décrit ci-dessus du DDT qui jouera le rôle d'insecticide ¹.

Il convient de souligner que si l'application d'un produit d'entretien prolonge la vie du cuir, elle ne le protège nullement contre les détériorations chimiques. Celles-ci sont étudiées plus loin dans la section consacrée aux documents d'archives.

*Entretien du cuir
dans les pays à climat désertique*

Lorsque des fouilles mettent au jour des objets de cuir qui ont séjourné longtemps dans une atmosphère très sèche, on constate qu'ils sont devenus extrêmement rigides et cassants. Il est nécessaire de les assouplir avant de les déplier ou de leur rendre leur forme primitive. On y parvenait en général, autrefois, en les immergeant dans un produit qui est un mélange d'huile et de garance (« Turkey-red oil »). Mais ce procédé n'est pas entièrement satisfaisant et il apparaît aujourd'hui plus simple et plus sûr d'utiliser comme agent d'imprégnation une cire de polyéthylène-glycol. Une variété qui donne de bons résultats est un mélange en parties égales de cire solide 1540 et de polyéthylène-glycol liquide 300; ce mélange a la consistance de la vaseline à la température normale d'intérieur et il fond aux environs de 40 °C. Les fabricants de cires de polyéthylène-glycol le désignent sous le numéro 1500, sauf la maison Mo & Domsjö (Suède) qui le vend sous le numéro 1500/300. Le

1. Le produit d'entretien du cuir en usage au British Museum peut être obtenu chez Hopkins and Williams Ltd., Freshwater Road, Chadwell Heath, Essex (Royaume-Uni). Une préparation analogue est vendue sous le nom de Pliantine par Arthur Rich and Partners Ltd., Unity Works, Belper, Derbyshire (Royaume-Uni). Le *Leaflet n° 318* publié par le U.S. Department of Agriculture, Washington D.C. (États-Unis d'Amérique) contient des indications concernant d'autres préparations dont on peut se servir pour l'entretien du cuir.

traitement consiste à immerger l'objet de cuir friable dans la cire de polyéthylène-glycol à une température de 50 °C. Une fois l'imprégnation achevée — ce qui prend d'ordinaire quelques jours — le cuir est redevenu souple; l'objet est alors retiré du bain de cire fondue, rincé à l'eau pour éliminer l'excédent de cire déposé à la surface et mis à sécher. Il peut ensuite être déplié ou remodelé selon sa forme primitive. Il convient de noter que cette qualité de cire de polyéthylène-glycol est légèrement hygroscopique; par rapport à celui du glycérol, son degré d'hygroscopicité est de 30 % environ. Dans les conditions où se trouvent en général les objets conservés dans les musées, le cuir ainsi traité ne subit

aucune modification; mais, s'il est exposé à l'humidité, il peut devenir légèrement moite. A titre préventif, il convient donc de lui appliquer une préparation à la cire hydrofuge faite d'une cire dure du type polythène dispersée dans une cire microcristalline (formule qui a été recommandée pour le traitement du bois et qui figure à la page 293). Du fait des propriétés de dispersion que possèdent les cires microcristallines, cette préparation est également très pratique pour retirer les saletés incrustées dans le cuir: on en imprègne l'objet à nettoyer en le frottant avec des tampons de coton jusqu'à ce que toute la saleté ait disparu, puis on fait briller avec un chiffon doux.

BOIS

ADHÉSIFS ET AGENTS DE CONSOLIDATION

Les agents qui attaquent le bois ont déjà été étudiés plus haut — aux chapitres 3 et 4 — de façon assez détaillée. Des objets en bois placés dans les conditions atmosphériques propres aux pays tropicaux risquent d'être sérieusement endommagés par les moisissures et les insectes. Aussi le conservateur est-il souvent obligé de traiter des bois, dont certains sont parfois si abîmés qu'ils ont perdu la plus grande partie de leur résistance mécanique. Il lui faut donc déterminer la meilleure méthode à suivre pour les consolider. On peut coller les différents éléments de l'objet détérioré à l'aide d'adhésifs et renforcer le bois attaqué par des insectes en l'imprégnant de certains liquides ainsi qu'en utilisant des matériaux solides pour remplacer les parties rongées.

Une deuxième question, non moins importante, se pose alors: celle des critères qui doivent intervenir dans le choix du produit de traitement. Autrefois, ce choix était limité à différents produits naturels tels

que les colles de peaux, la cire d'abeille et les résines naturelles comme la gomme laque. Aucun d'entre eux ne donnait de résultats absolument satisfaisants, même dans des pays à climat tempéré; et les résultats seraient encore moins bons dans les pays tropicaux. Mais on dispose aujourd'hui de toute une série de produits synthétiques supérieurs, à bien des égards, aux produits naturels. La gamme des nouveaux produits synthétiques auxquels le conservateur peut avoir recours est même si vaste, de nos jours, que son choix risque d'être difficile, d'autant plus que des produits de composition à peu près identique sont souvent mis en vente sous des noms différents, ce qui ajoute encore à la confusion. Il importe donc tout d'abord d'étudier certaines des propriétés fondamentales des produits utilisés comme adhésifs et agents de consolidation, et d'examiner ensuite les facteurs qui détermineront le choix de tel ou tel produit pour un travail donné ¹.

1. Voir aussi l'annexe, p. 342 à 354.

Contraction

Un facteur d'importance capitale en ce qui concerne l'utilisation d'adhésifs et d'agents de consolidation pour conserver des bois anciens et fragiles est la contraction qu'entraîne la solidification d'un adhésif ou d'un agent de consolidation liquide. Si ce retrait est très marqué, il mettra en action des forces contractiles qui risquent de déformer gravement des objets fragiles. La planche 39 montre une méthode simple permettant d'évaluer l'action contractile de certains produits employés comme adhésifs ou agents de consolidation. On verse le produit qu'on veut expérimenter, à l'état liquide, dans une cavité creusée à l'intérieur d'un cadre de contre-plaqué, et on le laisse prendre. Il est ainsi apparu que deux de ces produits — la colle de peau de lapin ordinaire et une résine synthétique, le résorcinol-formaldéhyde — provoquent dès leur solidification de sérieuses déformations, qui s'accroissent avec le temps. Ce phénomène est dû au fait que le produit, en séchant, perd son élément volatil (l'eau) et se contracte, formant un joint dur qui transmet ses poussées au bois, lequel se déforme. La même expérience faite avec un produit appelé « nylon soluble » montre que ce dernier se contracte aussi en séchant par suite de l'évaporation de son solvant (alcool éthylique), mais que les forces contractiles se libèrent à l'intérieur du joint même, qui prend un aspect réticulaire; il n'y a donc pas déformation du bois. Enfin, dans le cas des résines époxydes, la réaction chimique qui se produit lors de la solidification ne dégage pas de produits volatils; aussi n'y a-t-il ni contraction sensible ni, par conséquent, déformation (cette expérience a été faite il y a quatorze ans, et aucun signe n'indique depuis lors que l'échantillon de bois ait tendance à se déformer). On a obtenu des résultats semblables en soumettant aux mêmes essais des résines du type polyester, car celles-ci « prennent » aussi sans retrait appréciable.

Pénétration

Il est donc manifeste que ces deux types de résines synthétiques (résines époxydes et résines polyester) peuvent rendre de grands services en tant qu'adhésifs et agents de consolidation pour les pièces de bois anciennes et fragiles. Elles offrent en outre de nouvelles solutions au problème que posent les bois si gravement endommagés qu'ils doivent être imprégnés d'un produit destiné à leur rendre la résistance mécanique nécessaire pour qu'on puisse les manipuler sans risque. Il est essentiel, pour ce genre de travail, que l'agent de consolidation utilisé puisse pénétrer profondément dans l'objet traité. Les résines synthétiques ont l'inconvénient de ne pouvoir s'employer qu'en solutions assez diluées (10 % au plus), de sorte que plusieurs applications sont nécessaires pour faire pénétrer dans le bois une quantité suffisante de résine. En outre, comme le solvant doit s'évaporer, il est difficile d'être sûr que l'élément consolidant imprègne bien les couches profondes et ne se dépose pas simplement près de la surface. De même, lorsqu'on a recours à des cires fondues comme agents de consolidation du bois, il n'est pas facile d'obtenir une pénétration suffisante en les appliquant simplement à la brosse. On devra donc saturer l'objet en l'immergeant dans un bain de cire fondue, ce qui nécessite un matériel spécial — bacs chauffés à l'électricité, treuil pour déplacer les objets pesants, etc. — et rend le traitement beaucoup plus onéreux (Unesco, 1959, planche 6). D'autre part, les résines époxydes et polyester peuvent être employées sans solvant; elles se présentent alors sous la forme d'un liquide fluide (la résine à laquelle on a ajouté un durcisseur) qui imprègne facilement les pores du bois et s'y solidifie à la température normale d'intérieur. Elles sont donc d'une application facile, de plus, leur action peut être diversifiée de multiples manières, en fonction du genre de travail à exécuter, ce qui constitue un autre avantage très important: c'est ainsi qu'on

peut allonger ou raccourcir considérablement le temps de prise en choisissant un durcisseur et un accélérateur appropriés, modifier les propriétés physiques de la résine solidifiée en y ajoutant un plastifiant ou en remplaçant une résine par une autre et aussi régler à volonté la viscosité du mélange résine-durcisseur avant la prise.

Un exemple d'imprégnation aux résines époxydes

Nous prendrons comme exemple de l'emploi d'une résine époxyde pour consolider un objet de bois fragile le cas d'un masque à double face et à quatre cornes utilisé au cours de la cérémonie appelée *Ikem*, qui a été sculpté vers 1900 par un artiste Ibo d'Oziutem, dans le sud-est du Nigeria (planche 40).

Lorsque ce masque parvint au laboratoire de recherche du British Museum, les insectes en avaient complètement rongé l'intérieur de sorte qu'il ne restait plus qu'une mince couche de bois et que le nez et une oreille étaient presque détachés. On lui rendit sa solidité, sans difficulté, en l'imprégnant du mélange suivant :

Araldite CY 219, 50 parties
Durcisseur HY 219, 25 parties
Accélérateur DY 219, 1 partie
Phtalate de dibutyle, 10 parties

Cette préparation a été employée avec succès depuis lors pour consolider de nombreux objets en bois abîmés. Les résines époxydes et polyester peuvent être non seulement utilisées sous forme liquide pour imprégner le bois, mais aussi mélangées avec des substances inertes en poudre, ce qui leur donne une consistance pâteuse; si l'on ajoute à la pâte ainsi obtenue un durcisseur liquide, elle se solidifiera à la température normale d'intérieur et pourra servir à remplacer les parties manquantes d'objets en bois, car il est facile de la façonner avec les outils normalement employés pour le travail du bois. Ainsi, dans le cas du masque africain mentionné plus haut, les trous et les fissures du bois furent bouchés à l'aide

d'une résine époxyde appelée: Araldite AV 121. On peut aussi avoir recours à une pâte polyester d'un usage commode qui est vendue par la maison Bondaglas de Croydon (Angleterre), sous le nom de Bondafiller.

Les effets de l'humidité sur les adhésifs et les agents de consolidation

Un autre facteur dont on doit tenir compte lorsqu'on s'occupe de réparer des bois dans les pays tropicaux, c'est le fait que les adhésifs et les agents de consolidation sont sensibles tant à une sécheresse qu'à une humidité excessives. En règle générale, les adhésifs à base de produits naturels tels que la colle, l'amidon, etc., résistent moins bien que les colles aux résines synthétiques. Les premiers sont pour la plupart hygroscopiques; cela signifie qu'ils conservent d'assez bonnes propriétés adhésives lorsque le degré hygrométrique est normal, soit environ 50 à 70 %, mais si le degré hygrométrique s'abaisse par trop, le joint aura tendance à se dessécher et à devenir friable, ce qui lui enlèvera ses propriétés adhésives. Inversement, si le taux d'humidité devient trop élevé, le joint aura tendance à absorber l'eau de l'air et à se liquéfier, de sorte qu'il perdra, là encore, ses propriétés adhésives. En revanche, les adhésifs à base de résines synthétiques ne sont en général pas hygroscopiques: ils sont donc moins sensibles aux variations du taux d'humidité. Les résines polyester et époxydes résistent particulièrement bien aux variations atmosphériques; aussi leur emploi est-il vivement recommandé lorsqu'on veut effectuer des réparations de caractère durable dans un pays à climat tropical.

ENDUITS PROTECTEURS

Un autre problème dont le conservateur aura à s'occuper est celui des enduits qu'on applique parfois sur le bois, soit pour protéger une surface friable, soit pour rendre

son brillant à un objet terni. On avait souvent recours, dans le passé, à des huiles siccatives telles que l'huile de lin, ou à des cires comme la cire d'abeille. Les premières présentent l'inconvénient de jaunir en vieillissant — caractéristique que le climat tropical accentue; quant aux secondes, elles rendent souvent la surface du bois légèrement collante, si bien qu'elle aura tendance à retenir la poussière, surtout dans les fissures, créant ainsi de véritables nids où les insectes xylophages déposeront leurs œufs. Dans l'ensemble, les cires peuvent néanmoins être considérées comme de bons enduits protecteurs à condition qu'on ait soin de choisir un mélange qui laisse une pellicule relativement dure et non collante. On peut obtenir un produit de ce genre en utilisant certaines des nouvelles cires synthétiques disponibles aujourd'hui dans le commerce. Une formule qui donne de bons résultats consiste à mélanger une cire microcristalline et une cire de polyéthylène. Il existe plusieurs variétés de ces deux catégories de cire et l'éclat de la pellicule de cire synthétique dépend de la proportion et de la nature des cires employées. La recette de base ci-après s'est en général révélée satisfaisante : faire fondre ensemble 100 g de Cosmolloid 80 Hard (cire microcristalline)¹, 25 g de cire A (cire de polyéthylène)², en remuant bien pour obtenir un mélange parfait³. Verser rapidement le mélange fondu dans 300 ml de white spirit; continuer à remuer pendant que le mélange refroidit, de manière à obtenir une pâte lisse. Cette préparation donne un enduit d'un aspect agréable; en outre, elle élimine les saletés incrustées dans le bois, grâce au pouvoir de dispersion de la cire microcristalline. Dans les pays tropicaux, on peut également y incorporer un insecticide tel que le pentachlorophénate de lauryle, de façon à assurer aux bois cirés une certaine protection contre les insectes. Le pentachlorophénate de lauryle est, en pareil cas, un insecticide de choix: il se dissout en effet facilement dans le white spirit où l'on verse la pâte de cire; d'autre part, son action

protectrice est assez durable car il est relativement peu volatil⁴. Mais on peut aussi avoir recours à un autre insecticide liquide, le Béta-chloronaphthalène⁵.

BOIS GORGÉS D'EAU

Le bois qui séjourne pendant une longue période dans un sol humide subit une forme de décomposition qui résulte de la dégradation biologique de la lignocellulose. Si on l'expose à l'air, l'eau dont il est gorgé s'évapore et le tissu cellulaire, affaibli, s'effondre sous son propre poids, entraînant des contractions et des déformations considérables. On doit donc veiller à ce que les bois gorgés d'eau ne soient pas exposés à l'air plus longtemps qu'il n'est nécessaire: il faut les emballer immédiatement dans des feuilles de polyéthylène jusqu'au moment où ils pourront être traités en laboratoire. L'état physique d'une pièce de bois gorgée d'eau dépend du degré de décomposition atteint. Il varie selon que l'objet a été enterré pendant un temps plus ou moins long et selon le milieu dans lequel il a séjourné; bien souvent, le bois est devenu extrêmement mou et il doit être soulevé et manipulé avec beaucoup de précaution lorsqu'on le retire du sol.

La conservation du bois gorgé d'eau pose un double problème: il faut, d'une part, éliminer l'excédent d'eau par une méthode qui empêche toute contraction ou déformation et, de l'autre, faire pénétrer dans le bois un produit qui le consolidera et lui rendra sa résistance mécanique. De nombreuses méthodes de traitement ont été expéri-

1. Vendue par Astor Boisellier and Laurence, 9 Savory Street, London W.C.2.
2. Vendue par la BASF, Ludwigshaven-am-Rhein (République fédérale d'Allemagne).
3. Voir aussi l'annexe, p. 345.
4. Il est en vente chez Catamance Ltd., Welwyn Garden City, Herts. (Royaume-Uni).
5. Vendu sous le nom de Xylamon par la maison Desowag A.G. de Düsseldorf (République fédérale d'Allemagne).

mentées avec plus ou moins de succès. Celles qui ont suscité le plus d'intérêt et paraissent avoir le plus de chance de se révéler efficaces sont les suivantes :

Traitement des pièces de bois de petite et de moyenne dimensions

Traitement à l'alun. Le traitement à l'alun se fonde sur le fait que l'alun (sulfate d'aluminium et de potassium $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) est un sel beaucoup plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide; en fait, il se dissout dans sa propre eau de cristallisation, à 96 °C. Si l'on remplace l'excédent d'eau retenu dans les pores du bois par une solution chaude d'alun, le liquide se solidifiera donc dans le bois, en se refroidissant et stabilisera le tissu ligneux. En pratique, la pièce de bois doit être plongée dans une solution saturée d'alun maintenue à une température de 92-96 °C et y rester totalement immergée pendant un temps suffisant pour assurer une imprégnation complète. On donne comme moyenne dix heures, mais il faudra compter davantage si le bois est massif ou à maille serrée. Le bois est alors retiré du bain, lavé rapidement à l'eau chaude et mis à refroidir. Le dépôt blanc qui se forme à la surface est enlevé à la brosse après le séchage. Cette méthode est la première qui ait été utilisée pour traiter les bois gorgés d'eau; elle a donné de bons résultats dans l'ensemble, mais elle reste assez brutale et échoue parfois sans qu'on puisse savoir pourquoi. En pareil cas, le dommage est irréparable; c'est pourquoi on préfère souvent, aujourd'hui, avoir recours à des procédés plus modernes.

Traitement à l'alcool-éther. Dans son principe, cette méthode se rapproche beaucoup de celle qu'on applique pour le séchage des échantillons biologiques. La pièce de bois gorgée d'eau est tout d'abord immergée dans des bains successifs d'alcool éthylique (on peut aussi utiliser l'alcool industriel dénaturé) jusqu'à ce que toute l'eau soit

remplacée par de l'alcool (on suit les progrès en mesurant la densité de chaque bain). La pièce de bois est alors plongée dans des bains successifs d'éther (oxyde d'éthyle) produit qui déloge à son tour l'alcool; puis on la sèche très vite en la plaçant dans un récipient où l'on peut faire le vide brusquement de façon à provoquer une volatilisation rapide de l'éther. On a choisi d'employer l'éther parce que sa tension superficielle est très faible (0,17 dyne/cm contre 0,72 dyne/cm dans le cas de l'eau), de sorte qu'au moment de l'évaporation, cette tension ne risque pas d'endommager les tissus ligneux affaiblis.

Au besoin, on peut dissoudre dans le dernier bain d'éther de la résine dammar qui se dépose alors dans les pores du bois qu'elle consolide. Cette méthode a donné d'excellents résultats, mais, en raison de son coût elle est réservée au traitement des pièces relativement petites. D'autre part, l'alcool et l'éther — ce dernier surtout — étant des produits extrêmement inflammables, il convient de prendre les plus grandes précautions contre les risques d'incendie. Une autre considération qui milite contre l'emploi de cette méthode dans les pays tropicaux est le fait que le point d'ébullition de l'éther est peu élevé (35 °C).

Traitement à l'Arigal-C. Il s'agit d'une imprégnation des bois gorgés d'eau par une résine mélamine-formaldéhyde spéciale. On commence par laver la pièce à traiter de façon à éliminer les substances acides retenues dans les pores du bois en décomposition; ensuite on l'immerge dans une solution aqueuse de résine à 25 %¹, où elle restera jusqu'à ce que l'excédent d'eau soit entièrement remplacé par la solution de résine et que l'imprégnation soit complète — ce qui peut prendre de nombreuses semaines dans le cas de pièces de grandes dimensions. On retire alors la pièce du bain, auquel on ajoute un durcisseur

1. Fabriquée sous le nom d'Arigal-C par Ciba Ltd., à Bâle (Suisse). Voir aussi l'annexe, p. 345-346.

spécial (catalyseur), puis on l'y replonge; on place le bac dans un récipient à vide et on réduit la pression à 80 mm de mercure. Au bout de 35 à 40 heures, environ, la résine liquide s'est solidifiée en renforçant le tissu cellulaire, ce qui rend au bois sa résistance mécanique. Les précisions complémentaires sur les résultats obtenus par cette méthode, sont données dans l'ouvrage de H. Müller-Beck et A. Haas (1960), qui l'ont expérimentée sur des spécimens d'objets de bois préhistoriques provenant de fouilles effectuées dans des strabes néolithiques imprégnées d'eau.

Traitement à la cire de polyéthylène-glycol. Les polyéthylènes-glycols sont des substances synthétiques dont la formule générale est: $\text{HOCH}_2(\text{CH}_2\text{OCH}_2)_n\text{CH}_2\text{OH}$. Les premiers termes de la série polymérique sont des liquides, les termes intermédiaires des semi-liquides ayant la consistance de la vaseline, et les derniers termes, ayant un exposant n supérieur à 35, des produits qui ont l'aspect de cires. Ils ont les mêmes propriétés physiques que les cires mais leur solubilité dans l'eau les en distingue. Le produit qui convient au traitement des bois gorgés d'eau est la cire de polyéthylène-glycol 4000, qui est une cire solide de couleur blanche, dure et non hygroscopique, dont la température de fusion est 53-55 °C. Sa fabrication a permis de mettre au point une méthode à la fois sûre et simple, puisque l'élimination de l'eau contenue dans les pores du bois et la consolidation de ce dernier sont assurées grâce à une seule opération (fig. 61). Après avoir nettoyé la pièce gorgée d'eau pour débarrasser sa surface de toute saleté, on la met dans un récipient à couvercle bien ajusté que l'on remplit d'une solution à 12 % de la cire en question à la température normale d'intérieur. On place le récipient dans un four aéré, et l'on élève progressivement la température jusqu'à ce que, au bout de plusieurs semaines, elle atteigne 60 °C. Pendant ce temps, la cire se répand lentement

dans le bois où elle prend la place de l'eau, tandis que la solution qui surnage s'évapore petit à petit par l'interstice entre le récipient et le couvercle, si bien qu'à la fin de l'opération la cire fondue recouvre juste la pièce de bois. On retire alors celle-ci et on la met à refroidir. Lorsqu'elle est froide, on ôte l'excédent de cire déposé à la surface en appliquant à la brosse du toluène chaud. Il importe d'employer un récipient de dimensions telles que la quantité de cire soit plus que suffisante pour recouvrir la pièce de bois à la fin du processus. Les cires de polyéthylène-glycol sont vendues dans le commerce sous différents noms ¹.

Traitement des grandes pièces de bois

Les méthodes de conservation des bois gorgés d'eau qu'on vient de décrire nécessitent un matériel assez compliqué et leur application à de grandes pièces de bois telles que des bateaux ou des barques se révèle souvent même impossible, car la construction d'un récipient de la taille voulue et l'achat des quantités de produits nécessaires coûteraient trop cher. Mais les pièces de ce genre ont en général conservé une certaine résistance mécanique. Aussi est-il possible d'envisager un autre traitement qui n'exigera ni un matériel compliqué, ni de grandes quantités de produits chimiques. Le bois dégagé de sa boue, est immédiatement enveloppé dans des sacs d'emballage humides et placé dans une cave fraîche où on le laissera sécher lentement pendant au moins un an, en humectant les sacs de temps

1. Parmi celles dont l'usage est le plus courant figurent les suivantes:

Carbowax: fabriqué par Union Carbide Corporation, 30 East 42nd Street, New York 17, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

PEG: fabriqué par Shell Chemical Co., 50 West 50th Street, New York 20, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

Polywachs: fabriqué par Farbwerke Hoechst A.G., Frankfurt am Main (République fédérale d'Allemagne).

Modopeg: fabriqué par Mo & Domsjö, Strandvägen 1, Stockholm (Suède).

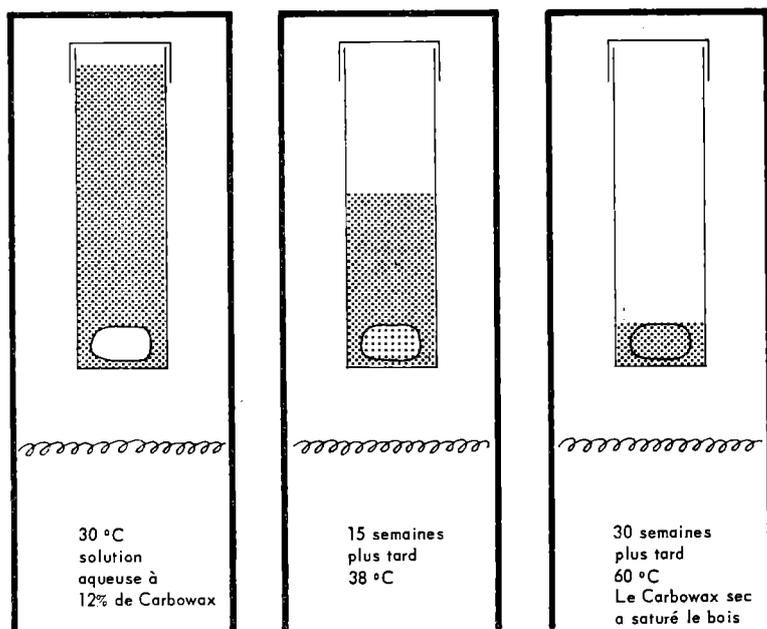


Fig. 61.

Croquis illustrant le traitement du bois gorgé d'eau au Carbowax 4000 (cire au glycol-polyéthylène). La régulation de la lente diffusion de l'eau qui s'échappe du bois se fait en élevant la température du bain d'air chaud.

à autre selon les besoins. Si l'opération s'effectue dans de bonnes conditions, il n'y aura ni gauchissement ni retrait trop marqués, mais seulement une légère contraction de la face externe. Une fois le bois bien sec, on pourra le stabiliser en appliquant à la brosse un produit qui le pénétrera suffisamment pour le consolider. On a utilisé à cet effet, avec de bons résultats, la résine époxy dont la formule donnée à la page 290, à propos de la conservation d'un masque de cérémonie africain. Il s'agit d'un liquide fluide, facilement absorbé par le bois et qui s'y solidifie, à la température normale d'intérieur. On en applique plusieurs couches jusqu'à ce que le bois soit saturé.

PIÈCES DE BOIS PEINTES

La conservation des pièces de bois peintes dont la résistance est affaiblie est compliquée par les précautions à prendre pour éviter d'endommager la surface peinte. En pratique, cela signifie que les agents de solidification utilisés ne doivent pas entrer

en contact direct avec cette surface. Si la peinture est en bon état, il est possible de la protéger temporairement en y fixant du papier de soie au moyen d'un adhésif comme la gélatine ou l'alcool polyvinylique — procédé analogue à celui qu'on emploie pour protéger une peinture sur panneau avant de traiter le panneau. Le revêtement de papier de soie sera retiré après la fin du traitement, qu'il s'agisse de consolider le bois ou de le traiter à l'insecticide.

Protection des surfaces peintes

Si la surface peinte est elle-même friable ou a tendance à s'écailler, on devra bien entendu commencer par la consolider. Il est possible d'avoir recours, à cet effet, à un adhésif, mais il faut tenir compte, pour choisir l'adhésif, de son action contractile et de la dureté du joint produit. Si l'adhésif forme un joint dur et se rétracte en se solidifiant, il mettra en action des forces contractiles qui pourront provoquer ensuite l'écaillage de la peinture. C'est ce qui

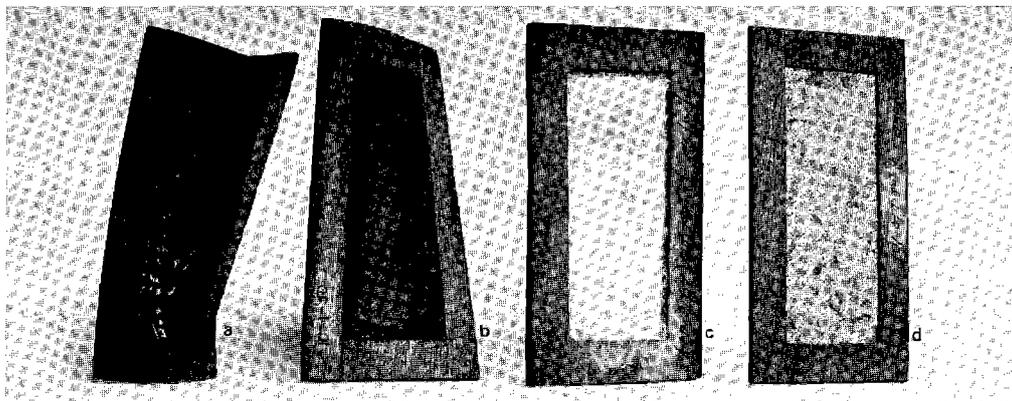


Planche 39

Évaluation de l'action contractile qu'exercent différents types d'adhésifs en séchant. [Photo : British Museum.]

- a* Résorcinol formaldéhyde.
- b* Colle de peau de lapin.
- c* Nylon polymère C 109/P.
- d* Araldite 101 (résine époxyde).



Planche 40

Masque de cérémonie (sud-est du Nigeria) consolidé à l'aide d'une résine époxyde (Araldite). [Photo : British Museum.]

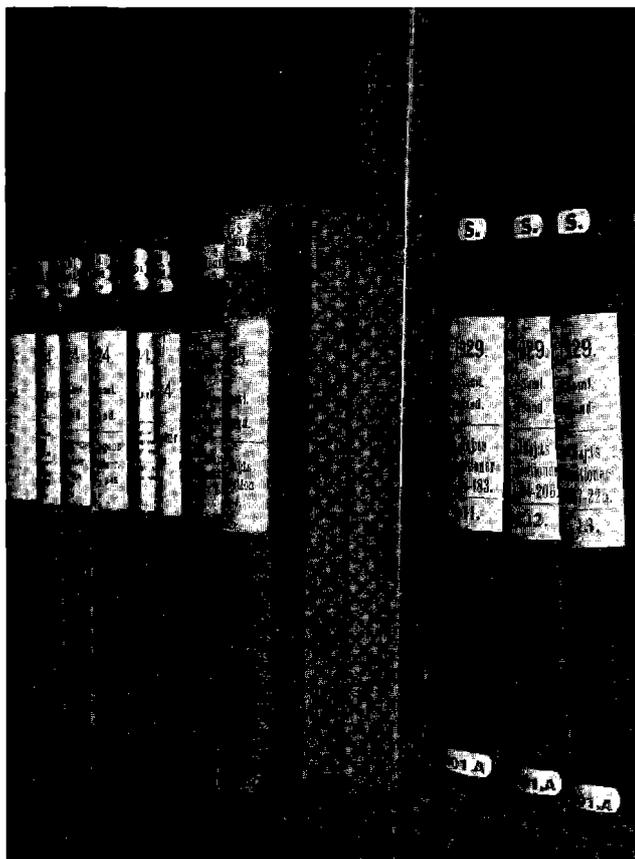


Planche 41

Développement de moisissures sur des livres, par suite de l'humidité de l'air qui stagne dans des rayonnages métalliques sans ventilation. [Photo: British Museum.]

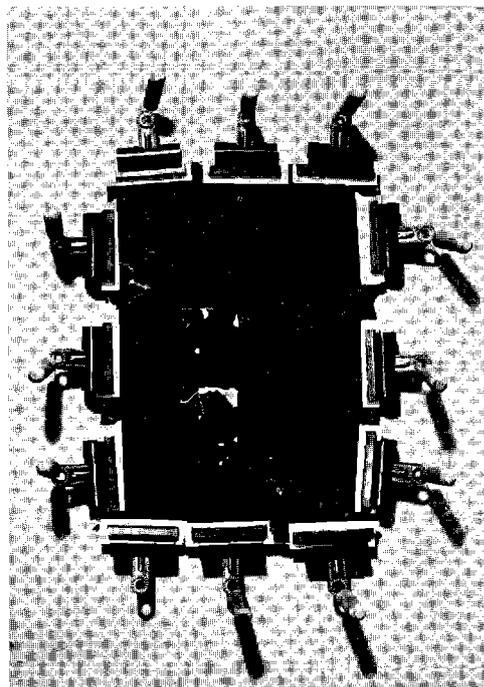


Planche 42

Pour aplatir une feuille de parchemin après l'avoir assouplie dans une atmosphère humide, on la maintient à plat à l'aide de pinces fixées à des chevilles. [Photo: Laboratoire de recherche du British Museum.]

risque de se passer lorsqu'on emploie de la nitrocellulose ou de la gomme laque, produits qui étaient souvent utilisés à cet effet autrefois. Un nouveau produit synthétique qui ne présente pas ces inconvénients donne de bons résultats en matière de consolidation des peintures friables ou qui s'écaillent: c'est le nylon soluble, qu'on obtient en traitant au formaldéhyde du nylon ordinaire¹. Il se présente sous l'aspect d'une poudre blanche qui se dissout dans l'alcool méthylique, l'alcool éthylique ou l'alcool industriel dénaturé et qu'on emploie d'ordinaire en solution à 5 % dans l'un de ces solvants. La solution peut avoir tendance à se gélifier à la température normale d'intérieur, mais il est facile de la reliquéfier en la portant à une température de 40 °C environ.

La pellicule protectrice qui se forme alors à la surface de la peinture friable offre les avantages suivants: d'une part, elle est assez souple pour n'exercer sur la surface peinte aucune force contractile dangereuse et, d'autre part, elle a un aspect mat, de sorte que les parties traitées n'acquiescent pas un éclat fâcheux.

Le nylon soluble possède aussi de bonnes propriétés adhésives et il peut être employé pour fixer une peinture qui s'écaille. Il suffit d'appliquer à la brosse une solution chaude, à 5 %, sur la peinture endommagée, en appuyant légèrement. La solution alcoolique, ayant une tension superficielle très inférieure à celle d'un adhésif aqueux, pénètre facilement sous les parcelles soulevées et les ramène dans leur position originale, formant ainsi un joint solide avec la préparation.

Nettoyage

Le nettoyage des pièces de bois peintes pose souvent lui aussi des problèmes lorsque la saleté s'est incrustée dans le bois. Si la surface peinte est en assez bon état, autrement dit si elle adhère solidement au support et n'est pas friable, on peut enlever la poussière superficielle avec des tampons

de coton hydrophile humectés d'une lotion détergente: la peinture étant d'ordinaire appliquée sur une préparation faite d'une substance blanche inerte (craie ou gypse par exemple) agglutinée à la colle, il faut éviter d'employer des solutions aqueuses qui risqueraient de s'infiltrer dans les fines craquelures de la peinture et de ramollir la préparation — surtout si l'opération n'est pas menée avec précaution. Une lotion détergente qui donne de bons résultats est le Soap B.30, en vente chez Howards, Ilford, Essex (Royaume-Uni); en solution à 2 %, on peut l'utiliser dans le white spirit (succédané de l'essence de térébenthine) ou dans le trichloréthylène, le premier de ces produits étant toutefois préférable s'il y a un risque quelconque que le trichloréthylène dissolve la peinture.

Quand la surface peinte est fragile (c'est-à-dire qu'elle a tendance à s'écailler ou à s'effriter), il arrive qu'on ne puisse la soumettre même aux légers frottements qu'entraîne le nettoyage à l'aide de tampons de coton hydrophile humectés de lotion détergente. L'élimination des saletés incrustées à la surface pose en pareil cas un problème difficile, mais il existe un procédé dont on s'est servi avec succès pour nettoyer des stèles de bois peint égyptiennes. Le produit utilisé est un mastic de silicone appelé *bouncing putty* (« mastic rebondissant ») qui, comme son nom l'indique, à la consistance du mastic et présente une légère viscosité; si on en fait doucement rouler un morceau sur une surface peinte sale, les poussières incrustées se fixent sur le mastic sans que la surface puisse être endommagée. Il ne faut traiter qu'une petite plage à la fois et le mastic devra être malaxé après chaque application de telle façon que la partie utilisée pour le nettoyage soit toujours propre. Quand l'opération est terminée, il convient de consolider la couche picturale friable (de la manière indiquée ci-dessus) avec une solution de nylon.

1. Voir dans l'annexe p. 343, le passage consacré aux adhésifs thermoplastiques.

OS ET IVOIRE

INTRODUCTION

Depuis les temps les plus reculés, l'homme travaille l'os et l'ivoire pour façonner des objets divers; l'os a servi généralement à des fins utilitaires (fabrication d'outils et d'accessoires) alors que l'ivoire était utilisé à des fins décoratives (figurines, plaques et reliefs sculptés).

Les problèmes particuliers que pose la préservation des objets en os et en ivoire tiennent à la structure physique et à la composition chimique de ces matériaux. Premièrement, l'os et l'ivoire sont anisotropes, c'est-à-dire que leurs propriétés diffèrent selon la direction; de ce fait, ils ont par exemple tendance à gauchir lorsqu'ils sont exposés à des changements du degré d'humidité du milieu. Deuxièmement, leur constituant organique — la protéine appelée osséine — se décompose sous l'action prolongée de l'humidité, de sorte que les objets extraits de sols humides sont souvent extrêmement fragiles. En outre, les constituants inorganiques — surtout du phosphate de calcium avec un peu de carbonate et de fluorure de calcium — sont facilement attaqués par les acides. Enfin, l'ivoire et l'os sont des matières poreuses qui se tachent facilement et absorbent vite les sels si elles sont enfouies dans des sols salins. L'état de préservation des objets d'os et d'ivoire découverts lors de fouilles varie donc beaucoup selon la nature du sol où ils se trouvaient. Ainsi, les objets retirés de sols calcaires risquent d'être cassants par suite de la disparition de la matrice organique, ceux qui proviennent d'un sol salin sont parfois très fragiles parce qu'ils ont absorbé les sels solubles tandis que ceux qui proviennent d'un sol humide ont tendance à être mous.

MÉTHODES DE CONSOLIDATION
SUR PLACE

Il arrive que l'objet d'os ou d'ivoire découvert soit en si mauvais état qu'on ne puisse le déplacer sans risquer de l'endommager. Il est alors nécessaire de le consolider afin de lui donner une résistance mécanique suffisante qui permette de le dégager du sol et de le transporter au laboratoire du musée pour traitement complémentaire. Comme ce dernier obligera peut-être à ôter le consolidant temporaire qu'on aura mis sur place, il est essentiel de n'employer pour cette première opération que des substances faciles à dissoudre. Ce sont en général les solutions de résines synthétiques qui sont les plus utiles à ce stade. Si l'objet d'os ou d'ivoire provient d'un milieu relativement sec, il peut être commode d'employer une solution à 10 % d'acétate de polyvinyle dans du toluène. On peut se procurer dans le commerce diverses catégories d'acétate de polyvinyle qui diffèrent par leur degré de polymérisation et donc par leurs propriétés physiques. Pour les travaux de consolidation, la solution est celle dont le degré de polymérisation est d'environ 1200 (voir annexe).

Par contre, si l'os ou l'ivoire provient d'un milieu humide, il faudra employer une émulsion aqueuse d'une résine synthétique (acétate de polyvinyle ou polyméthacrylate). Il existe dans le commerce un grand nombre d'émulsions qu'on peut recommander (elles sont énumérées dans l'annexe). Ces émulsions sont commodes à utiliser dans les pays tropicaux, car on peut les transporter jusqu'au lieu de travail sous forme de concentré qu'on dilue dans l'eau avant l'usage jusqu'à obtention de la consistance requise.

Souignons, car cela est important, qu'il faut toujours employer la plus petite quantité de consolidant nécessaire pour donner à l'objet la résistance mécanique suffisante qui permette de le dégager

du sol sans dommage. Si l'on utilise trop de consolidant, on risque de se heurter ensuite à des difficultés au moment du traitement dans le laboratoire du musée. Ce qu'il faut chercher c'est une consolidation en surface et non pas une imprégnation totale.

TRAITEMENT DE L'OS ET DE L'IVOIRE EN LABORATOIRE

Si l'objet a dû être consolidé sur le terrain la première opération consistera sans doute à ôter la résine synthétique employée à cette fin, de manière à pouvoir appliquer les traitements nécessaires. Si l'on a utilisé les matériaux recommandés plus haut, il sera facile de les ôter en lavant les objets au toluène, qui dissoudra les résines synthétiques.

Le traitement ultérieur en laboratoire dépendra de l'état de conservation de l'objet. Les procédés ordinaires auxquels il faudra probablement recourir peuvent être divisés en plusieurs rubriques.

Élimination de la terre

Si l'objet est recouvert d'une couche de terre qui n'adhère pas fortement, on peut l'ôter en la grattant avec un instrument pointu, par exemple une aiguille à tricoter en matière plastique ou un bâtonnet en bois dont l'extrémité aura été effilée. Dans certains cas, il peut être nécessaire de modifier le procédé en enveloppant le bout de l'outil dans un petit tampon d'ouate humecté d'eau. Après ce nettoyage préliminaire, on peut brosser l'objet avec précaution avec une brosse à dents souple. Durant ce nettoyage par des procédés mécaniques, il faut prendre soin de placer l'objet sur un matériau mou tel que du caoutchouc mousse qui l'aide à supporter les pressions mécaniques qu'il subit. Au besoin, le matériau de soutien peut être enroulé autour de l'objet. D'une manière générale, il ne faut pas utiliser d'instrument

en métal pour ôter la couche de terre, car on risque de rayer l'objet.

Élimination des sels solubles

Si l'objet d'os ou d'ivoire a été trouvé en milieu salin, il sera saturé de sels solubles qui tendront à se cristalliser à la surface et à provoquer la désintégration de l'objet. Dans ce cas, il faut le laver à l'eau distillée pour ôter les sels, en répétant l'opération jusqu'à ce qu'aucune efflorescence saline n'apparaisse plus au séchage. Il importe d'agir avec prudence, car si les objets sont en assez mauvais état, ils risquent de se désintégrer sous l'effet de lavages répétés. Il est donc conseillé de prendre la précaution de consolider l'objet en appliquant à la brosse, avant le lavage, une solution à 5 % de nylon soluble. Cette matière forme une pellicule qui consolide l'objet mais demeure perméable à l'eau et n'empêche donc pas l'élimination des sels solubles par le lavage.

Élimination des sels non solubles

Le traitement des objets d'os et d'ivoire recouverts d'incrustations de carbonate de calcium (chaux) pose un problème difficile. Il est essentiel de recourir à un acide pour dissoudre le carbonate de calcium, mais la décomposition de carbonate de calcium entraîne un dégagement de gaz carbonique et l'effervescence due à ce dégagement peut provoquer la désintégration de l'objet fragile si elle n'est pas contrôlée. On surmonte cette difficulté en procédant par applications locales de l'acide sur de petites superficies à la fois. Il faut donc nettoyer les objets sous un microscope stéréoscopique avec grossissement d'environ 10 fois, en appliquant avec un petit pinceau une solution à 1 % d'acide chlorhydrique. Lorsque l'effervescence du gaz carbonique prend fin, l'excès de liquide est enlevé à l'aide de morceaux de buvard manipulés avec une pince. Il faut prendre soin d'employer la solution acide en quantité juste suffisante pour ramollir les incrustations,

que l'on enlève alors mécaniquement avec une aiguille. On doit ôter toute trace d'acide qui pourrait demeurer en rinçant l'objet dans une série de bains d'eau distillée, puis en le séchant par immersion dans deux ou trois bains successifs d'alcool éthylique ou d'alcool dénaturé industriel.

Parfois aussi l'objet d'ivoire ou d'os peut être incrusté d'un autre genre de sel insoluble: le sulfate de calcium qui, contrairement au carbonate de calcium que l'on trouve plus fréquemment, n'est pas décomposé par les acides. Ces incrustations sont en fait si peu solubles qu'aucune méthode chimique ne permet de les éliminer. Le seul remède consiste à essayer de les enlever mécaniquement au moyen d'instruments de dentiste. Toutefois, cette opération ne peut être entreprise que si l'objet est en bon état et à même de résister aux efforts mécaniques qu'elle requiert.

Consolidation

Si l'objet est sec et poudreux, on peut le consolider directement en l'imprégnant d'une résine synthétique transparente. Des solutions à 5 % environ p/v d'acétate de polyvinyle ou de polyméthacrylate dans du toluène ont donné des résultats satisfaisants. On peut aussi utiliser ces résines sous forme d'émulsions aqueuses. S'il s'agit uniquement d'une imprégnation en surface, les substances susmentionnées peuvent être appliquées à la brosse.

On s'apercevra sans doute que deux couches au moins sont nécessaires: il faut s'assurer toutefois que chaque couche a eu suffisamment le temps de sécher avant d'appliquer la suivante. Quand on procède avec soin, l'objet n'a généralement pas un brillant trop voyant. Si pour des raisons esthétiques il est essentiel d'obtenir une surface extrêmement mate, il est conseillé de consolider l'objet avec une solution à 5 % p/v de nylon soluble dans l'alcool. Cette substance se caractérise par le fini extrêmement mat de la pellicule qu'elle forme.

Si l'objet d'ivoire est dans un état d'extrême fragilité, il conviendra de s'assurer que la matière consolidante a pénétré profondément dans l'objet, de manière à lui donner suffisamment de résistance mécanique. Cela est possible grâce à l'imprégnation sous vide. A cette fin, l'objet est mis dans un récipient contenant l'une des solutions d'imprégnation décrites ci-dessus et placé lui-même à l'intérieur d'une chambre à vide reliée à une trompe à eau du modèle courant de laboratoire. Une fois la pression abaissée au degré voulu dans la chambre à vide, l'air qui se trouvait dans les interstices de l'objet s'échappe et la solution de consolidation pénètre facilement. Lorsque aucune bulle d'air ne se forme plus, on rétablit lentement la pression dans la chambre à vide en ouvrant un robinet. On ôte ensuite l'objet de la solution et on le met à égoutter sur un treillis.

Nettoyage de la surface

Souvent on s'aperçoit qu'un objet d'ivoire finement travaillé est recouvert de poussière incrustée et a donc besoin d'un nettoyage superficiel. Comme l'ivoire est très sensible à l'humidité — surtout s'il est assez ancien — il est conseillé d'éviter les solutions aqueuses de détersif. Il est au contraire beaucoup moins dangereux d'utiliser un détersif soluble dans une substance organique. L'un des détersifs qui peut être ainsi utilisé avec succès pour le nettoyage de la surface des ivoires est le Soap B.30 (voir p. 297). On l'utilise sous forme de solution à 2 % dans du white spirit. On humecte avec cette solution de petits tampons d'ouate dont on se sert pour nettoyer l'ivoire. Après le nettoyage, il faut rincer l'objet dans du white spirit pour ôter les dernières traces de Soap B.30 qui pourraient subsister. Si la saleté est tenace et ne s'en va pas facilement avec la solution, on peut appliquer doucement sur un petit tampon d'ouate un peu de poudre de blanc d'Espagne dont on aura fait une pâte en la mélangeant avec de

l'alcool dénaturé. Ce traitement peut aussi permettre d'éclaircir l'aspect des craquelures et fissures qui n'auront pu être nettoyées entièrement; en effet, des restes de blanc auront tendance à s'accumuler dans les creux qui s'harmoniseront mieux alors avec l'ivoire environnant. Lorsque le nettoyage superficiel est achevé, l'objet d'ivoire doit être essuyé avec un tissu doux et absorbant.

Les objets d'os et d'ivoire ont tendance à prendre une coloration jaune qu'on peut considérer comme une patine naturelle formée avec le temps. Il ne faut pas essayer de blanchir les objets qui ont jauni. Toutefois, l'os et l'ivoire sont des matières poreuses et peuvent être couverts de taches inesthétiques; dans ce cas, on peut juger souhaitable d'essayer de blanchir l'objet pour en améliorer l'aspect. Le meilleur moyen de blanchir les objets d'os et d'ivoire est de les recouvrir uniformément d'une pâte dure composée de blanc d'Espagne et d'eau oxygénée à 20 volumes. On laisse la couche sur l'objet durant quelques heures puis on l'enlève avec un tampon d'ouate imbibé d'eau. On sèche alors immédiatement l'objet avec un chiffon doux. Au besoin, on répète le traitement jusqu'à ce que la tache ait été suffisamment éclaircie.

Réparation des ivoires brisés

L'adhésif que l'on peut recommander pour la réparation des objets d'ivoire brisés est la nitrocellulose qui possède un certain nombre d'avantages; elle s'applique aisément, a des propriétés adhésives sûres, et s'enlève facilement. Ce dernier point est particulièrement important: en effet, il permet d'apporter sans difficulté les ajustements nécessaires en cours de travail. Ce genre d'adhésif est certainement préférable aux adhésifs aqueux tels que la colle ordinaire ou la colle de poisson, qui ne peuvent résister à l'humidité normale des tropiques, ce qui risque de réduire la solidité du joint.

Un autre point à ne pas oublier dans la réparation des objets en os ou en ivoire — surtout s'il s'agit de pièces peu épaisses — est qu'il importe de maintenir pendant que dure la réparation tous les fragments dans les mêmes conditions hygrométriques, pour éviter que certains ne risquent de rétrécir plus que d'autres et ne puissent plus s'ajuster exactement. Les différents morceaux seront donc conservés dans des récipients à l'intérieur desquels on maintiendra une humidité relative constante grâce à un réactif approprié.

DOCUMENTS D'ARCHIVES

INTRODUCTION

Les matières dont sont constitués les documents d'archives (papier, parchemin, feuilles de palmier et écorce de bouleau et aussi cuir et adhésifs utilisés dans la reliure), peuvent subir deux formes principales de détérioration: l'une, d'ordre biologique, est causée par les attaques des insectes et/ou des moisissures, et l'autre est due à des conditions mésologiques défavorables telles que la présence de crasse, de poussières, etc., l'excès de sécheresse ou d'humidité, ou de fortes variations du degré d'humidité

s'alliant à des écarts considérables entre les températures diurnes et nocturnes, comme cela se produit dans certains pays tropicaux. Ces deux formes de détérioration sont d'ailleurs interdépendantes, car l'humidité favorise le développement des moisissures et les dépôts de crasse, de poussières, etc., attirent les insectes.

D'une manière générale, on peut dire qu'il est possible de protéger dans une large mesure les documents d'archives en assurant la propreté des locaux grâce à l'application

de règles très strictes, impliquant des inspections périodiques du matériel exposé ou en réserve et en maintenant dans certaines limites les variations des conditions climatiques.

LUTTE CONTRE LES INSECTES NUISIBLES

Depuis quelques années, on s'est beaucoup préoccupé de mettre au point des méthodes destinées à protéger les documents d'archives contre les insectes, grâce à l'emploi de divers produits. Toutefois, ces insecticides ne doivent être utilisés qu'avec circonspection et il y a lieu de souligner qu'aucun procédé ne permet d'assurer efficacement la destruction de tous les genres d'insectes. Des précisions sur les diverses espèces d'insectes et sur les méthodes de lutte appropriées figurent dans le chapitre 4.

L'étendue de la contamination est un autre facteur à considérer pour déterminer les mesures à adopter. Les insecticides peuvent être utilisés sous la forme soit de gaz ou de vapeurs (par fumigation), soit de solutions insecticides qui peuvent être vaporisées ou appliquées à la brosse.

Fumigations

Lorsque la contamination prend des proportions inquiétantes et qu'elle semble de nature à constituer une menace sans cesse renaissante, il est indispensable d'entreprendre des fumigations à grande échelle dans une pièce spéciale, au moyen de l'un des produits mentionnés au chapitre 4. L'opération ne pourra toutefois être effectuée que par des personnes qualifiées connaissant bien les risques que comporte le maniement des fumigants et les précautions à prendre en conséquence. Le cyanure d'hydrogène et le bromure de méthyle sont des substances extrêmement toxiques pour l'homme : quant à l'oxyde d'éthylène, il forme avec l'air un mélange détonant, de sorte qu'il est normalement fourni mélangé au gaz carbo-

nique ou à des fréons (dérivés fluorés du carbure d'hydrogène), les produits ainsi obtenus étant respectivement désignés dans le commerce sous le nom de Carboxide et de Cryoxide.

S'il ne s'agit que de désinfecter quelques livres, une méthode très simple consiste à les soumettre pendant au moins quinze jours à une fumigation de paradichlorobenzène — en prenant soin toutefois d'éviter que le produit n'entre directement en contact avec les livres. Il faut utiliser environ 1 kg de paradichlorobenzène par mètre cube d'air. On peut aussi appliquer une méthode de fumigation analogue en employant soit du chloroforme, soit un mélange de trois parties de bichlorure d'éthylène pour une partie de tétrachlorure de carbone, à raison d'environ 500 ml par mètre cube d'air. Ces fumigants tuent les insectes et leurs larves, mais les œufs résistent. Il est donc souhaitable de mettre les livres traités en observation pendant au moins un an ; si les insectes réapparaissent, on procédera à une nouvelle fumigation.

Solutions insecticides

On peut aussi se servir des insecticides sous la forme de liquides qui seront appliqués à la brosse ou vaporisés en un léger brouillard au moyen d'un pulvérisateur. Il convient de traiter non seulement les livres et les documents, mais aussi les rayons et les étagères. Les solutions insecticides ci-après donnent de bons résultats :

1. DDT dissous dans du kérosène, à raison de 40 grammes par litre.
2. Léthane 384 (solution d'un thiocyanate aliphatique dans l'essence minérale). Ce produit est dilué dans de l'essence minérale ou du kérosène, à raison de 50 grammes par litre.
3. Dieldrine 15 : préparation commerciale contenant de la dieldrine, fournie par la Shell International Chemical Company.
4. Gammexane (gamma-isomère de l'hexachlorure de benzène « Lindane ») dissous

dans du kérosène à raison de 20 grammes par litre.

5. Shirlan : spécialité à base de salicylanilide. W. J. Plumbe (1964) mentionne un certain nombre de formules de solutions insecticides qui sont utilisées par diverses institutions des pays tropicaux. L'une des principales est une solution de chlorure mercurique dans l'alcool dénaturé, à raison d'une cinquantaine de grammes par litre. Le chlorure mercurique est, sans aucun doute, un insecticide d'une grande efficacité, mais il ne faut pas oublier qu'il est aussi extrêmement toxique pour l'homme, de sorte que l'emploi de telles solutions nécessitent de grandes précautions. En outre, quand les livres ainsi traités sont constamment maniés, le produit risque d'être absorbé par la peau des mains. Il est donc préférable de n'avoir recours au chlorure mercurique comme insecticide que dans des circonstances exceptionnelles et de choisir plutôt l'une des préparations commerciales énumérées ci-dessus.

En appliquant des solutions insecticides, il faut veiller en particulier à les faire pénétrer dans l'espace situé entre la reliure et le dos du livre. Il est à noter, en outre, que ces solutions ne tuent pas nécessairement les œufs, de sorte qu'on doit inspecter périodiquement les livres traités et au besoin répéter l'opération.

Il y a aussi quelques précautions à prendre lorsque les solutions insecticides sont vaporisées. Le brouillard produit doit tout juste humecter les livres et il faut éviter que l'orifice du vaporisateur ne laisse tomber des gouttelettes de liquide.

Pour le traitement des rayons, le plus commode est d'appliquer à la brosse une laque insecticide. Une laque de ce genre, qui s'est montrée efficace dans un certain nombre de bibliothèques et de musées de pays tropicaux, est une préparation commerciale appelée *Insecta-Lac*, dont le principe actif est la dieldrine¹. On peut également se servir du *Xylamon-BN*, dont le principe actif est le chloronaphtalène².

Il faut enduire entièrement les rayons de

ces laques, en prenant soin de recouvrir tous les endroits où des insectes peuvent se loger (fentes, fissures, etc.) ainsi que le dessous des rayons. Le produit pourra être soit étendu avec une brosse douce, soit vaporisé au moyen d'un pulvérisateur ou d'un vaporisateur à aérosol commandé par un poussoir.

On préconise souvent l'emploi de laques ou vernis insecticides pour protéger les reliures en cuir, mais cela exige certaines précautions : ces produits peuvent en effet donner au cuir un lustre déplaisant et lorsqu'ils contiennent de la résine, comme la gomme laque et la colophane, ils risquent de donner naissance avec le temps à des produits acides qui peuvent attaquer le cuir.

Si l'on juge nécessaire de protéger des livres au moyen d'un insecticide, il vaut donc mieux utiliser des préparations à base de cire convenablement choisies, comme le mélange mentionné plus haut d'une cire microcristalline et d'une cire polyéthylénique contenant du pentachlorophénate de lauryle. Une autre substance du même genre est la cire spéciale connue sous le nom de *Cire 212*, dont la formule est due à M^{me} Flieder, du Centre national de la recherche scientifique de Paris. Cette préparation, qui renferme à la fois un insecticide et un fongicide, est livrée en six couleurs (blanc, bleu, marron, noir, rouge, et vert) par le laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle (voir chapitre 3). Après l'avoir appliquée, on pourra faire briller la reliure, ce qui lui donnera un aspect agréable.

-
1. Fabriquée par Sorex, Ltd., 105 Tonbridge Road, Maidstone, Kent (Royaume-Uni).
 2. Fabriquée par Desowag-Deutsche Solvay A.G., 83-85 Bismarckstrasse, Düsseldorf (République fédérale d'Allemagne). Voir aussi les annexes au chapitre 4.

MOISSISSURES

Des champignons ou moisissures tendent à se former sur la couverture des livres et sur les documents lorsque le taux d'humidité relative de l'air dépasse 70 % et que la température se situe entre 18 et 25 °C; la rapidité de leur développement augmente à mesure que l'air devient plus humide. Ces conditions risquent d'être remplies en particulier lorsqu'une mauvaise ventilation favorise la formation de poches d'air humide et stagnant (planche 41). Il est donc évident que les moisissures posent dans toute la zone tropicale humide, un problème embarrassant, dont on devra se préoccuper davantage que dans les régions plus tempérées, où le danger reste intermittent. En outre, les spores de ces micro-organismes restent en suspension dans l'air et peuvent ainsi franchir de grandes distances jusqu'à ce qu'elles trouvent des conditions propices à leur développement.

La croissance des moisissures souvent appelées *mildew* (en anglais) se manifeste par l'apparition, sur la couverture des livres et sur les documents, de taches blanchâtres, qui peuvent prendre par la suite une teinte brunâtre ou verdâtre. Chacun sait que ce phénomène se produit surtout là où les livres sont fortement serrés les uns contre les autres; la petite poche d'air humide et stagnant qui se forme alors entre les volumes favorise en effet le développement des moisissures. Si au contraire on laisse suffisamment d'espace entre les livres placés sur les rayons, la circulation de l'air tend à limiter les dégâts.

De façon générale, on peut avoir recours, pour lutter contre la croissance des moisissures sur les documents d'archives, à deux moyens principaux: *a*) régler le degré hygrométrique; *b*) appliquer un fongicide approprié.

Réglage du degré hygrométrique

Il est évident que la climatisation constitue le meilleur moyen de maintenir la température de l'air entre 21 et 25 °C et le taux d'humidité relative un peu au-dessous de 55 %. Mais l'installation et le fonctionnement de dispositifs complets de climatisation du type classique exigent de grosses dépenses qui peuvent fort bien dépasser les ressources financières de petites bibliothèques. Il est donc nécessaire d'envisager l'emploi de méthodes moins onéreuses permettant d'agir sur le degré d'humidité. Un procédé simple, mais relativement efficace, qu'on peut appliquer pour dessécher l'air à l'intérieur des vitrines contenant des livres et des documents consiste à placer un petit calorifère en bas de la vitrine qui sera ainsi traversée par un courant d'air tiède. On peut aussi installer dans les salles des dispositifs de dessiccation de l'air. Il est facile, par exemple, d'en fabriquer un soi-même en remplissant de gel de silice en cristaux des supports de treillis métallique. On peut considérer que 4 kg de gel de silice suffisent pour dessécher une trentaine de mètres cubes d'air. Lorsque le gel de silice est saturé — ce qu'indique le fait qu'il vire du bleu au rose — il est possible de le réactiver en le chauffant dans un four à 100 °C. Un autre appareil commode est produit par Rotaire Driers Ltd.¹: il s'agit d'un instrument comprenant un rotor en forme de tambour à structure en nid d'abeilles recouvert d'une couche absorbante à laquelle est incorporée une substance desséchante et qui tourne lentement. Un dispositif spécial régénère automatiquement la substance desséchante lorsqu'elle est saturée, ce qui assure le fonctionnement continu du dessiccateur. Il en existe plusieurs modèles de capacités différentes, de sorte que si l'on choisit celui qui correspond au volume d'air à dessécher, il est possible de

1. Broadway Chambers, Ilford, Essex (Royaume-Uni).

maintenir dans un local donné un taux d'humidité constant.

Quel que soit le système de climatisation employé, il est indispensable que le degré d'humidité soit enregistré, afin que toute variation dangereuse de l'état hygrométrique de l'air puisse être dûment signalée. Le meilleur instrument à employer à cette fin est un hydrothermographe, qui enregistre régulièrement le degré d'humidité et le degré de température de l'air. Un autre appareil bien connu est l'hygromètre à cheveu dont il existe de nombreux modèles. Ces instruments présentent de grands avantages : ils sont d'un prix modique, ils indiquent le degré d'humidité relative directement sur une échelle graduée et ils peuvent être placés aux endroits convenables, soit dans des vitrines scellées, soit sur des rayons.

Il convient toutefois de ne pas oublier que ces appareils enregistreurs doivent être périodiquement contrôlés au moyen d'un psychromètre-fronde, instrument dont le fonctionnement repose sur un principe très simple : le degré d'humidité est mesuré directement d'après la différence entre deux températures, celle d'un thermomètre à bulbe mouillé et celle d'un thermomètre à bulbe sec. Des tables hygrométriques fournies avec l'instrument permettent de calculer le degré d'humidité réel. Cet appareil présente en outre l'avantage de pouvoir être employé en différents endroits d'une même pièce, de sorte qu'il est possible d'y déceler éventuellement la présence de poches d'air où l'humidité risquerait de devenir excessive. En fait, il doit être considéré comme indispensable à tous ceux qui s'occupent de la conservation des documents d'archives.

On trouvera dans l'ouvrage intitulé *Climatology and conservation in museums* (Centre de Rome, 1960), d'autres renseignements sur les points ci-dessus et sur les principaux facteurs dont il faut tenir compte pour mesurer et régler le degré hygrométrique. Un autre moyen d'agir sur le taux d'humidité d'une pièce consiste à y installer un radiateur

électrique soufflant qui élèvera la température et fera circuler l'air chaud. Ce procédé a été employé à Ceylan afin d'empêcher que les moisissures ne détériorent les approvisionnements militaires. Dans certaines parties de ce pays, le taux d'humidité relative atteint en effet 90 %, avec une température de 30 °C pendant une grande partie de l'année : en portant la température à 35 °C, on peut ramener le taux d'humidité relative à 70 %.

Fongicides

S'il apparaît impossible, pour des raisons pratiques, de recourir à ces divers procédés en vue de régler l'état hygrométrique de l'air, il faut désinfecter les locaux en vaporisant des fongicides, comme cela est indiqué au chapitre 3. Les documents d'archives attaqués peuvent aussi être traités directement. Deux fongicides qu'on peut utiliser sans inconvénient pour protéger les couvertures de livres et les documents sont le pentachlorophénol et l'*ortho*-phényl-phénol employés en solution diluée (à 5 % environ) dans l'alcool éthylique ou dans l'alcool dénaturé. Il faut appliquer une mince couche de ces solutions et les laisser sécher complètement avant de remettre les livres ou les documents en place. Une autre méthode qui assure une protection plus durable — le fongicide étant moins volatil — consiste à imprégner du papier de soie de sel sodique de pentachlorophénol ou d'*ortho*-phényl-phénol, et à s'en servir pour interfolier les livres ou pour envelopper les documents. On préparera le papier protecteur en le trempant dans une solution aqueuse de ces sels à 10 % et en le laissant ensuite sécher. Le sel sodique de pentachlorophénol, vendu dans le commerce sous le nom de Santobrite¹, et le sel sodique d'*ortho*-phényl-phénol, qui porte le nom commercial de Topane WS². Ce dernier

1. Fabriqué par Monsanto Chemicals Ltd.

2. Fabriqué par la société Imperial Chemical Industries, Ltd.

produit est préférable, car il est plus facile à manier que le Santobrite (poudre sternutatoire irritante) et présente une plus grande stabilité : dans un milieu légèrement alcalin le Santobrite peut en effet se décomposer. Ces papiers fournissent un bon moyen de protéger les documents d'archives contre les moisissures.

Si l'on s'aperçoit que des documents se recouvrent de moisissures, il faut immédiatement les transporter au grand air et en détacher les moisissures à la brosse ; ensuite on procédera à une désinfection de la manière indiquée au chapitre 3.

MÉTHODES PRATIQUES DE TRAITEMENT

Bien que la préparation et la restauration des livres et autres documents d'archives endommagés soulèvent souvent des problèmes que seuls des spécialistes de ce genre de travail peuvent résoudre, il existe un certain nombre de traitements simples qui peuvent être appliqués sans danger par des conservateurs doués d'une certaine habileté manuelle. Nous allons donc décrire rapidement différentes opérations qui peuvent être considérées comme des « soins d'urgence ». Les problèmes les plus courants peuvent être classés sous les rubriques suivantes.

Parchemins cassants

Quand les parchemins conservés dans une atmosphère sèche (taux d'humidité relative de 45 % ou moins, par exemple), ils ont tendance à se gondoler et à durcir. Cependant, il est possible de leur rendre leur souplesse en les exposant à l'humidité. La première chose à faire est de voir si l'encre elle-même est sensible à l'humidité. A cet effet, il suffit de presser un morceau de papier buvard humide sur le texte pendant quelques minutes : si l'encre ne tache pas le buvard, on peut admettre qu'elle résiste à l'humidité. Pour faire perdre sa

rigidité au parchemin, il convient alors de l'entourer de plusieurs couches de papier buvard blanc humide maintenues par deux plaques de verre et de le laisser ainsi pendant quelques heures. L'opération sera répétée, si besoin est, jusqu'à ce que le parchemin ait retrouvé sa souplesse normale. Il importe de ne pas mouiller à l'excès le papier buvard dans l'espoir d'accélérer le processus ; il est plus sûr de n'utiliser qu'un papier buvard légèrement humide et de laisser l'humidification se faire lentement. Si le test décrit ci-dessus montre que l'encre ne résiste pas à l'eau — comme on peut s'y attendre dans le cas de textes écrits avec une encre de carbone instable — les documents ne devront pas être exposés à l'action directe de l'eau : on les suspendra alors au-dessus d'un bac d'eau, à l'intérieur d'un récipient clos, de sorte qu'ils s'assoupliront en absorbant graduellement la vapeur d'eau. Il faut souligner qu'on ne doit pas tenter d'aplanir ou de défroisser des parchemins devenus secs et cassants tant qu'ils n'ont pas été assouplis par l'un des procédés qui viennent d'être décrits, faute de quoi on risque de les détériorer sérieusement : l'encre peut facilement s'écailler, de même que les enluminures, s'il y en a.

Une fois le parchemin assoupli, on peut l'aplatir comme suit : mettre le document sur une feuille de papier buvard sèche, elle-même posée sur une plaque de verre et le recouvrir d'une autre feuille de papier buvard sèche sur laquelle on place une plaque de verre maintenue par un poids.

Il convient de noter qu'on peut également avoir recours aux procédés ci-dessus, en vue d'assouplir le papyrus et l'écorce de bouleau que la sécheresse rend aussi très cassants ; cependant, il faudra manier ces matériaux avec encore plus de soin, car ils ne sont pas aussi résistants que le parchemin et ils ont tendance à devenir très friables à l'état sec.

Réencollage du papier

Quand un papier s'est affaibli parce que des moisissures ont altéré l'encollage, il s'amollit et perd ses qualités caractéristiques. S'il est manié sans précaution, il peut alors se détériorer et se tacher facilement, de sorte qu'il est indispensable de le réencoller. Le procédé le plus commode consiste à enduire le papier, avec une brosse, d'une colle de gélatine qu'on prépare en faisant dissoudre environ 1,5 gramme de gélatine de bonne qualité dans un litre d'eau et à laquelle on ajoute 0,5 gramme d'un fongicide tel que le Topane WS. La meilleure gélatine est celle qui est utilisée en photographie, car elle ne contient aucun produit nuisible à base de soufre. Il est recommandé de préparer la solution juste avant l'emploi, car les moisissures s'y développent très facilement et il serait assez difficile de la conserver pendant un certain temps dans un pays tropical, à moins d'augmenter exagérément sa teneur en fongicide. Si le papier est fin, la solution y sera appliquée légèrement à la brosse; quant aux papiers épais, on peut les plonger dans la solution et les suspendre ensuite pour les faire sécher à l'abri des courants d'air et loin des radiateurs.

Si le papier est devenu trop fragile pour qu'on puisse le manier facilement quand il est mouillé ou si l'on pense que l'encre est peut-être sensible à l'eau, il est possible d'adopter un procédé d'encollage qui évite l'utilisation d'une solution aqueuse. A cet effet, on se servira d'un dérivé du nylon appelé méthyl méthoxynylon qui est soluble dans l'alcool méthylique, éthylique ou dénaturé (alcool méthylique industriel)¹. Pour l'encollage, on emploie une solution à 2 % préparée à l'aide de l'un des dissolvants indiqués ci-dessus, qui est appliquée par pulvérisation ou à la brosse.

Réparation des documents

Élimination des traces de plis. Quand le papier n'est pas trop froissé, il suffit de mouiller

légèrement les plis et de repasser au fer modérément chaud. Si les traces sont au contraire très fortement marquées, on posera le document sur une plaque de verre, on le recouvrira d'une feuille de papier buvard humide et on le laissera sécher lentement. La contraction du papier contre le verre, au moment du séchage, devrait éliminer les plis.

Déchirures. Si les déchirures sont importantes et si des insertions sont nécessaires pour combler des lacunes, le mieux est d'avoir recours à un spécialiste. Cependant, de simples déchirures peuvent être réparées à l'aide de bandes de papier adhésif, à condition que celui-ci soit de bonne qualité. Lorsque ces bandes de papier collant ont fait leur apparition sur le marché, elles se conservaient mal: la pellicule de plastique avait fortement tendance à noircir et à rétrécir, et des « bavures » de colle risquaient de provoquer de graves dégâts. Mais on dispose aujourd'hui de papiers adhésifs beaucoup plus durables, comme le Scotch Magic tape 810², qui est pratiquement invisible parce que la pellicule de plastique reçoit un apprêt qui la rend mate.

On peut aussi, pour réparer des déchirures, se servir de bandes de papier de soie imprégnées d'acétate de polyvinyle qui seront préparées comme suit: diluer une partie d'une émulsion d'un acétate de polyvinyle à plastification interne³ tel que le Texicote VJC 555 avec une partie d'eau, ajouter une partie d'alcool éthylique ou alcool dénaturé, et remuer vivement. Poser une fine feuille de papier de soie sur un support de verre; y appliquer l'émulsion décrite ci-dessus avec un pulvérisateur ou une brosse, faire écouler l'excédent s'il y a lieu et faire sécher sur le verre. Lorsque le

1. Ce produit est fabriqué par la société Imperial Chemical Industries Ltd., sous le nom de Maranyl soluble nylon C109/P-Grade DV 55 ou Calaton CB.

2. Fabriqué par la Minnesota Mining and Manufacturing Co.

3. Voir annexe, p. 343.

papier est complètement sec, le plonger avec son support dans l'eau ; au bout de quelques minutes, on peut le détacher du verre et le suspendre pour le faire sécher. En vue de réparer un document, déchirer dans le papier préparé un morceau de la dimension voulue, le poser sur l'endroit abîmé, le recouvrir d'un papier buvard imprégné de silicone et presser fermement avec un fer modérément chaud : l'adhésif se ramollit et le papier de soie adhère solidement au document.

Nettoyage

On peut parfois effacer les traces de saleté et les taches sur les documents en utilisant avec précaution une gomme à effacer fine et douce ou, mieux encore, une gomme en poudre qui est vendue dans le commerce sous le nom de Draft Clean Powder¹ à l'usage des artistes. On répand une petite quantité de ce produit sur le papier et avec le bout des doigts on frotte les endroits salis. Quand ce procédé ne réussit pas, il faut laver le papier — à condition, bien entendu, que l'encre résiste à l'eau. S'il s'agit d'une encre de carbone instable, il convient donc tout d'abord de la protéger en appliquant soigneusement à la brosse une solution à 5 % du nylon soluble décrit plus haut. Le document à nettoyer est alors posé sur un filet de nylon ou de térylène et trempé dans l'eau froide pendant une heure environ ; puis, sans le retirer, on le transférera dans un bain d'eau très chaude jusqu'au moment où l'on ne verra plus aucune saleté se détacher. Le document sera alors mis à sécher et réencollé comme on l'a indiqué ci-dessus.

Si les taches ne s'en vont pas à l'eau, on peut avoir recours à des solvants organiques comme l'acétone, le tétrachlorure de carbone, etc. Cependant, il conviendra de faire d'abord des essais pour s'assurer que l'encre ne s'altère pas, car certaines encres modernes se dissolvent rapidement dans ces produits.

Blanchiment

Lorsque des taches résistent au lavage normal, il faut utiliser des agents de blanchiment. Les règles générales qu'il importe le plus d'observer en pareil cas sont les suivantes : ces produits ne doivent être employés que sous un contrôle sévère et pendant le minimum de temps nécessaire à l'obtention du résultat cherché ; on devra en outre s'assurer, par des essais, que l'agent de blanchiment n'attaque pas l'encre.

Voici quatre procédés de blanchiment particulièrement recommandés.

Solution d'eau oxygénée dans l'éther. C'est un produit doux qu'on peut utiliser en applications locales pour enlever les taches. La solution se prépare comme suit : mettre des quantités égales d'eau oxygénée (solution à 20 volumes) et d'éther dans une bouteille bouchée à l'émeri, secouer la bouteille, laisser les deux couches immiscibles se séparer. La couche d'éther, qui est au-dessus, contient alors assez d'eau oxygénée pour le blanchiment. On y trempe un tampon d'ouate fixé au bout d'une baguette de bois et on l'applique sur la zone tachée.

Chloramine-T. C'est là encore un produit relativement doux, d'action lente. Il se trouve dans le commerce sous forme d'une fine poudre blanche modérément soluble dans l'eau. Conservé dans une bouteille bien bouchée, il est assez stable ; mais les solutions sont instables et doivent être préparées juste avant l'usage. Il suffit de faire dissoudre 2 grammes de poudre dans 100 cm³ d'eau. En vue d'éliminer de petites taches comme les « piqûres » qui apparaissent sur les vieux papiers, on appliquera la solution à l'aide d'une brosse en poil de chameau ou d'un petit tampon d'ouate, en répétant l'opération jusqu'à ce que le résultat soit satisfaisant. Si le document est très taché, on peut le tremper dans une quantité de

1. Fabriquée par Keuffel and Esser Co.

solution suffisante pour le recouvrir. On surveille soigneusement les progrès du blanchiment, et quand il est assez avancé, on retire le document et on le lave à fond à l'eau courante. On le place ensuite entre deux feuilles de buvard pour enlever l'excès d'eau, puis on le fait sécher entre deux autres feuilles de buvard sous une plaque de verre.

Halaxone. Ce produit est chimiquement semblable à la Chloramine-T et agit doucement lui aussi. La firme Boots Chemicals Ltd., Nottingham (Angleterre), le fournit sous forme de tablettes d'un usage commode : on obtiendra une solution suffisamment concentrée en en faisant dissoudre cinq tablettes dans 100 cm³ d'eau. Le mode d'emploi est le même que pour la Chloramine-T.

Chlorite de sodium (dioxyde de chlore). Ce produit, très efficace, agit plus vite que la Chloramine-T. Étant donné la mauvaise odeur du dioxyde de chlore, gaz qui est l'agent de blanchiment, l'opération doit toutefois se faire dans une chambre à fumigation. La solution se prépare en ajoutant 25 cm³ de formaline (solution de formaldéhyde à 40 %) à un litre d'une solution aqueuse de chlorite de sodium à 2 % dans un bac émaillé de dimensions suffisantes, comme ceux dont se servent les photographes. Au bout de quelques minutes, la solution jaunit du fait de la formation de dioxyde de chlore. Le document, placé sur un filet rigide de nylon ou de térylène, est trempé dans la solution jusqu'à ce que les taches disparaissent. Le temps nécessaire dépend de la nature des taches ; en général, un quart d'heure suffit, mais, dans des cas exceptionnels, on peut sans risque prolonger l'opération, car on sait que le dioxyde de chlore n'a aucun effet sur la cellulose. La concentration indiquée peut être au besoin renforcée ou affaiblie. Quand le blanchiment est terminé, on peut rincer rapidement le document puis le faire sécher suivant la méthode habituelle. Il est inutile

de le laver longtemps, car il n'y reste aucune trace de l'agent de blanchiment.

Élimination de l'acidité

La présence d'impuretés acides dans le papier rend celui-ci friable par dégradation de la cellulose et ce processus insidieux de dégradation se poursuit tant que l'on n'a pas traité le papier pour en enlever les impuretés acides. Barrow a mis au point une méthode simple et pratique. Le document est tout d'abord immergé dans une solution saturée d'hydroxyde de calcium (eau de chaux) qui neutralise l'acide. Afin d'éliminer tout excès d'hydroxyde de calcium, on le place ensuite dans une solution diluée (à environ 0,15 %) de bicarbonate de calcium, que l'on prépare en faisant passer du gaz carbonique à travers de l'eau contenant en suspension du carbonate de calcium. Pendant leur immersion dans ces deux solutions, les documents doivent avoir pour support un filet solide en nylon ou en térylène, de façon à pouvoir être manipulés sans danger. D'autre part, il n'est pas possible d'utiliser ce procédé avec des documents dont l'encre ne résiste pas à l'eau. Dans les cas de ce genre, il faut avoir recours à la méthode suivante : préparer une solution diluée d'hydroxyde de baryum dans de l'alcool méthylique en faisant dissoudre 18,6 grammes d'hydroxyde de baryum hydraté sous forme cristalline (BaOH)₂.8H₂O dans un litre d'alcool méthylique et plonger le document à traiter dans cette solution qui neutralise les impuretés acides. On suspend ensuite le document pour le laisser sécher à l'air et le gaz carbonique de l'atmosphère transforme alors tout l'excès éventuel d'hydroxyde de baryum en carbonate de baryum qui se dépose dans les fibres du papier. A propos de la détérioration du papier par de petites quantités d'impuretés acides, il convient de noter que les documents doivent toujours être montés sur des cartons de bonne qualité et non acides, sinon les impuretés acides du support

risquent de passer dans le papier. Ajoutons que cette migration, qui peut se produire même dans un pays tempéré, est favorisée par les climats tropicaux.

Lamination des documents fragiles

Ce procédé permet de consolider les documents qui sont devenus fragiles et cassants, en les plaçant entre deux feuilles d'une substance protectrice transparente. Selon la méthode classique dite « à la soie » (*silking*), on fixe des deux côtés du papier une fine soie à larges mailles au moyen d'un adhésif comme la pâte d'amidon ou la dextrine. Dans un pays à climat tropical, cette technique présente des inconvénients, car la soie peut se détériorer avec le temps et l'adhésif peut se couvrir de moisissures si les conditions d'emmagasinage des documents ne sont pas soigneusement surveillées.

Des méthodes comportant l'emploi, comme matière protectrice, de pellicules de plastique ont été introduites récemment : elles présentent des avantages, sous les climats tropicaux, parce que ces produits sont plus stables. Cependant beaucoup d'entre elles — y compris le procédé bien connu de Barrow — impliquent l'utilisation d'un matériel complexe et onéreux et ne peuvent être appliquées que dans des ateliers bien équipés. Toutefois une technique de lamination qui offre un intérêt particulier du fait qu'elle n'exige pas l'emploi d'un matériel onéreux a été mise au point par les Archives nationales de l'Inde. En voici la description. On recouvre un côté du papier d'une pellicule d'acétate de cellulose sur laquelle on pose une feuille de papier de soie. On frotte ensuite la surface, en appuyant légèrement avec un tampon d'ouate imbibé d'acétone. L'acétone agit comme un solvant sur la feuille d'acétate de cellulose, qui s'amollit juste assez pour que le papier de soie adhère solidement au document. Celui-ci est ensuite retourné et l'on répète l'opération de l'autre côté. En raison de sa simplicité, ce procédé convient

très bien aux petits ateliers de caractère artisanal. Il faut cependant prendre garde à deux choses : la vapeur d'acétone est assez toxique et le mélange d'air et de vapeur d'acétone peut devenir explosif. Cette méthode de lamination ne doit être employée que dans une pièce bien ventilée où ne se trouve aucune flamme nue.

Un autre procédé qui mérite aussi d'être mentionné parce qu'il est d'un emploi facile et ne demande qu'un matériel simple a été mis au point par Morane Plastic Co. Ltd., d'Ashford, Middlesex (Royaume-Uni). Cette société fabrique des feuilles de plastique à base de triacétate de cellulose qui ont un apprêt semi-mat et peuvent servir à la lamination des documents d'archives. La méthode consiste à placer le document entre deux feuilles de matière plastique et à presser à une température de 80 °C environ. Une légère pression suffit pour que la pellicule soit fixée solidement au document : il est facile d'employer à cet effet soit une presse photographique ordinaire à sec, soit simplement un fer électrique chaud que l'on passe à la main sur la feuille de plastique.

BIBLIOGRAPHIE

- CENTRE INTERNATIONAL D'ÉTUDES POUR LA CONSERVATION ET LA RESTAURATION DES BIENS CULTURELS. 1960. *Climatology and conservation in museums*. Roma, le Centre. Publié également dans *Museum*, vol. XIII, n° 4, 1960.
- MÜLLER-BECK, H.; HAAS, A. 1960. *Studies in conservation*, vol. 5, n° 150.
- PLUMBE, W. J. 1964. *The preservation of books in tropical and sub-tropical countries*. London, Oxford University Press.
- UNESCO. 1959. *L'organisation des musées. Conseils pratiques*. Paris, Unesco. 202 p. + 44 pl. (Musées et monuments, IX.)

Éclairage, climatisation, présentation, mise en réserves, manutention et emballage

INTRODUCTION

Nous avons vu dans les chapitres précédents quels étaient les principaux facteurs d'altération et les méthodes de remise en état des objets endommagés en raison de mauvaises conditions ambiantes ou d'erreurs de traitement. Nous verrons dans le présent chapitre tout ce qui a trait à la conservation proprement dite, c'est-à-dire les méthodes de présentation, de mise en réserves et de manutention propres à arrêter la détérioration, car on ne peut pas considérer comme acquis que tous les objets auront été traités selon les méthodes décrites dans le présent manuel; rares en effet sont les musées qui disposent d'un personnel suffisant pour maintenir leurs collections en parfait état.

La conservation des objets dans les musées des régions tropicales relève, en principe, des mêmes méthodes que dans les climats tempérés, du moins en ce qui concerne les objets eux-mêmes. La seule différence est que la luminosité, la température, l'humidité et les autres facteurs ambiants peuvent, si l'on n'intervient pas, dépasser les limites dans lesquelles il demeure possible d'assurer une bonne conservation.

La zone tropicale tout entière se caractérise en particulier par une luminosité plus forte et, souvent, par une combinaison de températures élevées et de très grande humidité qui favorise la formation rapide de moisissures.

Les différents facteurs énumérés dans le titre du présent chapitre sont tous, sur le

plan de la conservation des objets, en corrélation étroite. Le musée doit concilier, d'une part, ses fonctions normales, à savoir, en premier lieu, l'exposition et, en second lieu, l'entreposage, avec accès à un matériel de recherche et de moindre importance et, d'autre part, une action préventive contre la détérioration de ces objets. La lumière est indispensable à la vision des objets, mais elle est de nature à les altérer gravement (aussi lui consacrerons-nous un exposé détaillé dans les pages qui suivent). Il faut assurer le confort du visiteur, au risque de contrevenir parfois aux principes de la conservation. Cependant, la première considération devant être la sauvegarde des objets, il convient de rappeler ici quelques-unes des principales causes d'altération et de voir dans quelle mesure elles affectent les musées tropicaux.

Le chapitre 2 indique les divers types de climats tropicaux. Il nous suffira, pour le moment, de retenir deux grandes catégories: le climat chaud et sec, et le climat chaud et humide, en les complétant par un type intermédiaire (celui de mousson), caractérisé par une alternance de saisons sèches et humides.

Les principaux facteurs d'altération des objets exposés ou entreposés dans les musées sont les suivants:

1. La lumière.
2. Les conditions atmosphériques défavorables: *a*) contamination par des particules solides; *b*) humidité relative (trop élevée, trop basse, ou sujette à de

- trop grandes variations; température, en tant que facteur indépendant de l'humidité relative).
3. Les facteurs biologiques: *a*) formations végétales; *b*) insectes nuisibles.

LA LUMIÈRE ET SON ACTION SUR LES OBJETS DE MUSÉE

Nous commencerons par la lumière, dont l'action est, dans une large mesure, indépendante de celle des autres facteurs (si ce n'est qu'elle peut favoriser, ou combattre, certains processus d'altération biologique). On peut considérer comme établi que la lumière exerce une action d'autant plus grande que l'humidité relative est plus élevée, en particulier dans le cas de certains textiles teints. Nous n'en savons toutefois pas encore assez pour pouvoir recommander la diminution, dans certains cas précis, du taux d'humidité relative en vue de limiter les dommages causés par la lumière.

Parmi les matières entrant dans la composition des objets qui se trouvent dans les musées, les catégories suivantes sont sujettes à altération par la lumière: *a*) pigments et matières colorantes (y compris les encres); *b*) fibres textiles, naturelles et artificielles; *c*) papier et autres matières à base de cellulose; *d*) minces couches de matières organiques telles que les résines, les protéines et les gommes (naturelles et artificielles) utilisées comme liants dans la peinture, comme vernis ou comme adhésifs; *e*) diverses autres matières organiques.

Nombreuses sont les matières inorganiques sur lesquelles la lumière n'a aucun effet, par exemple les métaux et les minéraux (bijoux, céramique et la pierre sous toutes ses formes). Il en est de même, en général, du verre (y compris le verre teinté et le verre peint) et de l'émail vitreux, bien qu'on ait signalé de temps à autre de légères variations de couleur dues à la lumière.

Pigments et matières colorantes

Aquarelles. C'est dans les couches picturales de peu d'épaisseur, comme les aquarelles, que l'altération des pigments est le plus sensible. Les particules colorantes y sont souvent étalées en une seule couche picturale contenant très peu de liant. Dans ces conditions, l'altération d'une seule couche de particules colorantes, qui pourrait passer inaperçue dans une peinture à l'huile, est très apparente dans une aquarelle. De plus, la minceur de la couche protectrice de liant permet une plus grande pénétration des radiations et éventuellement de l'oxygène.

Certains des pigments pour lesquels les aquarellistes ont toujours eu une prédilection, tels que le brun foncé, la sépia, l'indigo, le carmin et la gomme-gutte sont particulièrement sensibles et s'altèrent rapidement lorsqu'ils sont exposés à la lumière.

La décoloration uniforme d'une aquarelle entraînerait un ternissement certes regrettable, mais ne porterait pas atteinte à la qualité esthétique essentielle du tableau. Malheureusement, les couleurs ne s'altèrent pas toutes également; certaines disparaissent tandis que d'autres ne sont pas affectées; aussi les rapports de couleur d'un tableau peuvent-ils être grossièrement déformés. La plupart des aquarellistes ont recours, pour obtenir certains effets, à des mélanges de plusieurs couleurs. L'exposition à la lumière aura pour effet d'altérer les composants fugaces d'un tel mélange et de modifier totalement la tonalité du tableau, qui perdra généralement une partie de son harmonie et de sa finesse. Il faut se résoudre à voir dans les aquarelles des « biens périssables »; si l'on se place du seul point de vue de leur conservation, les plus vulnérables à la lumière ne devraient jamais être exposées. Les peintures telles que les gouaches et les miniatures orientales dont l'équilibre tonal est obtenu, entre autres procédés, par l'addition de blanc aux couleurs sont en général moins fragiles que les aquarelles à lavis très minces; cependant,

le contraire se produit parfois dans le cas de certains mélanges de pigments.

Peintures à l'huile. Les peintures à l'huile offrent une plus grande résistance à l'action de la lumière parce que la couleur y est protégée par le liant, et peut-être aussi parfois en raison de l'interaction chimique complexe du pigment et du liant. La décoloration et la modification des tons sont peu visibles et n'apparaissent clairement que s'il est possible de faire une comparaison avec une partie du tableau qui est demeurée protégée, pendant très longtemps, par un repeint ou par le rebord du cadre. On voit alors des différences notables dans les glacis transparents du genre laque, produits par combinaison de colorants végétaux tels que le carmin, la garance et le quercitron et de mordants comme les sels d'alumine ou la craie. Dans toutes les collections des musées, l'altération la plus regrettable du point de vue esthétique est probablement la transformation du résinate de cuivre transparent, qui, à l'origine, est d'un vert émeraude vif, en une teinte d'un brun chocolat opaque; cette matière a été très employée en Europe depuis la fin du moyen âge jusqu'au XVIII^e siècle.

Textiles teints. Il est facile d'observer la décoloration des textiles — broderies ou tapisseries par exemple — en comparant le côté exposé à la lumière avec l'envers. En ce qui concerne les vêtements il suffit de comparer la face apparente des plis et des revers avec leur partie recouverte et d'examiner l'intérieur des ourlets, qui n'a pas été exposé à la lumière. Le spécialiste chargé de la conservation des costumes est sans doute la personne qui, dans un musée, redoute le plus la lumière, pour avoir certainement vu des costumes du XVIII^e siècle presque neufs, abrités dans des armoires obscures jusqu'à leur donation au musée par les descendants de leurs propriétaires, se décolorer sous l'éclairage du musée avec une telle rapidité que la différence est

parfois visible au bout de quelques mois seulement d'exposition.

Bois. Certains bois, comme l'acajou et le noyer, se décolorent à la lumière, tandis que d'autres, tels le chêne, le bois-de-rose et le sycamore, jaunissent, et que d'autres, comme le teck, deviennent plus foncés. Cependant, pour protéger de façon à peu près efficace le buis, le houx, l'érable, l'épicéa, le hêtre, le bouleau, l'orme, le pin et le sycamore, il suffit d'éliminer les rayons ultraviolets.

Les bois exotiques réagiront de façon tout aussi diverse à la lumière. L'action de la lumière sur le bois est si faible, comparée à celle qu'elle exerce sur d'autres matières, qu'on a tendance à ne pas y accorder beaucoup d'attention. Il faut pourtant en tenir compte, lorsque le principal intérêt esthétique ou ethnographique d'un objet en bois réside dans la qualité particulière de sa couleur, naturelle ou artificielle.

Spécimens d'histoire naturelle et d'ethnographie. Il convient d'examiner le cas des matières et colorants entrant dans la composition de spécimens d'histoire naturelle (poils et plumes) et de spécimens de plantes et d'insectes, ainsi que des objets ethnographiques dans lesquels ils figurent. En l'absence de renseignements précis, il convient de toujours considérer les colorants comme fragiles et de classer ces matières au premier rang des objets sensibles à la lumière.

Fibres textiles

Les molécules cellulosiques et protéiques qui constituent la majeure partie des fibres végétales et animales du coton, du lin, de la laine et de la soie sont incolores et résistent assez bien à l'action de la lumière. Cependant, ces fibres ne sont jamais tout à fait homogènes puisqu'elles contiennent des colorants, des mordants, des empois, des pigments et des impuretés.

L'exposition à la lumière déclenche une série complexe de réactions, aboutissant à l'amollissement ou à l'affaiblissement des fibres, par suite de la rupture des molécules longues auxquelles elles doivent leur résistance. En outre, les produits de la décomposition des couleurs peuvent tacher les fibres. Cette dégradation rend les fibres celluloses plus vulnérables à l'altération causée par les solutions légèrement alcalines souvent utilisées pour le lavage.

Cet affaiblissement est particulièrement sensible dans les textiles de laine et soie mélangées. Les fibres de laine sont généralement en assez bon état, mais les fibres de soie sont souvent altérées au point de tomber en poussière au moindre contact. L'usure des drapeaux et bannières en soie sous l'action de la lumière constitue partout un problème. Les fibres artificielles sont désormais présentes dans les musées, sous forme d'objets exposés ou comme composantes visibles remplaçant des parties manquantes d'objets restaurés, notamment les costumes, ou encore dans les musées militaires et dans des dispositifs spéciaux tels que les dioramas. Signalons que ces textiles artificiels sont plus ou moins sensibles à l'action de la lumière. Les matières synthétiques à base de cellulose possèdent des caractéristiques analogues à celles du coton. Enfin certaines matières comme le nylon, le chlorure de polyvinyle et le chlorure de polyvinylidène sont sensibles à l'action de la lumière.

Papier et autres matières celluloses en feuilles

Sous l'action de la lumière, le papier devient cassant et se décolore à peu près comme le coton. Le plus stable est le papier de chiffon neuf, puis le papier au sulfite et enfin le papier journal. Il suffit de laisser un journal au soleil pendant une demi-journée, même dans un climat tempéré, pour que sa couleur change de façon visible.

Liants, vernis et adhésifs

L'action de la lumière sur les liants protéiques tels que l'œuf et la colle est trop faible pour poser des problèmes pratiques de conservation. La lumière joue un rôle dans l'évolution chimique des huiles siccatives et contribue presque certainement à leur altération ultime, mais les recherches dans ce domaine sont encore insuffisantes. Ce n'est que sur les vernis à base de résines naturelles et synthétiques que les effets nuisibles de la lumière deviennent gênants. Tous les vernis à base de résines naturelles appliqués sur les tableaux et les meubles se décolorent; cette décoloration n'est pas très importante en ce qui concerne la gomme laque, utilisée pour le mobilier vraisemblablement dès avant le xix^e siècle, et d'un usage très répandu depuis lors. Les résines solides dissoutes dans l'huile et les résines solubles dans l'alcool sont toutes plus ou moins instables et réagissent à la lumière non seulement en se décolorant, mais encore en s'altérant à un rythme accéléré. La décoloration des vernis (autres que la gomme laque) sur les meubles n'a pas été étudiée à fond et demeure mal connue. Il semble que les laques orientales soient moyennement sensibles à l'action de la lumière. Les liants entrant dans la composition des laques européennes, telles que la « laque de Chine » et le « vernis martin » sont totalement différents de ceux des laques orientales. Ces liants peuvent être la gomme laque (ou d'autres résines solubles dans l'alcool) ou encore des combinaisons d'huiles et de résines d'origine fossile, qui entrent donc dans la catégorie examinée ci-dessus. Les pigments des laques, orientales et européennes, sont généralement résistants, sans que l'on puisse en faire une règle absolue.

En peinture, la coloration progressive du vernis est très importante; à un certain stade, en effet, le vernis devient trop foncé et doit être ôté, travail qui demande beaucoup d'adresse et ne va pas sans un certain risque pour le tableau. La grande majorité des

tableaux sont passés au mastic ou au dammar, mélangés parfois à des huiles siccatives ; le jaunissement de ces vernis est très net cinq ans déjà après leur application. Il convient donc de les soustraire à l'action d'une lumière très forte, non pas en raison de leur valeur intrinsèque, mais afin de retarder le plus possible le moment où leur altération sera telle qu'il faudra les ôter. Les vernis à base de résines synthétiques utilisés aujourd'hui sont tous plus stables que les résines naturelles ; mais l'un d'entre eux seulement, l'acétate de polyvinyle est presque totalement insensible à l'action de la lumière ; il n'est cependant pas toujours possible de l'employer, pour des raisons techniques. Il demeure donc nécessaire de protéger les tableaux contre l'action de la lumière, même lorsqu'ils sont recouverts de vernis à base de résines synthétiques.

Autres matières organiques

La stabilité d'autres matériaux, comme le cuir, exposés à la lumière dans les conditions propres aux musées, ne semble pas avoir été étudiée de façon systématique ; dans le cas du cuir en particulier, l'étude se trouve compliquée par la très grande diversité des méthodes de tannage et de teinture. Les teintures peuvent évidemment se décolorer.

On peut poser, en règle générale, en l'absence de renseignements précis, que toute matière organique biologique risque de souffrir d'une exposition à la lumière. Rares sont les exceptions à cette règle.

MOYENS DE LIMITER LES DOMMAGES CAUSÉS PAR LA LUMIÈRE

Il existe deux méthodes efficaces pour réduire les dommages causés par la lumière. La première consiste à réduire au minimum indispensable pour une bonne vision et une présentation attrayante l'intensité de l'éclairage auquel est soumis l'objet, et la deuxième à agir sur la composition spectrale de la lumière afin d'en éliminer les radiations les

plus nuisibles, sans trop modifier la coloration de l'objet. En ce qui concerne le second point, ce sont normalement les ondes les plus courtes du spectre (situées vers le bleu) qui sont les plus nuisibles. De façon générale, les sources de lumière chaude sont donc préférables. Les rayons ultraviolets invisibles qui entrent dans la composition de la lumière solaire, de la lumière naturelle et de l'éclairage fluorescent sont les plus nuisibles de tous et, puisqu'ils n'ajoutent rien à la qualité de la vision, ils devraient être éliminés¹. Dans toutes les régions, tempérées ou tropicales, le moyen le plus simple de régler à la fois la quantité et la qualité de la lumière consiste à éliminer la lumière du jour et à éclairer artificiellement les parties du musée contenant des objets sensibles. Cela pose des problèmes d'agencement et rend souhaitable, dans les régions tropicales, la climatisation du musée.

Voici quelques recommandations concernant l'éclairage maximal (en lux) pour certaines catégories d'objets.

Éclairage maximal illimité (en pratique toutefois, l'intensité se trouvera limitée par les exigences de la présentation et à cause de l'action calorifique de la lumière).

Objets insensibles à l'action de la lumière : métaux, pierres, verre et céramiques, verres colorés, bijoux, émaux, os.

Objets modérément sensibles à l'action de la lumière, mais pour lesquels les changements de coloration n'ont pas beaucoup d'importance (bois).

Éclairage maximal de 150 lux.

Peinture à l'huile et à la colle, cuir non teint, corne, laques orientales.

Éclairage maximal de 50 lux.

Objets particulièrement sensibles à l'action de la lumière : textiles, costumes, aquarelles, tapisseries, estampes et dessins, manuscrits, miniatures, peintures à la détrempe, papiers peints, gouaches, cuirs teints, ainsi que la plupart des spécimens d'histoire naturelle — y compris les spécimens botaniques — tels que les fourrures et les plumes de couleur.

1. Voir dans l'annexe, p. 347, les méthodes à employer à cet effet.

Pour le visiteur, cet éclairage de faible intensité peut être désagréable et monotone. L'agencement du musée, particulièrement dans les régions tropicales où la luminosité naturelle peut être beaucoup plus intense que dans les régions tempérées, doit être soigneusement étudié pour ménager entre les zones de très forte luminosité et celles qui sont peu éclairées une transition qui tienne compte de la faculté d'adaptation de l'œil.

Lorsqu'il n'est pas possible d'éliminer entièrement la lumière naturelle des salles où se trouvent des objets sensibles, il importe d'avoir recours aux méthodes classiques employées dans l'architecture tropicale pour faire obstacle au rayonnement solaire et à la réverbération du ciel. Le soleil pose, dans tous les climats tropicaux, qu'ils soient humides ou secs, un problème dont il devra être tenu compte pour l'orientation du bâtiment et l'emplacement des fenêtres. Bien entendu, les pièces contenant des objets sensibles doivent être totalement isolées de la lumière solaire par un surplomb du toit ou des projections horizontales au nord et au sud, et par des écrans verticaux à l'est et à l'ouest. Dans les régions tropicales humides, le ciel nuageux dégage une très vive lumière diffuse, contre laquelle les pare-soleil ne sont que partiellement efficaces. Il faut, dans ce cas, éliminer toute ouverture directe sur le ciel, à la fois pour réduire l'intensité de l'éclairage des objets et pour éviter que le visiteur ne soit ébloui. On peut, pour cela, installer, comme dans les régions tempérées, des persiennes et des stores. Il est possible de limiter la réverbération des bâtiments voisins en peignant les murs extérieurs de couleurs appropriées. Dans les régions tropicales sèches, les fenêtres sont réduites le plus possible pour des raisons de confort général; l'éclat de la lumière déagée par un ciel sans nuages est moindre que dans les régions tropicales humides, et, lorsque le soleil est masqué, grâce à une disposition bien étudiée, il est plus facile de maintenir

la luminosité à un niveau acceptable. Là encore, il convient de diminuer la réverbération des bâtiments voisins et du sol. Fondamentalement, la régulation (c'est-à-dire, en fait, la réduction) de l'éclairage des objets est la même dans les deux types de climat. Mais pour résoudre les problèmes propres aux musées, il ne suffit pas d'appliquer les principes généraux de l'architecture des régions tropicales; dans ces régions, l'architecture vise à assurer le confort des habitants en faisant obstacle à l'action thermique du soleil et en diminuant le phénomène d'éblouissement, mais la lumière, judicieusement répartie, peut être quantitativement très forte (au moins 1 000 lux), tandis que l'éclairage d'un musée doit répondre aux trois exigences suivantes: confort, absence d'éblouissement, mais aussi réduction de l'intensité lumineuse à 50 ou, au maximum, 150 lux. En l'absence de climatisation, les conditions propres à la conservation des objets sont obtenues par une simple intensification des procédés normaux, compliquée toutefois par la nécessité, dans les zones humides, d'une ventilation et d'une circulation constante de l'air, pendant les heures d'ouverture du musée. Ce problème peut être résolu grâce à une disposition judicieuse. La ventilation est également indispensable, en tout temps, pour lutter contre la formation de moisissures.

CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES DÉFAVORABLES

Pollution atmosphérique

L'oxygène, principal facteur d'altération, est une composante essentielle de l'air, dont on ne peut qu'accepter la présence. Il en est de même pour la vapeur d'eau, qui joue un rôle essentiel dans la plupart des processus d'altération. Notons que l'effet nuisible des éléments gazeux et des particules solides de l'air peut être réduit dans une certaine

mesure, du moins en ce qui concerne les textiles teints, par une réduction de l'humidité relative. Leur effet est donc moins grave dans les zones tropicales chaudes et sèches que dans les zones chaudes et humides.

C'est lorsque l'air atteint son point de saturation et que la vapeur d'eau se condense sur les objets que ces agents ont le plus grand pouvoir destructeur. La quantité des agents polluants, solides et gazeux que contient l'air varie selon les conditions atmosphériques et la proximité de villes, d'installations industrielles et de la mer. L'anhydride sulfureux et le produit de son oxydation, l'acide sulfurique sont parmi les facteurs d'altération les plus puissants, auxquels peuvent venir s'ajouter, dans le cas de certains matériaux, des chlorures, d'origine industrielle et surtout marine. Les particules solides en suspension dans l'air peuvent contenir des matières goudroneuses, du carbone libre, des sels et de la silice. L'accumulation de poussière sur un objet a deux conséquences : la couche de poussière qui contient des agents d'altération peut, notamment si l'air est humide, agir comme un cataplasme corrosif ; d'autre part, en ôtant la poussière, on risque d'endommager l'objet. Presque tous les objets de musée sont sensibles à l'action des impuretés de l'air. Il est commode de les répartir en trois catégories, selon leur composition : matières d'origine organique, métaux et matières de composition siliceuse et calcaire assimilables à la pierre.

Matières d'origine organique. Entrent dans cette catégorie tous les objets dérivés de la peau animale, tels que le cuir, le parchemin et la fourrure ; les fibres textiles, à base de cellulose ou de protéines (laine, soie, coton et lin) ainsi que les diverses fibres artificielles ; le bois et les autres matériaux cellulosiques d'origine végétale, comme la vannerie ; tous les objets artisanaux à base de produits cellulosiques tels que le papier et ses dérivés, enfin, l'os, l'ivoire et la corne.

Toutes ces matières risquent d'être souillées et tachées par des particules solides de carbone, de goudron et d'autres polluants. Le sable peut endommager les textiles et le papier, en particulier lorsqu'on les manipule. Dans les régions côtières, les particules de sel marin captent l'humidité, qui peut non seulement accélérer le processus d'altération, mais encore favoriser le dépôt de nouvelles poussières.

Les pires ennemis atmosphériques de ces matières sont sans doute les acides sulfureux et sulfurique produits par la combustion et par d'autres processus industriels. Ils exercent une action particulièrement redoutable sur les matières cellulosiques telles que le papier, le coton et le lin de même que sur le cuir. Les textiles à base de protéine, comme la laine et la soie, y sont un peu moins sensibles. Pour les quatre catégories de textiles, l'altération des couleurs est plus ou moins forte, selon la nature des colorants. L'affaiblissement des fibres de coton provoqué par les impuretés acides dérivées du soufre peut, dans certains cas, être du même ordre que celui qui est dû à l'exposition à la lumière. De même, on a constaté que ces impuretés affaiblissent le papier.

Métaux. L'oxygène, les gaz sulfureux et les impuretés salines de l'air, en présence d'humidité, exercent sur les métaux, notamment sur les alliages de fer et de cuivre, un effet corrosif d'autant plus prononcé que l'humidité est plus forte.

Matières siliceuses et calcaires. Le plus grand risque couru par ces matières, de même que par les textiles, est la formation d'une couche de poussière contenant du carbone et des matières goudroneuses combinée avec l'action des acides dérivés du soufre, qui attaquent peu à peu les surfaces et transforment le carbonate de calcium en sulfate. Le danger est évidemment moins grand à l'intérieur d'un musée qu'à l'extérieur, mais l'effet combiné de ces agents peut néanmoins entraîner des dommages allant

de la formation de taches déplaisantes, dues à la fois au dépôt de carbone et à des réactions chimiques, jusqu'à l'accélération d'un processus d'écaillage déjà amorcé.

Lutte contre la pollution atmosphérique. La plupart des agents atmosphériques d'altération peuvent être éliminés, ou du moins réduits, lorsqu'il est possible d'installer un dispositif de filtrage (voir ci-après la section « Climatisation »). Les filtres ordinaires ne parviennent généralement pas à éliminer les particules les plus petites; celles-ci réussissent, lorsque leur taille ne dépasse pas 5 microns, à passer au travers. Le lavage de l'air permet d'éliminer presque complètement les gaz sulfureux, surtout si on utilise une eau légèrement alcaline. En général, cela n'est possible que si le système de climatisation comporte un dispositif de refroidissement. On peut considérer comme satisfaisant un dispositif qui permet de ramener à 30 microgrammes par mètre cube la teneur de l'air en gaz sulfureux.

Humidité relative

Effets physico-chimiques. Si la vapeur d'eau en suspension ou condensée joue un rôle important dans la plupart des processus chimiques d'altération, elle exerce une action encore plus marquée sur la stabilité dimensionnelle et les propriétés physiques des matières d'origine organique ou de structure fibreuse et cellulaire, telles que le papier, le parchemin, le papyrus, les fibres textiles, le bois, l'ivoire et le cuir. Toutes ces matières, plus ou moins hygroscopiques, gonflent et se contractent selon que l'humidité relative de l'air augmente ou diminue et peuvent en outre subir des modifications affectant leur résistance et leur élasticité.

Le bois et l'ivoire, surtout lorsqu'ils sont employés dans des ensembles composites tels que les meubles, peuvent se déformer et se fendre si l'humidité relative augmente ou diminue. Les bois d'ameublement sont généralement séchés de façon que leur

capacité hygrométrique soit en équilibre avec un taux d'humidité donné. L'augmentation et surtout la diminution brutales de ce taux d'humidité soumettront le bois à un travail considérable qui pourrait l'amener à se déformer et à se fendre. Dans le cas de couches composites (en marqueterie ou placages), l'inégalité des tensions aboutira à une séparation des couches et à une déformation très prononcée. La situation est à peu près la même en ce qui concerne les peintures sur bois et les laques et enduits appliqués sur les meubles; en effet, les couches de peinture ou de laque ne peuvent se dilater, se contracter, ou se déformer comme le bois, en fonction de l'humidité relative, d'où risque de fissure. Ces phénomènes seront sans doute plus marqués dans un climat chaud et sec: ils affecteront non seulement le bois qui se contractera, mais encore les adhésifs de la peinture, le papier, les reliures et textiles, qui deviendront friables. A tout cela, s'ajoutera une brusque variation de l'humidité relative due aux écarts de la température, qui peut tomber de 55 °C le jour à 10 °C la nuit.

Il peut arriver, dans les régions chaudes et humides (y compris les climats de mousson), que des objets en bois qui ont été séchés dans des pays où l'humidité relative est moins élevée se déforment, que les colles traditionnelles à base d'eau cessent d'être efficaces et que les enduits de plâtre et de colle, les peintures à l'eau épaisses et les fibres textiles perdent de leur résistance. Les objets en bois qui se sont adaptés sans grand dommage apparent à un climat chaud et humide courent un risque accru lorsqu'ils sont transportés dans des climats plus secs, car, en plus du choc que constituera la variation du taux d'humidité relative, il peut y avoir des réactions permanentes de compression et de contraction.

Taux optimal d'humidité relative. Le taux optimal d'humidité relative, à supposer qu'on puisse le maintenir au moyen d'un dispositif de climatisation, varie beaucoup

selon la composition, l'état et la structure des objets. C'est ainsi que le taux moyen d'environ 50 à 60 %, avec une variation de + 3 %, recommandé pour les collections mixtes dans les régions tempérées, n'a qu'une valeur d'indication générale. Le maximum, assez net, est de l'ordre de 65 %, car un taux plus élevé risque de produire des moisissures (voir chapitre 3). Il n'existe pas de limite inférieure naturelle valable dans tous les cas. Pour les objets composites en bois, par exemple, la capacité hygrométrique du bois lors de la fabrication des objets serait l'un des facteurs déterminants pour la fixation du taux optimal d'humidité relative. Un bois auquel on a laissé une capacité hygrométrique élevée pour qu'il soit adapté aux régions tropicales humides subirait une contraction et se fendrait s'il était soumis à un taux d'humidité relativement bas, que tolérerait très bien un mobilier conditionné pour un climat tempéré. A ces quelques exceptions près, on peut considérer comme raisonnable un taux inférieur limite d'environ 40 %.

La température ne pose guère de problèmes que dans la mesure où elle est liée à l'humidité. La dilatation et la contraction dues à la chaleur sont négligeables pour la bonne conservation des objets. Certains objets d'art sont faits dans des matières qui se ramollissent à des températures très élevées, mais sans que cela présente beaucoup d'inconvénients pratiques. Les moisissures atteignent leur maximum d'activité à des températures déterminées, mais l'humidité reste, de façon générale, le facteur dominant. L'axiome chimique bien connu selon lequel chaque augmentation de température de 10 °C double la force de la réaction ne s'applique pas dans le cas des musées, puisque les réactions chimiques y sont généralement déclenchées non par la chaleur, mais par la lumière ou par l'introduction d'un agent chimique actif. Rien, dans l'état actuel de nos connaissances, ne permet de fonder sur la seule action de la chaleur l'hypothèse, généralement admise,

selon laquelle le processus d'altération est plus rapide dans les pays chauds.

CLIMATISATION

Le meilleur moyen de résoudre les problèmes qui viennent d'être évoqués consiste à régler, d'une façon ou d'une autre, la température, le taux d'humidité et la pureté de l'air ; mais cette climatisation est onéreuse et il convient d'étudier les possibilités de limiter les dépenses tout en assurant la protection des objets. Signalons d'ailleurs que les frais d'investissement et d'entretien afférents à un système de climatisation sont compensés par le fait que les objets conservent leur valeur et que le musée n'a pas à subir de grosses dépenses pour leur restauration.

Réfrigération

Dans les régions tropicales humides, la réfrigération est essentielle à tout système de climatisation. Dans les régions tropicales sèches, elle peut être remplacée, de façon exceptionnelle, par l'emploi de vaporisateurs d'eau qui augmentent l'humidité relative. Un tel système serait praticable, par exemple, à Bagdad, où l'humidité est à son niveau le plus bas (15 à 17 %) au moment où la température est la plus élevée (32 à 34 °C). Un problème très particulier se pose dans les musées en ce sens que le confort des visiteurs, bien qu'important, passe après les exigences de la préservation des objets. D'ailleurs, en dehors du personnel logé sur place et des chercheurs, les visiteurs ne restent dans les musées que pendant une heure ou deux. Enfin, le bâtiment est fermé aux visiteurs pendant les deux tiers de la journée et, pendant les heures d'ouverture, l'affluence varie beaucoup et peut être très grande lorsque des expositions spéciales sont organisées.

Heureusement, les exigences du confort et celles de la conservation ne sont pas

incompatibles. Sous les tropiques, la température intérieure doit être plus élevée que dans les régions tempérées, et il faut prendre en considération un facteur important : « la température apparente ». Il s'agit d'un indice subjectif, établi expérimentalement, qui mesure la sensation thermique résultant de l'action combinée de la température réelle de l'air (température du thermomètre sec), de l'humidité relative et de la circulation d'air.

Dans les régions tropicales, chaudes et humides, la température apparente devrait être d'environ 22 °C, bien qu'une température de 24 °C soit encore acceptable, du fait que la plupart des visiteurs ne restent pas très longtemps dans le musée. Si l'on suppose que l'air circule de façon satisfaisante, une température apparente de 21 °C correspondrait à une température du thermomètre sec de 24 °C et à une humidité relative de 55 %. Une température à peu près semblable serait acceptable dans les régions tropicales sèches, avec toutefois un taux d'humidité relative peut-être un peu moins élevé, de l'ordre de 45 %. Il est possible, dans certaines circonstances, de réduire les frais en s'écartant un peu de ces chiffres, sans perdre de vue les conditions techniques de la conservation telles qu'elles ont été décrites ci-dessus. Il en est de même des tolérances admissibles en ce qui concerne les variations de température et d'humidité.

Filtrage

Le mode de filtrage et la quantité d'air remis en circulation dépendent respectivement des conditions atmosphériques locales et du nombre moyen de visiteurs. La précipitation électrostatique, qui est le mode de filtrage le plus efficace, est à proscrire pour les musées ; elle produit en effet de l'ozone, gaz extrêmement nuisible pour plusieurs des matières qui se trouvent généralement dans les musées. Aussi est-il recommandé d'utiliser des filtres à tissu ou à huile. Dans les régions

tropicales sèches, les filtres s'encrassent lors des tempêtes de sable, à moins que le système ne comporte des séparateurs de poussière spéciaux. Ce problème n'est cependant pas très grave dans un musée, où le pourcentage d'air remis en circulation est élevé.

Dans les zones industrielles, les gaz sulfureux peuvent être éliminés par l'adjonction au dispositif de filtrage d'une chambre de vaporisation, dont l'efficacité sera accrue par l'emploi d'eau légèrement alcalinisée ou de carbone activé. Il est bon de vérifier régulièrement la teneur de l'air en anhydride sulfureux.

Éléments structureaux

La façon dont les bâtiments doivent être conçus, isolés, orientés, la forme qu'il convient de leur donner pour réduire l'accumulation de chaleur et, partant, la climatisation nécessaire, n'entrent pas dans le cadre des présentes observations. On pourra au besoin — que le musée soit climatisé ou non — avoir recours aux doubles vitres complétées par des écrans à l'extérieur et des stores à l'intérieur ; il sera utile aussi d'assurer l'isolation des murs et, surtout, des toits.

Il est intéressant de noter que, pour une superficie donnée, une structure compacte, sans ailes et sans cours, répartie en pièces intérieures éclairées artificiellement, satisfait à la fois aux exigences d'une climatisation peu coûteuse et à celles de la conservation des objets sensibles à l'action de la lumière.

On perfectionne actuellement, dans plusieurs pays, des appareils assurant séparément la climatisation d'une seule pièce ; ces appareils pourraient constituer la meilleure solution pour les petits musées de la zone tropicale humide où le plus grand risque couru par les objets est la formation de moisissure, favorisée par un taux d'humidité relative élevé.

Musées non climatisés

En l'absence de climatisation, les conditions naturelles sont plus favorables à la conservation dans les régions tropicales sèches que dans les régions humides. S'il n'y a pas trop de lumière à l'intérieur, les principaux risques sont la poussière et le sable, contre lesquels on se protégera en surveillant les ouvertures et par des nettoyages assez fréquents. Il peut s'avérer nécessaire de placer tous les objets d'exposition dans des vitrines ou sous des écrans en verre. Le dessèchement de certaines matières est inévitable dans des conditions particulièrement mauvaises et il est certain que des objets en bois destinés aux climats tempérés subiront des dommages. Des appareils portatifs pourront assurer l'humidification des salles où ces objets sont rassemblés. L'humidification, qui est beaucoup moins onéreuse que la déshumidification, doit toujours être tentée, même s'il n'est pas possible de la régler de façon très précise.

Dans les régions tropicales humides, le principal risque, en l'absence de climatisation, est la formation de moisissures; celles-ci ne pourront être évitées que grâce à une ventilation suffisante, à un contrôle régulier et à l'emploi de fongicides. Il est plus facile de vérifier l'état des objets exposés que celui des objets mis en réserve. La circulation de l'air est essentielle au bien-être dans les régions tropicales humides et les objets exposés à découvert bénéficient donc normalement d'une ventilation suffisante. Dans les musées où l'entretien peut être assuré régulièrement, il est utile de placer dans les vitrines d'exposition un produit dessiccateur tel que le gel de silice. Une plus grande vigilance s'impose pour les objets mis en réserve, notamment les estampes, les dessins et les textiles. Il faut d'abord éviter d'entasser les objets de telle sorte que la ventilation soit gênée et surtout de presser les objets les uns contre les autres. Les étagères et les casiers devraient être conçus de façon à permettre la libre circulation de

l'air et à éviter la formation de poches d'air stagnant. Les salles devront être éclairées artificiellement et cet éclairage pourra être beaucoup plus intensif que dans les salles d'exposition, permettant ainsi une inspection plus minutieuse, puisqu'il ne sera utilisé que de façon intermittente. Il faut, en second lieu, procéder d'office à l'inspection régulière de chaque objet. Enfin, dans des conditions particulièrement défavorables, on pourra soumettre les objets à un traitement préventif aussi bien que curatif. On a vu dans les chapitres précédents en quoi consistent ces traitements et comment des fumigations peuvent être pratiquées contre les insectes nuisibles.

EMBALLAGE DES OBJETS POUR LE TRANSPORT

Nous ne traiterons ici que des mesures de protection des objets contre le milieu ambiant et non de leur sauvegarde contre les chocs physiques, qui constituent un problème commun à tous les pays et à tous les climats¹.

La connaissance des principes fondamentaux applicables à l'emballage des objets d'exposition a beaucoup progressé. Le transport d'objets d'un continent à un autre est malheureusement devenu de plus en plus fréquent au cours des dernières années, et il est probable que cette tendance se poursuivra. Le problème consiste donc à emballer et à transporter les objets de telle sorte que leur protection soit assurée pour tous les types et toutes les combinaisons de climats.

En ce qui concerne plus particulièrement les zones tropicales, il faudra envisager principalement le transport d'objets de régions tempérées vers des zones à climat

1. Cette question est traitée de façon assez détaillée dans une publication de l'Unesco, intitulée *Les expositions temporaires et itinérantes*, Paris, 1965, 135 p. + 49 ill. (Musées et monuments, X.)

chaud et sec ou chaud et humide, et l'inverse, ou encore le transport d'une zone tropicale à une autre.

Risques dus aux variations de l'humidité

Le principal danger pour la bonne conservation d'un objet provient des variations du taux d'humidité relative à l'intérieur de l'emballage lorsque l'envoi atteint ou traverse des régions où les conditions de température et d'humidité diffèrent de celles du pays où l'objet a été emballé. On a vu que les objets d'origine organique devaient, en général, être maintenus à un taux d'humidité relative à peu près constant, inférieur à 65 % afin d'éviter la formation de moisissures, mais supérieur à 40 % faute de quoi certains objets risquent de devenir friables. En outre, quelques matières inorganiques, tels les métaux et la pierre, risquent de pâtir d'un taux d'humidité relative élevé; aussi peut-on affirmer que ce taux doit, de façon générale, être maintenu entre ces deux limites et soumis à une marge de variation aussi restreinte que possible.

Caisses et matériaux d'emballage

On choisira en général une caisse fermée, mais non étanche comme moyen terme entre deux extrêmes; en effet, dans une caisse bien ventilée, l'humidité relative suivra, avec très peu de décalage, l'humidité relative extérieure; en revanche, dans une caisse complètement étanche faite d'une matière non absorbante, telle que le métal, l'humidité relative variera en fonction de la température extérieure. Une hausse de température entraînera une chute du taux d'humidité relative, cependant qu'une baisse de température provoquera une augmentation de l'humidité relative qui entraînera à son tour, si l'humidité relative atteint 100 %, la condensation de la vapeur d'eau. Ainsi, une baisse de température de 5 °C suffirait

pour produire de la condensation dans une caisse ne contenant aucune matière hygroscopique, fermée hermétiquement à une température de 25 °C et à un taux d'humidité relative de 70 % (conditions qui n'ont rien d'exceptionnel dans les régions tropicales humides). Toute matière d'origine organique contenue dans cette caisse serait exposée, dès le départ, à la formation de moisissures et le serait d'autant plus que la température baisserait et que l'humidité relative augmenterait.

Les caisses ventilées présentent des inconvénients évidents: même si l'on se prémunit contre la pénétration d'agents destructeurs, l'objet n'est pas protégé des variations du taux d'humidité relative intervenant au cours du transport. Par ailleurs, une caisse hermétique (ou un sac étanche en papier métallique ou en matière plastique imperméable à l'humidité) peuvent provoquer la condensation de la vapeur d'eau ou favoriser la formation de moisissures. Une solution possible consiste à utiliser une caisse hermétique qui peut être, par exemple, en bois doublé, à l'intérieur, de polyéthylène, à condition qu'elle contienne une matière hygroscopique telle que, par exemple, des panneaux de fibre. On peut utiliser pour cela n'importe quelle matière fibreuse cellulosique pouvant être comprimée sous un volume réduit tout en présentant une grande surface absorbante intérieure, telle que le coton, la toile d'emballage, etc. Les propriétés de la matière en tant qu'isolant thermique peuvent également s'avérer utiles. D'autres matières hygroscopiques sont à l'étude. Thomson a montré que, dans une caisse hermétique contenant plus de 100 grammes de paille de bois pour 100 litres d'air, la variation du taux d'humidité relative ne dépassera pas un tiers environ de la variation thermique exprimée en degrés centésimaux et se produira dans le même sens. Autrement dit, si la température tombe de 30 à 20 °C quand la caisse quitte la région tropicale, le taux d'humidité relative baissera d'environ 3 % et vice versa.

Il est évident que si l'objet lui-même est fait d'une matière hygroscopique, comme le bois ou le textile, sa protection sera renforcée.

Précautions à prendre pour l'emballage

Les recommandations qui précèdent s'appliquent au transport d'objets destinés à atteindre ou à traverser n'importe quelle zone climatique, à condition que le déplacement ne dure pas trop longtemps, car les matières hydrofuges, comme le polyéthylène, n'arrêtent pas totalement l'humidité et, même si la matière est étanche, il est difficile d'éviter toute fuite. Mais il faut encore tenir compte, dans les pays tropicaux, de facteurs secondaires. Le matériel d'emballage et les objets eux-mêmes doivent être stérilisés au moment de la mise en

caisse, de préférence au moyen de fumigations au bromure de méthyle ou à l'oxyde d'éthylène et devraient de plus faire l'objet de vaporisations insecticides et fongicides (on utilise généralement les hydrocarbures chlorés : voir les chapitres 3 et 4). En procédant à l'emballage, il faudrait tenir compte de la destination de l'objet et des conditions dans lesquelles il sera placé à l'arrivée afin d'éviter les variations trop brutales, surtout s'il s'agit d'objets en bois. Cette prescription peut être difficile à respecter dans les climats chauds et humides, à moins de pouvoir procéder à l'emballage dans une salle climatisée. Dans ce cas, les objets et matériaux d'emballage devraient être maintenus, pendant un certain temps avant l'emballage, au taux d'humidité relative choisi. Dans les régions de mousson, l'emballage devrait, dans la mesure du possible, avoir lieu pendant la saison sèche.

BIBLIOGRAPHIE

- DAIFUKU, H. 1959. Les collections : entretien et mise en réserve, *L'organisation des musées. Conseils pratiques*, chap. VIII. Paris, Unesco. 202 p. + 44 ill. (Musées et monuments, IX.)
- OSBORN, E. C. 1965. Principes d'emballage. *Les expositions temporaires et itinérantes*, chap. v. Paris, Unesco. 135 p. + 49 ill. (Musées et monuments, X.)

- STOLOW, N. 1966. *Controlled environment for works of art in transit*. Rome, The International Centre for the Study of the Conservation and Restoration of Cultural Property (Rome Centre).

Matières synthétiques employées pour la conservation des biens culturels

Annexe

Texte initialement publié en 1963
par le Centre international d'études pour
la préservation et la restauration des biens
culturels, Rome (Italie), avec l'aide d'une
subvention du Conseil international
des musées.

Ce texte a été révisé et mis à jour par
M. Torraca. Il est reproduit ici avec
l'aimable autorisation du Centre de Rome.

La Conférence générale du Conseil international des musées (ICOM), qui s'est tenue à Stockholm en 1959, a permis de constater que les techniques de restauration et de préservation des œuvres d'art étaient en passe de subir de profondes modifications, grâce à l'emploi des matières synthétiques qu'on trouve de plus en plus couramment dans le commerce; et il a été convenu que des rapports spéciaux seraient consacrés à cette question par MM. G. Thomson (National Gallery, Londres) et A. E. Werner (British Museum, Londres).

M. R. L. Feller (Mellon Institute, Pittsburgh) a été ultérieurement associé à cette entreprise et la constitution d'un groupe de travail sous la présidence du Dr A. Van Schendel (Rijksmuseum, Amsterdam) a permis de tenir à jour entre-temps les études initiales.

Les données rassemblées ici forment la substance du plus récent rapport présenté à la réunion commune de deux comités de l'ICOM (Laboratoires de musées et traitement des peintures). Elles sont présentement publiées par le Centre de Rome, en partie grâce à une subvention de l'ICOM qui doit en être remercié.

Rome, septembre 1963

Introduction

GÉNÉRALITÉS

Les progrès de la chimie organique ont permis de mettre sur le marché commercial, depuis quelques dizaines d'années, une vaste gamme de matières synthétiques nouvelles couramment désignées sous le nom de plastiques, dont certains peuvent présenter de l'intérêt pour la conservation. Parmi toutes les substances disponibles, le spécialiste peut, s'il a l'esprit novateur, choisir celles qui répondent le mieux à ses besoins : le présent rapport a pour objet de présenter une vue d'ensemble des divers genres de matières synthétiques déjà employés pour des travaux de conservation ou qui semblent avoir fait leurs preuves.

Il y sera question de substances qui sont appelées à rester en contact avec des objets de musée pendant de longues périodes entre deux traitements successifs. Nous pensons, par exemple, à des matières comme les vernis pour tableaux, les adhésifs, les consolidants et les supports permanents, par opposition à ce qui sert à consolider ou traiter temporairement un objet.

Il importe tout d'abord de bien comprendre que ces matières synthétiques ne doivent pas être considérées comme de simples succédanés de produits naturels : la plupart combinent des propriétés physiques et chimiques qu'on ne trouve réunies dans aucun matériau naturel. On dispose notamment, aujourd'hui, d'une vaste gamme de substances analogues à la cire, qu'il serait commode de baptiser du nom générique de « céramère » et qui présentent une combinaison de propriétés que ne possède aucune cire naturelle. C'est pourquoi les substances synthétiques offrent la possibilité de mettre au point des techniques améliorées et plus sûres de conservation.

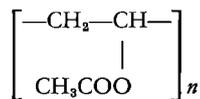
Cependant, le nombre de celles dont on dispose actuellement est si grand que le conservateur soucieux de trouver le genre de substance qui répond le mieux à ses besoins particuliers risque de se sentir perdu et de se laisser affoler par la foule de noms commerciaux qui recouvrent des matières essentiellement analogues. On ne saurait donc trop insister sur le fait qu'il ne faut jamais employer à des travaux de conservation un produit synthétique dont les propriétés ne soient pas bien connues. Cela suppose qu'on en connaisse la composition dans tous ses traits essentiels (ce qui est également vrai pour une substance naturelle), de manière à pouvoir en estimer la durée et juger les propriétés.

Il ne suffit pas de savoir à quelle classe (polyacrylique, polyvinyle, par exemple) ou même à quel type (polyméthacrylate de méthyle par exemple) appartient le polymère, car il se peut qu'on y ait incorporé d'autres ingrédients non spécifiés dont les propriétés peuvent rendre l'emploi du produit peu souhaitable pour des travaux de conservation. La situation s'améliore cependant à cet égard, car la plupart des fabricants fournissent aujourd'hui suffisamment de précisions sur la composition de leurs produits pour qu'on puisse choisir à bon escient.

CONSTITUTION CHIMIQUE DES RÉSINES SYNTHÉTIQUES

La plupart des substances synthétiques décrites dans le présent rapport possèdent, du point de vue chimique, ce qu'on appelle une structure de polymère : elles sont constituées par de longues chaînes ou des réseaux formés par la répétition de motifs simples (monomères). C'est ainsi, par exemple, que dans le cas de l'acétate de polyvinyle (l'un des plus simples parmi ces

polymères), le motif consiste en des molécules d'acétate de vinyle ($\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$), attachées les unes aux autres en une longue chaîne qui peut comprendre jusqu'à 20 000 unités analogues. On exprime ce fait en donnant à l'acétate de polyvinyle la formule chimique fondamentale:



où n représente le nombre de motifs monomères constituant la chaîne. Les propriétés physiques des divers polymères vont dépendre du nombre moyen de motifs compris dans la chaîne; c'est ce que l'on désigne souvent du nom de *degré de polymérisation* ($DP = n$).

Les résines synthétiques peuvent se classer en deux groupes principaux, les thermoplastiques et les thermodurcissables, dont la structure est fondamentalement différente. Dans les résines *thermoplastiques*, les motifs monomères sont attachés les uns aux autres de manière à former des réseaux bidimensionnels; le matériau est alors soluble dans un solvant ou une gamme de solvants et reste fusible de manière permanente.

Les résines *thermodurcissables*, par contre, se caractérisent par le fait que les unités monomères sont attachées par des liaisons chimiques formant un réseau tridimensionnel; de telles substances sont infusibles et insolubles dans tous les solvants, quoiqu'elles puissent, sous l'action de certains d'entre eux, gonfler pour former un gel, ou bien sous l'effet de certains réactifs subir une rupture chimique donnant naissance à des produits solubles. Le nom de thermodurcissable vient de ce qu'à l'origine ces substances ne se formaient que par modification chimique sous l'action de la chaleur. Il faut cependant noter que certaines résines nouvelles appartenant à cette catégorie peuvent se former sans application de chaleur: on les appelle substances *durcissant à froid*, car leur formation est provoquée par l'adjonction de durcisseurs spéciaux et de catalyseurs à la température ambiante. On doit noter également à ce propos que les résines thermoplastiques linéaires peuvent se transformer sous certaines conditions en résines insolubles et infusibles. Ce phénomène s'appelle « pontage », car des liaisons chimiques, ou

« ponts », se forment alors entre les chaînes linéaires, qui se transforment ainsi en réseaux tridimensionnels insolubles.

PLASTIFIANTS

Les plastifiants sont des substances qu'on incorpore souvent à des résines synthétiques pour en modifier les propriétés physiques, notamment pour assouplir une résine, qui sans cela serait trop cassante.

Il existe deux types fondamentaux de plastifiants. Une classification les range en *primaires* et *secondaires*: le plastifiant primaire est un solvant vrai de la substance résineuse à plastifier; les plastifiants secondaires ne sont que partiellement miscibles à la substance originale et la présence d'un troisième constituant est nécessaire pour les rendre compatibles. Selon une autre classification, les plastifiants se rangent en *volatils* et *non volatils*.

Un plastifiant doit rester assez longtemps dans le film pour en assurer la souplesse pendant une durée suffisante. Dans beaucoup d'applications industrielles, un matériau relativement volatil comme le phtalate de dioctyle subsistera dans le film assez longtemps pour présenter un intérêt pratique. L'emploi de telles substances dans les travaux de conservation est limité par le fait que les plastifiants relativement volatils disparaissent un jour ou l'autre par évaporation ou migration. On évite d'employer des plastifiants volatils dans les vernis pour tableaux, par exemple, car il peut arriver que le plastifiant migre vers la peinture qu'il ramollit ou dont il altère à d'autres égards les propriétés.

Le poids moléculaire des plastifiants polymères non volatils est généralement compris entre 850 et 8 000. Leur principal inconvénient tient à leur faible compatibilité: des molécules aussi grosses ne sont pas faciles à mélanger avec les matériaux; le mélange exige un troisième constituant qui peut être relativement volatil. Il est fréquent que les matières incompatibles se séparent et qu'avec le temps un plastifiant secondaire sorte, par suintement, du revêtement auquel il était incorporé.

Les « plastifiants », au sens général du terme, sont certainement nécessaires et leur emploi dans les travaux de conservation est traditionnel. La gomme élémi, la térébenthine de Venise et le miel peuvent être considérés comme des plastifiants; cependant l'emploi des plastifiants

modernes décrits ci-dessus n'est pas très répandu dans les ateliers de conservation. Les raisons pour lesquelles on évite d'utiliser des plastifiants de type volatil sont faciles à comprendre ; mais on n'est pas fixé sur la possibilité d'employer certaines des espèces polymères et il faudra poursuivre l'étude de cette question.

Certains polymères sont dits « à plastification interne ». Cette expression, qui n'est pas particulièrement heureuse, signifie que la souplesse de la substance résineuse y a été intégrée, ou est inhérente à sa structure moléculaire particulière. Elle ne se modifiera pas, car elle n'est pas due à l'adjonction d'un constituant qui risquerait de s'évaporer ou de s'altérer avec le temps. Beaucoup de matériaux employés depuis peu dans les travaux de conservation sont de ce type, car la souplesse semble beaucoup plus durable si elle est inhérente au matériau et indépendante de la présence d'adjuvants.

Présentation commerciale des résines synthétiques

Les formes sous lesquelles on dispose de résines synthétiques pour les travaux de conservation peuvent se classer commodément sous les rubriques suivantes :

Solutions. Toutes les résines thermoplastiques peuvent se préparer sous la forme de poudres solides ou de blocs qu'on peut dissoudre dans un solvant approprié pour servir au besoin à tel ou tel usage. Dans la majorité des cas, le solvant est de nature organique ; mais quelques résines synthétiques se dissolvent dans l'eau. De telles solutions serviront par exemple à recouvrir certains objets d'un film protecteur ou à imprégner d'autres objets, ou encore comme adhésifs.

Émulsions. Beaucoup de résines insolubles dans l'eau peuvent former des émulsions aqueuses, c'est-à-dire rester en suspension dans l'eau sous forme de fines particules. Ces produits sont souvent obtenus par un procédé spécial d'émulsion-polymérisation, qui disperse le monomère dans la phase aqueuse antérieurement à la polymérisation.

On dispose aujourd'hui d'une large gamme de telles émulsions, qui doivent être choisies avec soin, car elles contiennent divers adjuvants qui risquent d'en restreindre les utilisations possibles. On devra notamment examiner la

nature de la substance ajoutée pour stabiliser l'émulsion, le PH de cette émulsion et la présence éventuelle d'un agent épaississant destiné à accroître la viscosité de l'émulsion. Le « conservateur » devra se montrer circonspect à l'égard de toute émulsion contenant un tel agent épaississant. Dans la plupart des cas, le fabricant n'indique pas de façon précise la composition de son produit, qu'il conviendra de traiter avec réserve si la nature de tous les adjuvants n'est pas spécifiée.

Systèmes à deux composants. Ces systèmes correspondent à des résines thermodurcissables généralement fournies sous forme d'un liquide visqueux ou d'une pâte (le composant résineux) auxquels on doit ajouter un « durcisseur ». Ce durcisseur peut se présenter sous la forme d'un liquide mobile ou d'une poudre fine. Dans certains cas, il peut également être nécessaire d'ajouter un catalyseur pour accroître ou régler la vitesse de la réaction.

RÉVERSIBILITÉ

La réversibilité est un principe sur lequel le « conservateur » doit se montrer intransigeant. Nous voulons dire par là qu'un procédé de conservation doit permettre, s'il se produit quelque chose d'imprévu, de « revenir en arrière », remettant ainsi l'objet dans son état initial sans qu'il ait subi aucun dommage. Ce principe est capital lorsqu'il s'agit d'appliquer une matière quelconque, naturelle ou synthétique, sur un objet de grande valeur, une peinture par exemple, et il doit en pareil cas être rigoureusement respecté. Toutefois, lors de la restauration de nombreux objets archéologiques, en particulier lorsqu'une consolidation s'impose, une opération irréversible peut être admise à condition que les matériaux aient été d'abord soigneusement expérimentés sur des pièces d'essai.

NOMS COMMERCIAUX, PRODUCTEURS ET FABRICANTS

La question des noms commerciaux soulève dans le domaine des substances synthétiques de grandes difficultés : la même appellation commerciale de base peut en effet désigner indistinctement un grand nombre de résines chimiquement différentes ; il peut arriver également

qu'un fabricant conserve la même marque tout en modifiant sans préavis la composition d'une résine. Nous avons tenté de rassembler, dans les pages qui suivent, les marques commerciales des principaux producteurs des substances synthétiques décrites et d'indiquer autant que possible la nature chimique de ces substances.

Une distinction s'impose ici entre producteurs et fabricants : les premiers élaborent les matières synthétiques que les seconds façonneront ensuite en feuilles, bâtons ou articles finis. Notre liste se bornera aux principaux producteurs.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

Les renseignements qui figurent dans nos tableaux proviennent en majeure partie des prospectus et brochures techniques des producteurs et ont été autant que possible confirmés par un contrôle extérieur. Les auteurs ont, bien entendu, beaucoup puisé dans leurs propres travaux, publiés ou inédits. *IIC abstracts* et *Studies in conservation* donnent beaucoup de renseignements utiles.

Pour se documenter de façon générale sur les propriétés des matières plastiques, on pourra consulter les ouvrages suivants :

- BENNETT, H. *Commercial waxes*. New York, Chemical Pub. Co., 1956.
- DOOLITTLE, Arthur K. *Technology of solvents and plasticizers*. New York, London: John Wiley, 1954.
- GOLDING, Brace. *Polymers and resins*. New York, Van Nostrand, 1959.
- GUTTMANN, W. H. *Concise guide to structural adhesives*. New York, Reinhold, 1961; London, Chapman and Hall.
- HURD, Joyce. *Adhesives guide, research report M. 39*. London, British Scientific Instruments Research Association, 1959.
- JORDAN, Otto. *Technology of solvents*. London, Leonard Hill, 1937.
- LEE, H.; NEVILLE, K. *Epoxy resins*. New York, Toronto, London: McGraw Hill, 1957.
- LÜDECKE, C.; IVANOVSKY, L. *Taschenbuch für die Wachsindustrie*. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1958.
- ROFF, W. J. *Fibres, plastics, and rubbers*. London, Butterworths, 1956.
- SCHILDKNECHT, C. E. *Vinyl and related polymers*. New York, Wiley, 1952.
- STANNETT, Vivian. *Cellulose acetate plastics*. London, Temple Press, 1950.
- WANDEBERG, E. *Kunststoffe*. Berlin, Springer Verlag, 1959.
- WARTH, A. H. *Chemistry and technology of waxes*, 2^e éd. New York, Reinhold, 1956; London, Chapman and Hall.

Note. Tous les chiffres indiquant le degré de polymérisation sont tirés des poids moléculaires figurant dans : *A handbook of adhesives*, Irving Skeist (éd.), New York, Reinhold, 1962. Les points de ramollissement (T_g) des polymères vinyliques sont également tirés de ce volume. Les points de ramollissement des polyméthacrylates sont extraits de : H. BURRELL, *Official digest*, 34 (1962), p. 133.

INTRODUCTION

Les substances énumérées ci-dessous sont toutes des polymères thermoplastiques généralement assez durables qui ont trouvé leur emploi dans les travaux de conservation, surtout comme vernis, mais aussi comme adhésifs, matériaux de retouche, etc. L'acétate de polyvinyle et les polyméthacrylates constituent les deux groupes de substances thermoplastiques qui passent pour résister le plus longtemps aux agents atmosphériques extérieurs.

Il n'existe évidemment aucune matière qui puisse durer indéfiniment et le fait qu'une substance figure sur nos listes ne signifie pas qu'on puisse l'employer les yeux fermés. Toutes les matières dont il sera question ci-après peuvent s'obtenir sous forme solide sans adjuvants. Nous avons laissé de côté les polymères dont la stabilité pourrait être rendue satisfaisante par l'adjonction de stabilisants et ceux qui ne donnent de bons résultats qu'avec des plastifiants.

Un revêtement protecteur doit, pour remplir son office, présenter une certaine solidité : il doit offrir une certaine résistance et pouvoir s'étirer légèrement sans craquer. On sait que l'accroissement de la masse moléculaire moyenne d'un polymère augmente, dans une certaine mesure, la résistance des films et leur capacité d'étirement. C'est pourquoi il importe de caractériser les polymères par un chiffre qui en indique la masse moléculaire moyenne et constitue un moyen de spécification. La viscosité d'une solution de résine (à la concentration de 20 % en solide) dans le toluène a été choisie comme correspondant grosso modo à la masse moléculaire moyenne et désignée comme « degré de viscosité » de la résine. D'autres concentrations arbitrairement choisies sont tout aussi utiles, par

exemple la solution à 8,6 % d'acétate de polyvinyle dans le benzène, ou la solution à 4 % d'alcool polyvinylique dans l'eau, dont il sera fait mention dans les tableaux ci-dessous.

On peut aussi classer les polymères d'après le degré de polymérisation, c'est-à-dire le nombre de motifs monomères constituant une chaîne moyenne. En général, l'augmentation du degré de polymérisation s'accompagne : a) d'un accroissement de la viscosité, pour une concentration donnée ; b) d'une élévation du point de fluage ; c) d'un ralentissement de la mise en solution ; d) d'un accroissement de solidité du film.

Il est cependant plus commode, comme nous l'avons dit plus haut, de ranger les polymères de chaque type d'après leur viscosité dans des conditions normales : un faible degré de viscosité indique un faible degré de polymérisation. Il est souvent difficile d'établir avec certitude la valeur de ce dernier, et nous ne pourrions donner ci-dessous que des chiffres approximatifs, extrapolés à partir de quelques valeurs connues. Sans qu'on puisse les considérer comme définitifs, ils donneront une idée de la longueur des chaînes moléculaires qui nous intéressent.

ASPECT EXTÉRIEUR DES VERNIS

À mesure que s'accumulent les résultats expérimentaux concernant l'utilisation d'un certain nombre de matières nouvelles, il apparaît plus clairement que presque tous les vernis à solvants, constitués simplement d'une résine et d'un solvant, peuvent se traiter de manière à donner une surface plus ou moins brillante. On peut, en effet, les mater par adjonction de divers agents, ou les employer par pulvérisation, ou recourir à d'autres méthodes. C'est pourquoi, pour offrir la plus large gamme d'emplois, un

vernis doit pouvoir donner le maximum de brillant ; on peut alors le rendre aussi mat qu'on le désire pour toute application déterminée.

L'aspect extérieur d'un vernis et sa commodité d'emploi dépendent aussi pour beaucoup de la composition du solvant. Comme dans bien d'autres arts manuels, il faut une expérience considérable pour savoir choisir les solvants qui conviennent aux matières de revêtement et procéder comme il se doit aux pulvérisations. Ces questions sont trop vastes pour que nous puissions les traiter ici, mais nous le signalons à l'attention du lecteur, car il s'agit là de deux facteurs qui, bien qu'indépendants des propriétés intrinsèques d'un vernis ou d'une résine, ont néanmoins une influence considérable sur leur aspect.

Notre opinion sur l'aspect d'une surface dépend beaucoup de son brillant ; on peut dire qu'il est généralement plus facile d'obtenir une brillance élevée avec une résine dont le degré de polymérisation (DP) est faible. Les polymères à DP élevé se figent plus vite au cours du séchage. Ensuite, le retrait (par perte progressive de solvant) et le manque de mobilité du vernis à demi sec font que les aspérités de la surface peinte se retrouvent souvent à la surface du vernis ; et si la peinture est mate, un vernis à degré de polymérisation élevé aura lui aussi tendance à être mat. Dans les cas extrêmes, il donnera également l'impression de s'être « enfoncé » dans le support (cela ne s'applique pas aux émulsions, dont le mécanisme de séchage est un peu différent). Si la surface d'un tableau ancien est très poreuse et s'il est souhaitable de « faire ressortir » les couleurs le plus possible, des enduits à base de résines à faible poids moléculaire semblent pénétrer et mouiller plus efficacement la peinture poreuse que les enduits à base de résines à poids moléculaire élevé.

L'aspect extérieur d'un vernis doit rester le même aussi longtemps que possible : la formation de rides ou d'efflorescences sur un film sont des défauts qui peuvent se révéler assez tôt sur la gomme dammar, le mastic et les résines AW2 et MS2. Ils sont beaucoup moins fréquents sur les autres résines synthétiques énumérées ci-dessous et employées comme enduits.

Certains revêtements ont tendance à accumuler la poussière. Beaucoup de résines synthétiques attirent la poussière à cause de l'électricité statique dont elles se chargent,

mais il existe diverses manières de minimiser ce phénomène, qui ne s'est pas révélé bien ennuyeux. L'aptitude de certaines résines à retenir ou même à absorber les poussières qui tombent sur elles est beaucoup plus importante. La grandeur qui renseigne le mieux sur cette tendance s'appelle « température de transition de second ordre », ou « point de ramollissement » du matériau (symbole T_g). Les matières résineuses n'ont pas de point de fusion bien net, mais présentent une « transition de second ordre », plus graduelle. Si le T_g de la résine est supérieur à la température ambiante, la résine conservera un état vitreux plutôt dur ; si, au contraire, le T_g de la résine est bien au-dessous de la température environnante, le matériau prendra la consistance du caoutchouc ou d'un liquide très visqueux : les substances auront tendance à y adhérer. Par exemple, le T_g du polyméthacrylate de *n*-butyle est voisin de 22 °C et les films de ce matériau tendent à absorber la poussière aux températures qui règnent dans beaucoup de pièces. Si la résine possède un T_g nettement inférieur à la température ambiante, on le verra au fait que les blocs de résine se mélangent par fusion ou s'agglomèrent après un long séjour dans le récipient qui les contient et on évitera d'employer de telles résines pour des revêtements protecteurs. Si on applique, à l'occasion, une couche mince d'un enduit de ce genre, on pourra la recouvrir d'une seconde couche formée d'une matière plus dure.

Les résines énumérées ci-dessous sont incolores à faible épaisseur ; en outre, elles résistent bien à la coloration. Les vernis à base de résines naturelles ont, en revanche, tendance à se décolorer. Lorsqu'il s'agit de porter un jugement critique sur la valeur d'un vernis, l'absence de toute coloration dans le film est un élément de nature à influencer sur l'opinion d'une minorité.

Un manque d'adhérence peut modifier l'aspect extérieur du revêtement à cause des reflets lumineux qui se produisent sur les crevasses et les fissures. C'est le cas notamment de l'alcool polyvinylique, dont on a constaté expérimentalement qu'il n'adhère pas suffisamment sur la plupart des types de peintures.

Certains attachent de l'importance à l'indice de réfraction (n) d'un vernis. Cet indice mesure la déviation subie par la lumière lorsqu'elle pénètre dans une substance, en venant de l'air

ambiant. Théoriquement l'indice de réfraction d'un vernis peut affecter de trois manières l'aspect extérieur d'une peinture, et plus sa valeur est grande : *a*) plus la lumière est réfléchiée par la surface ; *b*) moins elle ressort du revêtement dans l'air, par suite de la réflexion totale interne ; *c*) moins la lumière subit de réflexion à l'interface vernis-huile (sauf si l'indice de réfraction est très élevé).

Les variations de l'indice de réfraction des divers vernis ont souvent beaucoup moins d'importance que les différences de brillance dues au caractère plus ou moins lisse (ou rugueux) de la surface supérieure du vernis. Toutefois, si l'un des facteurs ci-dessus est important, c'est sans doute le premier ¹.

RÉSUMÉ

Perte de brillance due à une valeur trop élevée du degré de polymérisation. Éviter les résines à poids moléculaire élevé, par exemple l'acétate de polyvinyle de viscosité supérieure à 25 environ (voir tableau 1). Pas de difficulté avec le MSzA ou les émulsions acryliques.

Perte de brillance due à la formation d'efflorescences et de rides. Cette considération n'a d'importance qu'avec l'AWz et le MSz, qui peuvent perdre de la brillance, de manière inégale, au cours des premiers mois. On choisira de préférence le MSzA, qui ne présente pas ce défaut à moins d'être appliqué en couche épaisse.

Accumulation de poussière. La coalescence des blocs ou leur agglomération pendant le stockage indiquent une résine de T_g faible ; une telle substance risque d'attirer et même retenir la poussière, en particulier sous les climats chauds. On rencontre des difficultés de ce genre avec le polyméthacrylate de *n*-butyle (mais pas de méthyle ni d'éthyle) et avec les acétates de polyvinyle à très faible viscosité (2,5 et au-dessous).

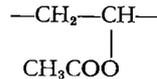
Indice de réfraction. Cet indice n'a pas grande importance.

Adhérence. L'alcool polyvinylique adhère mal aux surfaces lisses.

LISTE DE MATIÈRES

Acétate de polyvinyle

Formule chimique. Les chaînes moléculaires sont formées par la répétition du motif :



Propriétés

Stabilité. Bonne stabilité à la lumière. Une exposition brutale peut accroître la sensibilité à l'eau, mais ne cause pas de jaunissement et il semble que le polymère reste complètement soluble (non ponté).

Solubilité. Peut être dissous, d'une part dans le toluène et les solvants aromatiques, d'autre part dans les alcools inférieurs légèrement additionnés d'eau. Également soluble dans les esters et les cétones. Relativement insensible aux hydrocarbures aliphatiques. Léger gonflement dans l'eau, notamment pour les degrés de viscosité les plus bas (voir tableau 1).

Propriétés mécaniques. Les qualités à bas degré de polymérisation (figurant à gauche dans les tableaux ci-après) donnent des films mous qui ont tendance à couler à froid sous contrainte. Les qualités hautement polymérisées sont dures et cornées.

Point de fluage. De 60 °C à plus de 200 °C à mesure que le degré de polymérisation s'accroît. (Pour T_g , voir tableau 1.)

Viscosité des vernis. Pour les vernis en une seule couche, éviter d'une part une viscosité élevée et d'autre part une résine trop molle. Les viscosités optimales se situent entre 4 et 15 environ (voir tableau 1).

1. L'effet *a* se remarque lorsque l'éclairage est diffus, c'est-à-dire vient de nombreuses directions à la fois, ce qui est fréquent ; dans ce cas, les parties sombres d'un tableau verni à l'acétate de polyvinyle ($n = 1,46$) seront assombries davantage qu'avec les autres vernis d'usage courant. L'effet d'indice n est faible, de sorte qu'on peut comparer les vernis dans des conditions analogues de brillance, etc. (G. Thompson).

TABLEAU 1. Acétates de polyvinyle.

| Noms commerciaux | Viscosité ^a | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|-------|-----|------|------|-------------|-------|---------|-------|---------------------------------|
| | 1,5 | 2,5 | 4 | 7 | 15 | 25 | 60 | 100 | 800 | |
| Lemac (Borden) | | | | 7 | 12 | 15 | | | 150 | 1 000 |
| Gelva (Shawinigan) | V 1,5 | V 2,5 | | V 7 | | V 15 | V 25 | V 60 | V 100 | V 800 |
| Mowilith (Hoechst) | | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 90 | 90 |
| Rhodopas (Rhône-Poulenc) | BB | B | M | | | | H | HH | | HV ₁ HV ₂ |
| Vinnapas (Wacker) | | B 1,5 | B 5 | B 17 | B 60 | B 100 B 500 | UW 1 | B 1 000 | UW 4 | UW 10 |
| Vinavil (Montecatini) | | K 25 | | K 40 | | | K 50 | | K 60 | K 70 |
| Vinylite (Bakelite, Union Carbide) | AYAC | AYAB | | | AYAA | | AYAF | | AYAT | AYAW |
| DP approximatif | 150 | 240 | | 600 | | 1 200 | 1 900 | 4 000 | 7 000 | 20 000 |
| T _g (°C) | 16 | 17 | | 21 | | 24 | 26 | 27 | 28 | 29 |

a. La viscosité est exprimée en centepoises, d'une solution à 8,6 % de benzène. Les fabricants du produit Gelva ont utilisé cela pour leur désignation.

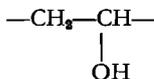
TABLEAU 2. Alcools polyvinyliques : faibles pourcentages d'acétate (hydrolyse à 97,5-100 %).

| Noms commerciaux | Viscosité ^a | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|---------|--------|---------|--------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | 2-3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Alcotex (Revertex) | | 99-05 | 99-10 | | 99-20 | | | | | |
| Elvanol (Du Pont) | | 70-05 | | | | 71-24 | 71-30 | | 72-51 | 72-60 |
| Gelvatol (Shawinigan) | | 1-30 | | | | 3-60 | 1-60 | | 3-90 | 1-90 |
| Gohsenol (Nippon Syn. Chem. Tokyo) | | NL-05 | | | NM-14 | | | | NH-22 | |
| Lemol (Borden) | | 5-98 | | 16-98 | | 24-98 | 30-98 | | 51-98 | 60-98 |
| Mowiol (Hoechst) | | 30-98 | 50-98 | | 70-98 | | | | 90-98 | |
| Polyviol (Wacker) | VO 3-20 | MO 5-20 | | MI 3-20 | | | W 28-20 | | W 48-20 | |
| Poval (Kurashiki) | | | | | | | PVA-117 | | | |
| Rhodoviol (Rhône-Poulenc) | | BS-10 | | | | | HS-10 | | | |
| Vinavilol (Montecatini) | 2-98 | | 10-98A | | 20-98A | 20-98 | | 42-98 | | |

a. La viscosité est exprimée en centepoises, d'une solution à 4 % dans l'eau à 20 °C.

Alcool polyvinylique

Formule chimique. Cette résine est formée par hydrolyse partielle ou totale de l'acétate de polyvinyle, donnant des motifs de formule :



Diverses qualités sont disponibles (voir tableaux 2, 3 et 4), selon les degrés d'hydrolyse et de polymérisation requis.

Propriétés

Stabilité. Bonne stabilité à la lumière. D'après un fabricant, l'exposition prolongée provoque une légère perte de solidité (par exemple rupture de chaînes) plutôt qu'une perte de solubilité (due au pontage). Cependant, sous un fort éclairage et en milieu sec, il se produit également un léger pontage. Chauffée à plus de 100 °C, cette résine jaunit et devient insoluble.

Solubilité. L'eau est pratiquement le seul solvant. En conséquence le polymère est très résistant aux solvants issus du pétrole, aux huiles et aux graisses. Contrairement à ce qu'on pourrait attendre, les qualités à haute teneur d'acétate sont celles qui se dissolvent le plus facilement dans l'eau, tandis que les échantillons complètement hydrolysés exigent un certain chauffage (85-90 °C). Ce sont les qualités les moins visqueuses qui se dissolvent le plus rapidement. Les solutions diluées qui ne contiennent pas de désinfectant sont sujettes au développement de moisissures. On peut remédier à cet inconvénient en y ajoutant de faibles concentrations de phénols chlorés.

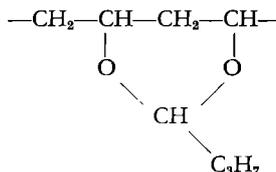
Point de fluage. Peut être façonné à chaud à 120-150 °C. Le point de ramollissement des qualités très visqueuses avoisine 85 °C.

Propriétés mécaniques. Résistance et souplesse satisfaisantes pour toutes les qualités, bien que la résistance soit plus grande quand le degré de polymérisation est élevé. La solidité dépend de l'humidité, mais les qualités à teneur moyenne en acétate garderont leur cohésion, sans devenir collantes, jusqu'à un degré hygrométrique d'environ 90 %. L'alcool polyvinylique est remarquablement imperméable aux gaz atmosphériques peu solubles dans l'eau, notamment l'oxygène. Le degré de polymérisation correspond (approximativement) aux viscosités figurant dans les tableaux 2 à 4.

| | | | |
|-----------|-----|-------|-------|
| Viscosité | 5 | 25 | 50 |
| DP | 200 | 2 000 | 2 600 |

Formal, acétal et butyral polyvinyliques

Formule chimique. Ce sont des polymères thermoplastiques obtenus à partir des alcools polyvinyliques par réaction partielle aux aldéhydes formique, acétique et butyral polyvinylique :

*Propriétés*

Stabilité. Très bonne stabilité à la lumière. Comme pour les alcools polyvinyliques, un chauffage au-dessus de 100 °C peut provoquer une certaine insolubilité.

Solubilité. Les formals ne se dissolvent que dans quelques solvants puissants, les acétals et les butyrals dans les alcools, l'acétone et les hydrocarbures aromatiques.

Propriétés mécaniques. Tous donnent des films résistants, les formals donnant les plus durs, les butyrals étant comparables à l'acétate de polyvinyle. On a suggéré d'employer des butyrals comme vernis pour tableaux, mais cet usage n'est pas très répandu.

*Producteurs**Formals polyvinyliques*

Formvar (Shawinigan)
Mowital F (Hoechst)
Rhovinal B (Rhône-Poulenc)

Acétals polyvinyliques

Alvar (Shawinigan)
Rhovinal A (Rhône-Poulenc)

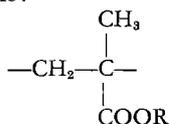
Butyrals polyvinyliques

Butvar (Shawinigan)
Mowital B (Hoechst)
Rhovinal B (Rhône-Poulenc)
Vinylite XYSG et XYHL (Bakelite)
Pioloform (Wacker)

La plupart des produits ci-dessus existent en diverses qualités, qui se différencient par le degré de polymérisation (entre 200 et 2 000) et la teneur en alcool polyvinylique et en acétate de polyvinyle.

Polyméthacrylates

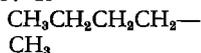
Formule chimique. Les chaînes moléculaires sont formées des motifs :



polyméthacrylate de méthyle: R = CH₃—

polyméthacrylate d'éthyle: R = CH₂CH₃—

polyméthacrylate de *n*-butyle: R =



polyméthacrylate d'isobutyle: R =



Propriétés

Stabilité. Bonne stabilité à la lumière. Stables jusqu'aux points de fusion. On a noté chez certains polyméthacrylates (d'isobutyle en particulier, mais non de méthyle) une tendance à devenir insolubles, par pontage sous l'action de la lumière, sans changer toutefois d'aspect.

Solvants. Les polyméthacrylates de butyle peuvent être dissous dans les hydrocarbures aromatiques comme le toluène, et même dans la térébenthine, et dans les solvants pétroliers ayant une teneur en aromatiques de 25 à 35 %. Le polyméthacrylate de méthyle est plus difficile à dissoudre, mais donnera une solution de viscosité relativement basse dans un mélange (à 4 parties contre 1) de toluène et de méthanol.

Propriétés mécaniques. Films résistants et d'une transparence vitreuse. Le méthacrylate de méthyle est le plus dur, le méthacrylate de *n*-butyle le plus élastique. Le polyméthacrylate

TABLEAU 3. Alcools polyvinyliques: pourcentage moyen d'acétate (hydrolyse à 85-90 %).

| Noms commerciaux | Viscosité ^a | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------|---------------------------|-------|---------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2-3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Alcotex | | 88-05 | 88-10 | | 88-20 | | 88-32 | | | |
| Elvanol | | 51-05 | | | 52-22 | 71-24 | 70-30 | 50-42 | 72-51 | 72-60 |
| Gelvatol | | 20-30 | | | 20-60 | | | 20-90 | | |
| Gohsenol | | GL-05 | | GM-14 | | | | | | |
| Lemol | | 5-88 | | | 22-88 | | | 42-88 | | |
| Mowiol | | 30-88 | 50-88 | 70-88 | | | | | | |
| Polyviol | | Mo5-140 | | MI3-140 | | W25-140 PVA-217 HS-100 | | | | |
| Rhodoviol | | | | | | | | | | |
| Vinavilol | | 4-88 4-92 ^b | | 20-88 | | | | 42-88 | | |

^a. La viscosité est exprimée en centipoises, d'une solution à 4 % dans l'eau à 20 °C.

^b. Hydrolyse à 92%.

TABLEAU 4. Alcools polyvinyliques: pourcentage élevé d'acétate (hydrolyse à 75-80 %).

| Noms commerciaux | Viscosité | | | |
|------------------|-----------|-------|--------------|--------|
| | 1,5-2 | 2-3 | 5 | 15 |
| Alcotex | | | 75.L 78.L | |
| Gelvatol | 40-10 | 40-20 | | |
| Rhodoviol | | | BS-125 | MS-135 |

de *n*-butyle a une forte tendance à retenir les poussières (voir ce qui a été dit plus haut des vernis, p. 331).

Point de ramollissement (T_g)

Méthyle: 105 °C.

Éthyle: 65 °C.

n-butyle: 22 °C.

Producteurs. Des producteurs très divers fournissent des solutions et des émulsions des polymères acryliques et méthacryliques. Le polyméthacrylate de méthyle se rencontre le plus couramment sous forme de feuilles (voir plus bas « Feuilles transparentes »). Deux producteurs fournissent sous forme solide, sans adjuvants, les produits suivants :

Dupont Polychemical Department¹: *Viscosité*²

Elvacite 2008, 2009, 2010 et 2014
(polyméthacrylate de méthyle) 0,20-1,20

Elvacite 2042 (polyméthacrylate
d'éthyle) 0,91

Elvacite 2044 (polyméthacrylate
de *n*-butyle) 0,53

Elvacite 2045 (polyméthacrylate
d'isobutyle) 0,66

Elvacite 2046 (copolymère à
parties égales de méthacrylate de
n-butyle et d'isobutyle) 0,61

Elvacite 2013 (copolymère de
méthacrylate de méthyle de
n-butyle) 0,20

Elvacite 2014 (copolymère de
méthacrylate de méthyle) 0,45

Rohm and Haas (États-Unis d'Amérique):

Acryloid B-72 (copolymère d'acry-
late de méthyle et de méthacrylate
d'éthyle) 29³

NOTE SUR LES ÉMULSIONS ACRYLIQUES

Les émulsions dont la composition n'est pas connue n'ont pas été mentionnées dans la présente section relative aux vernis thermoplastiques. Il ressort cependant d'études faites au Mellon Institute que le Rhoplex AC-33 (Rohm and Haas) est très résistant au pontage et forme un film brillant et transparent. Il est possible que ce produit soit à base de copolymère acrylique-méthacrylique analogue à l'Acryloid B-72, bien que de poids moléculaire plus élevé. Son agent dispersif est non ionique, et il a supporté avec succès (comme milieu

émulsif pour peintures) une exposition de sept années aux agents atmosphériques.

Les Acryloids (Rohm and Haas) sont connus en Europe, sous le nom de Paraloids et les Rhoplexes sous celui de Primals. Les chiffres et les lettres restent les mêmes :

Acryloid B-72 = Paraloid B-72

Rhoplex AC-33 = Primal AC-33

La société Rohm and Haas des États-Unis n'a rien de commun avec la société Röhm und Haas (République fédérale d'Allemagne).

RÉSINES AW2, MS2, MS2A

Ces résines ont rencontré une certaine faveur en tant que vernis pour tableaux, car leurs qualités de manipulation et leurs propriétés mécaniques sont analogues à celles des résines naturelles, dammar et mastic. Elles résistent mieux toutefois au jaunissement et à l'oxydation, et des trois, c'est MS2A qui est la plus durable.

Comme le dammar et le mastic, quoique solubles dans le white spirit lorsqu'ils sont frais, les films ne peuvent plus être enlevés au bout d'un certain temps qu'à l'aide de solvants plus puissants (plus polaires). A la longue une certaine proportion d'alcool éthylique ou d'un solvant analogue deviendra nécessaire; mais cette étape sera atteinte beaucoup plus tard avec le MS2A qu'avec l'AW2 ou le MS2.

L'AW2, le MS2 et le MS2A sont tous trois aussi cassants que les résines naturelles et c'est là leur principal défaut. Les vernis commerciaux dans la composition desquels interviennent ces résines contiennent des plastifiants.

D'après des expériences faites à Londres par la National Gallery, l'AW2 et le MS2 ne produisent pas d'efflorescences aussi facilement que les résines naturelles, mais perdent tout autant leur brillance par formation de rides, bien que l'apparition de celles-ci puisse être plus lente. La résine MS2A, si on ne l'applique pas en couche épaisse, est la moins sujette à ce phénomène.

Constitution chimique. L'AW2 et le MS2 sont formés de motifs de cyclo-hexanone et de méthyle-cyclo-hexanone, unis par réaction avec

1. Les polyméthacrylates fournis par Dupont étaient naguère connus sous le nom d'« Hypalon » ou « Lucite ».

2. Viscosité: viscosité d'une solution de 0,25 g du polymère dans 50 ml de chloroforme à 25 °C, mesurée dans un viscosimètre Cannon-Fenske n° 50.

3. Solution à 20 % dans le toluène à 21,1 °C en centipoises.

le formaldéhyde pour donner une moyenne de 7 unités par chaîne.

Le MS₂A est tiré du MS₂ par réduction chimique des groupements hydroxyyles, ce qui a pour effet d'accroître la stabilité.

Propriétés

Solubilité. Toutes peuvent être dissoutes dans l'éther de pétrole faiblement aromatique, mais elles sont sensibles à la plupart des solvants organiques, y compris les alcools.

Propriétés mécaniques. Cassantes et facilement réduites en poudre par abrasion, lorsqu'elles sont complètement sèches.

Point de fusion. 80-90 °C.

Producteurs:

AW₂: Badische Anilin und Soda Fabrik, Ludwigshafen/Rhein. (République fédérale d'Allemagne).

MS₂ et MS₂A: Howards of Ilford (Royaume-Uni); Howards and Sons Ltd., P.O. Box 995, Cornwall, Ontario, Canada (distributeurs canadiens).

ENDUITS PROTECTEURS POUR OBJETS
ANCIENS

Dans le cas de certains objets métalliques anciens, il est souvent nécessaire d'appliquer des

revêtements superficiels, soit pour éviter le ternissement, soit pour limiter l'humidité, qui peut rendre actifs certains sels corrosifs. Pour qu'elle ne se ternisse pas, la surface doit être enduite d'un revêtement qui soit relativement imperméable à des gaz tels que l'hydrogène sulfuré, sans toutefois donner à l'objet un lustre déplaisant. Des laques spéciales, connues sous le nom d'Ercalene ou de Frigelene, à base de nitrate de cellulose, donnent depuis longtemps satisfaction au British Museum pour les objets de bronze et d'argent. Dans le cas des objets de fer, qui doivent être protégés contre l'humidité atmosphérique, des cires microcristallines telles que le Cosmolloid se sont révélées efficaces (voir ci-après « Cires synthétiques », p. 345); elles sont préférables aussi bien à la cire d'abeille qu'aux cires paraffiniques employées auparavant.

Les objets qui ont tendance à s'écailler ou présentent une surface friable ont également besoin d'être protégés contre les dommages qui pourraient résulter par exemple d'une manipulation maladroite. A cet effet, on a appliqué avec succès des émulsions d'acétate de polyvinyle, ou de polyméthacrylates, ou d'une solution de nylon soluble (voir ci-après p. 344); les films obtenus n'exercent pas de contraintes indésirables, et on peut faire en sorte qu'ils présentent un aspect mat agréable à l'œil.

INTRODUCTION

Des feuilles minces, transparentes et flexibles ont été utilisées comme supports, sur une seule face ou sur les deux, pour des matériaux minces et fragiles (tissus, parchemin, papier, etc.). Les feuilles les plus épaisses, qui peuvent être mises en forme par moulage, servent de support discret pour des matériaux fragiles ou fragmentés, par exemple des métaux corrodés.

Mis à part leur emploi sur les objets eux-mêmes, les matériaux synthétiques en feuilles ont de nombreux usages au laboratoire et en atelier.

Les deux types le plus couramment employés de matériaux en feuilles sont le *polyéthylène* (polythène) et la *cellulose*, régénérée ou acétylée (régénérée: cellophane; acétylée: acétate de cellulose, films). Ils sont d'un usage si courant dans la plupart des pays qu'on peut les acheter dans les magasins; c'est pourquoi leurs fabricants ne figurent pas dans les listes ci-après.

On ne peut considérer le polyéthylène comme une matière très stable, car il jaunit et devient plus cassant avec l'âge. L'adjonction d'un matériau de charge comme le noir de carbone en accroît notablement la durabilité, mais en diminue l'utilité pour le conservateur. La majeure partie du polyéthylène actuellement dans le commerce est considérée comme un polyéthylène à faible densité; on produit maintenant un polyéthylène à forte densité, plus rigide, à point de fluage plus élevé, qui est un peu plus transparent.

Le polypropylène, sous la forme actuellement disponible, possède les mêmes propriétés à un degré légèrement supérieur.

On trouve également aujourd'hui du polythène à haute densité sous forme de feuilles perméables, vendues sous le nom de Vyon par

la Porous Plastics Ltd., Dagenham Dock, Essex (Royaume-Uni).

La cellulose régénérée et l'acétate de cellulose forment des films flexibles et parfaitement limpides utilisés comme emballage; leur stabilité à la lumière n'est que modérée, et ils deviennent cassants avec l'âge, par perte de plastifiant. Si l'on a besoin d'un film plus durable de ce genre, on pourra recourir à l'acétate-butyraté de cellulose (CAB) bien que sa fabrication exige l'addition d'un plastifiant qui risque de disparaître par le lessivage ou migration. Les feuilles de *nitrocellulose* (celluloïd) ne sont pas recommandées pour la conservation des objets de musée, car cette matière est très inflammable et s'obscurcit par exposition à la lumière; il arrive que certains objets de papier, conservés dans des enveloppes en nitrocellulose non stabilisée, soient détruits par les produits de décomposition de cette substance, principalement l'acide nitrique.

Deux matériaux synthétiques, le *polyméthacrylate de méthyle* et le *téréphtalate de polyéthylène* donnent des feuilles d'une excellente durabilité et d'une grande résistance.

Le polyméthacrylate de méthyle est une des résines acryliques (polyacrylates et polyméthacrylates), qui présentent pour la plupart une bonne stabilité à la lumière; il est très transparent, mais si on le substitue au verre, il a l'inconvénient de se rayer facilement et d'accumuler une charge d'électricité statique qui attire les poussières. Ce dernier défaut, commun à la plupart des substances plastiques et lié à leurs propriétés isolantes, peut être corrigé par application d'un vernis que fournit le fabricant. Au début, le polyméthacrylate de méthyle avait tendance à se craqueler à la lumière solaire; il le fait beaucoup moins aujourd'hui, grâce à l'addition d'un stabilisant.

Le téréphtalate de polyéthylène est plus connu sous la forme de la fibre synthétique Térylène (Dacron); on le trouve en feuilles dont l'épaisseur descend jusqu'à 6 microns, et on l'a employé comme film non adhérent pour le rentoilage à chaud. Il est d'une solidité exceptionnelle.

Parmi les polymères vinyliques les plus courants sous forme de feuilles, on trouve le chlorure de polyvinyle (PVC), le chlorure de polyvinylidène (PVDC Saran) et le polystyrène. Bien qu'ils donnent satisfaction pour des usages à court terme, en laboratoire et en atelier, aucun d'entre eux n'est suffisamment stable pour mériter de figurer dans cette liste de matériaux de conservation.

Tous les polymères ci-dessus sont thermo-plastiques, c'est-à-dire qu'ils se ramollissent sous l'effet de la température et peuvent être dissous, parfois avec difficulté.

Il n'existe pas de feuilles très flexibles parmi les résines thermodurcissables (insolubles); ces dernières se vendent à présent sous la forme de feuilles rigides appelées laminés. Elles sont à base de mélamine-formaldéhyde, d'urée-formaldéhyde ou de phénol-formaldéhyde (bien que ce dernier ait tendance à s'obscurcir), et servent souvent à réaliser des surfaces résistantes (Formica, Warélite, Bakélite, Tufnol: noter que ces noms commerciaux sont parfois utilisés pour désigner d'autres matériaux). Elles ont peu d'applications directes dans les travaux de conservation, sauf comme matériaux de support ou d'armature des objets exposés dans les musées.

FILMS POUR PELLICULAGE

Pour renforcer des documents devenus trop cassants ou trop fragiles, que les manipulations risquent d'endommager, on a conçu une technique spéciale de pelliculage du document entre des films plastiques. Les films à base de chlorure de polyvinyle ne sont pas recommandés pour l'enrobage permanent d'archives de grande valeur; car on peut craindre que, dans de mauvaises conditions de stockage, le film ne se dégrade et que la formation de composés chlorés n'endommage les documents de papier. On emploie depuis longtemps avec succès, pour enrober des documents, des films d'acétate de cellulose plastifié, et cette technique peut être considérée comme assez sûre si l'on respecte

les spécifications établies aux États-Unis par le National Bureau of Standards (NBS monograph n° 5) pour l'acétate de cellulose et les plastifiants.

Si l'on se sert d'adhésifs pour coller le film laminé au document, il est indispensable que ces adhésifs soient solubles dans un solvant organique, pour que l'on puisse au besoin « faire marche arrière ».

Si l'on emploie des rubans adhésifs par pression pour réparer un document, on doit s'assurer que l'adhésif employé n'a pas tendance à suinter du ruban au bout d'un certain temps; la plupart des rubans auto-adhésifs ne sont destinés, en principe, qu'à des usages temporaires, mais on trouve maintenant dans le commerce des rubans « permanents » spéciaux dont l'adhésif est spécialement conçu pour ne pas exsuder.

LISTE DE MATIÈRES

Polyméthacrylate de méthyle

TABLEAU 5.

| Nom commercial | Producteur | Épaisseur (en mm) |
|-----------------------------------|--|-------------------|
| Plexiglas ^a (incolore) | Röhm und Haas (Rép. féd. d'Allemagne) Rohm and Haas (États-Unis) | 1,5-25 |
| Perspex ^b | ICI (Royaume-Uni) | 1,0-25 |
| Terplet (non plastifié) | Teerps Kemiske Himmelev, Roskilde (Danemark) | 1,5-25 |
| Soltrans | Productos Canfe, Cordella de Llobregat, Barcelone (Espagne) | 1,0-30 |
| Acrylite | Mitsubishi Rayon Co., Tokyo (Japon) | |

a. Il existe également des formes diffusant la lumière, rugueuses et résistant aux flammes. Au sujet des filtres, UV voir p. 347.

b. Formes diffusantes et rugueuses disponibles.

Propriétés

Stabilité. La stabilité générale est bonne et la résistance à la lumière solaire également satisfaisante.

Solubilité. Soluble dans les hydrocarbures aromatiques et chlorés (benzène, chloroforme), les esters (acétate de butyle), le mélange toluène-méthanol (4 parties pour 1), l'acétone. N'est guère altéré par les alcools inférieurs, les hydrocarbures aliphatiques ou l'eau.

Point de fluage. 100 °C. Peut être plié à la forme désirée à 120 °C.

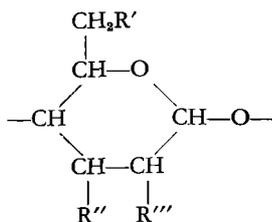
Dérivés de la cellulose

TABLEAU 6. Acétate-butyrate de cellulose (CAB).

| Nom commercial | Producteur | Épaisseur (en mm) |
|----------------|--|-------------------|
| Rhonax II | M and B Plastics 23/25 Eastcastle Street London W.1 (Royaume-Uni) <i>et</i> CIPSO 106, boulevard Haussmann Paris-8 ^e (France) | 1 et 2 |
| Kodacel | Eastman Kodak | |

Les feuilles ci-dessus sont manufacturées à partir du CAB d'Eastman Kodak.

Formule chimique



où R', R'', R''' = hydroxyle, acétate ou butyrate.

Degré de polymérisation. 200 à 300 unités.

Pour la fabrication des feuilles, choisir un CAB de faible viscosité, ayant une teneur en acétate de 6 à 13 % du maximum théorique, en butyrate de 48 à 37 %.

Propriétés

Stabilité. Supérieure à celle de l'acétate de cellulose ou de la cellulose régénérée; comparable à celle des polymères acryliques; résistant à l'humidité; contient un plastifiant pour la fabrication.

‡ *Solubilité.* Soluble dans les cétones (acétone), les esters, le mélange (à 4 parties pour 1) de toluène et d'éthanol. N'est guère altéré par les hydrocarbures aliphatiques ou l'eau.

Point de fluage. Vers 120 °C.

Téréphtalate de polyéthylène

TABLEAU 7.

| Nom commercial | Producteur | Épaisseur (en microns) |
|------------------------|--|------------------------|
| Mylar | Dupont | 6-250 |
| Melinex ^a | ICI | 9-254 |
| Hostaphan ^b | Farbwerke Hoechst (Rép. féd. d'Allemagne) | 10-50 |
| Terphane | Cipso 24, avenue Montaigne Paris-8 ^e (France) | |
| Diafoil | Mitsubishi Kasei Kogyo Co., Tokyo (Japon) | |
| Luminar | Toyo Rayon Co. Tokyo (Japon) | |

a. Le type S a été traité de manière à réduire la charge statique; il a un aspect très légèrement laiteux.

b. Existe également sous forme de film double avec le polyéthylène de type PE.

Propriétés

Semblable du point de vue chimique au Dacron ou au Térylène (voir ci-après « Textiles »).

Solidité exceptionnelle permettant d'obtenir des feuilles très minces.

A ne pas exposer à l'extérieur, en raison d'une certaine sensibilité à la lumière ultraviolette.

Point de fluage très élevé: fond vers 250 °C et peut s'employer jusque vers 200 °C. Très difficile à façonner à chaud.

Ne contient normalement aucun adjuvant.

Note. Beaucoup de polyesters réticulés peuvent s'obtenir sous forme liquide pour la fabrication de vernis, de peintures, d'adhésifs ou de plastiques renforcés par des fibres de verre. Certains d'entre eux sont faciles à fabriquer en feuilles; dans cette catégorie entrent les résines époxydes, remarquables par leur pouvoir adhésif élevé (voir ci-après « Adhésifs »).

ADHÉSIFS

Il sera surtout question, dans cette section, de certains aspects fondamentaux des adhésifs et des catégories de résines synthétiques qui présentent une valeur éprouvée dans le domaine de la conservation.

Classification

Les adhésifs peuvent se ranger sous diverses rubriques, par exemple, nature chimique, état physique, ou applications particulières ; dans le présent contexte, toutefois, la méthode de classification la plus appropriée est celle qui se fonde sur la nature de la réaction qui fait « prendre » l'adhésif. Pour former un assemblage solide, un adhésif liquide doit se solidifier, ce qui peut se faire de diverses manières. Il en existe quatre catégories principales, répondant aux quatre cas suivants :

1. Prise due uniquement à un changement de température, comme celle d'un solide fondu qui durcit en refroidissant, à la manière de la cire à cacheter. Cette catégorie comprend les divers types d'adhésifs à base de mélanges de cires et de résines qu'on emploie avec succès, par exemple pour le rentoilage des tableaux.
2. Prise due à un changement de température accompagné d'une perte de solvant (eau en général). Ce cas est celui, par exemple, des divers types de colles animales, qui s'emploient depuis les temps les plus anciens.
3. Prise due uniquement à une perte de solvant. Cette catégorie comprend toute la gamme des adhésifs où un solide à propriétés adhésives est dissous ou dispersé dans un liquide et se reforme par évaporation de ce dernier. C'est à cette catégorie qu'appartiennent les véritables adhésifs à solvant et à émulsion.
4. Prise due à une réaction chimique. Cette

catégorie comprend les nombreux types récents d'adhésifs à base de résines synthétiques, qui restent liquides jusqu'à ce que l'addition d'un corps chimique (appelé durcisseur) les transforme en un solide insoluble. Deux groupes importants appartiennent à cette catégorie, dans le premier la perte de matière volatile, habituellement de l'eau, se produit pendant la réaction de prise tandis que dans le second elle ne s'accompagne d'aucune perte de substance volatile. Le premier groupe comprend les résines phénol-formaldéhyde et urée-formaldéhyde et leurs diverses variantes, le second les résines époxydes et polyesters.

Si nous avons choisi ce mode particulier de classement, c'est qu'il fait ressortir une propriété d'importance capitale, en ce qui concerne l'emploi des adhésifs pour la restauration des objets de musée : nous voulons parler du retrait plus ou moins notable qui peut se produire au cours de la prise de l'adhésif.

C'est ainsi que, dans le cas des adhésifs des classes 2 et 3, dont la prise résulte d'une perte de solvant et de ceux de la classe 4 pour lesquels la réaction de prise est due à une perte de substance volatile, il se produit un retrait considérable, générateur des contraintes qui risquent d'affaiblir le joint adhésif ou de provoquer une déformation de l'assemblage. Par contre, les adhésifs de classe 4, dont la réaction de prise ne s'accompagne d'aucune perte de matière volatile, ne se contractent guère ; ils présentent donc un intérêt particulier pour la conservation et certains d'entre eux se rapprochent beaucoup, sous certains rapports, de l'adhésif idéal, à savoir un adhésif liquide qui soit un « solide en puissance » et puisse se solidifier à la température ordinaire, dont la vitesse de prise soit réglable et qui ne subisse aucun retrait notable.

Notons en passant qu'un adhésif d'un type *chimique* donné peut figurer dans plusieurs des classes ci-dessus, selon ses divers modes d'application. C'est ainsi qu'un matériau thermoplastique comme l'acétate de polyvinyle peut prendre de trois façons: par solidification du polymère fondu (classe 1), par solidification d'une solution ou d'une émulsion du polymère avec perte de solvant (classe 3) ou par solidification résultant d'une réaction chimique du polymère dissous dans le monomère (classe 4).

Les adhésifs compris dans la classification ci-dessus sont généralement appelés « adhésifs structuraux »; cette désignation indique la différence essentielle entre les substances qui se solidifient en prenant et les adhésifs par pression, liquides visqueux qui restent collants de façon permanente et dont la forme la plus courante est celle de rubans adhésifs.

Adhésifs thermoplastiques

Les résines de ce groupe qui servent le plus souvent à des travaux de conservation sont les suivantes:

Acétate de polyvinyle. Ce matériau se présente soit comme un solide blanc soluble dans divers solvants organiques, soit en émulsion aqueuse; c'est essentiellement une substance polaire qui adhère bien à tous les matériaux, poreux ou non poreux. Il se caractérise par la souplesse du film adhésif de sorte qu'il convient particulièrement au traitement de matières comme les textiles, le papier et le cuir. On dispose aujourd'hui d'un grand nombre d'émulsions d'acétate de polyvinyle, dont chacune a ses caractères propres; on admet généralement que les émulsions à plastification interne stabilisées à l'alcool polyvinyle sont les adhésifs qui conviennent le mieux aux travaux de conservation. Il ne faut pas oublier que ces adhésifs ont tendance à gonfler légèrement dans l'eau, mais ne s'y dissolvent pas, et qu'ils sont légèrement acides (Afolac, Cascorez, Galatac, Lemac, Texicote, Vestolet, Vinamul, et tableau 1 ci-dessus relatif aux acétates de polyvinyle).

Alcool polyvinyle. Ce produit se forme par hydrolyse de l'acétate de polyvinyle, un certain nombre de groupements acétyles étant remplacés par des groupements hydroxyles. On en trouve diverses qualités, différant par le degré de

polymérisation et le degré d'hydrolyse. Cette substance est fortement polaire, insoluble dans la plupart des solvants organiques, mais totalement soluble dans l'eau froide si la proportion de groupements hydroxyles présents est d'environ 75 %. Une solution d'alcool polyvinyle de bonne qualité devrait être pratiquement neutre et le rester, même en cas de stockage prolongé. Ce matériau a été employé au collage de tissus fragiles (drapeaux et autres) sur des supports plastiques (voir ci-dessus les tableaux 2 à 4 concernant les alcools polyvinyliques).

Acétals polyvinyliques. Ils sont préparés par réaction de l'alcool polyvinyle avec divers aldéhydes comme le formaldéhyde, l'acétaldéhyde ou le butyraldéhyde. Ce sont des solides blancs, solubles dans les solvants organiques et normalement employés comme adhésifs à solvant. Le formal polyvinyle a été recommandé comme adhésif pour le collage de tissus délicats sur des supports, car il ne tache pas l'étoffe, bien qu'on ne puisse l'enlever qu'avec des solvants puissants. Le butyral polyvinyle est supérieur sous ce rapport.

Acrylates. Les esters des acides acrylique et méthacrylique ont été employés pour préparer, par copolymérisation de monomères convenables, des matériaux très divers qui peuvent être utiles comme adhésifs; en général leurs propriétés sont analogues à celles des adhésifs à base d'acétate de polyvinyle et on les trouve dans le commerce sous forme de solutions dans des solvants organiques ou d'émulsions (Bedacryl, Elvacite, Méthacrol, Plexisol, Plectol, Vedril, Vynacril).

Caoutchouc synthétique. On emploie parfois, pour la préparation d'adhésifs, divers genres de caoutchouc synthétique produits par copolymérisation de substances comme le butadiène, le styrène et l'acrylonitrile. Leur principal avantage réside dans leur aptitude à produire une bonne adhérence spécifique entre des objets de nature très diverse et dans le fait que, si l'adhésif est soumis à des contraintes, son élasticité lui permet de supporter une grande partie de l'effort sans qu'il y ait rupture. Ils peuvent s'employer sous forme de solutions dans les solvants organiques ou d'émulsions.

Dérivés cellulosiques. L'un des premiers adhésifs à base de résines synthétiques fut le nitrate de cellulose (appelé habituellement, de manière incorrecte nitrocellulose). Il a beaucoup servi à des travaux de conservation sous la forme d'une solution de nitrate de cellulose d'une qualité appropriée dans un mélange à parties égales d'acétate d'amyle et d'acétone. Il s'est révélé particulièrement utile pour la réparation de matériaux tels que la terre cuite, la porcelaine et le verre. Plus récemment, des dérivés de type voisin, comme l'acétate et le caprate de cellulose, dissous dans un solvant organique, ont été employés comme adhésifs.

On a également produit des dérivés de la cellulose qui sont solubles dans l'eau et ont un pouvoir adhésif; ils comprennent les dérivés éthers, éthyl — et méthyl-cellulose, et le dérivé connu sous le nom de carboxyméthyl-cellulose. Les composés hydrosolubles sont utiles comme adhésifs à usage général dans le domaine des textiles et du papier (Celacol, Celofas, Courlose, Modocoll).

Nylon soluble. C'est une forme spéciale chimiquement modifiée du nylon (*n*-hydroxyméthyl-nylon) que l'on obtient en traitant le nylon par le formaldéhyde. Il se présente sous l'aspect d'une poudre blanche, soluble dans le méthanol ou l'éthanol, dans l'alcool à brûler industriel, ou dans un mélange de 70 parties de ces alcools avec 30 parties d'eau; la solution a tendance à former un gel à la température ordinaire, mais redevient liquide par chauffage à 70 °C. Cette substance est particulièrement utile dans le cas où l'on désire employer un adhésif mobile non aqueux; en outre le film adhésif est assez souple et ne tend pas à exercer de contraintes lorsqu'on s'en sert, par exemple, pour recoller les parties qui s'écaillent d'une peinture murale à la détrempe (Elvamide, Maranyl, Calaton CA, Nylon soluble).

Adhésifs thermodurcissables (ou durcissant à froid)

Urée-formaldéhyde, et mélamine-formaldéhyde. Les substances de ce genre, produites par action du formaldéhyde sur l'urée ou la mélamine, sont très employées comme adhésifs pour le bois; elles ont complètement remplacé les résines de type phénol-formaldéhyde qui, ayant tendance à s'assombrir, ne conviennent guère aux travaux

de conservation. Elles se forment par réaction chimique entre le composant résineux et un durcisseur, et leur mode d'application peut varier selon la manière dont le durcisseur est mélangé avec le composant résineux. Il existe, en gros, trois façons de procéder:

1. Le durcisseur est ajouté à la résine dans une proportion donnée, pour former un mélange qui prend en un temps donné, assez bref.
2. Le durcisseur est appliqué sur l'un des éléments à coller, la résine sur l'autre et les deux surfaces sont maintenues en contact par pression jusqu'à la prise du système adhésif.
3. L'adhésif est fourni sous la forme d'une poudre sèche contenant la résine et le durcisseur, à laquelle il suffit d'ajouter de l'eau pour obtenir un système adhésif actif qui peut être appliqué de la manière habituelle.

Des durcisseurs spéciaux ont été mis au point pour des besoins particuliers. Certaines résines urée-formaldéhyde peuvent s'employer comme adhésifs bouche-trous en couches adhésives relativement épaisses qui assurent une liaison solide et durable. Ces bouche-trous sont d'un intérêt évident pour la réparation d'objets de musée dont les parties à recoller ne se raccordent pas exactement (Aérolite, Cascamite, Melocol, Sumibond).

Résines époxydes (ou éthoxyliques). Ces résines comptent parmi les innovations les plus récentes dans le domaine des adhésifs synthétiques. Elles consistent essentiellement en un composant résineux visqueux possédant un groupement époxyde, qui, par réaction avec un durcisseur convenable (il en existe beaucoup), forme un système liquide passant à l'état solide final sans perte d'aucune matière volatile; la prise s'effectue donc sans retrait appréciable, de sorte qu'il ne s'établit aucune contrainte de nature à provoquer une déformation de l'ensemble collé. En outre, ces résines sont, parmi les adhésifs existants, ceux qui ont le plus d'applications diverses; elles peuvent former des liens solides entre toutes sortes de surfaces. Elles se présentent sous des formes variées (solides, liquides ou pâteuses) entre lesquelles le « conservateur » peut choisir celle qui convient le mieux à ses besoins immédiats (Araldite, Lekutherm, Permagile, UHU-plus).

Acrylate réticulé. On emploie depuis peu comme adhésif à prise rapide, notamment lorsqu'on a besoin d'un lien extrêmement solide résistant à l'eau, une substance d'un genre spécial (Acrifix 90), à base de résine acrylique, qui peut être réticulée par action d'un durcisseur particulier. Cet adhésif se prépare par adjonction de durcisseurs à la solution résineuse.

Divers

Adhésif Eastman 910. C'est un adhésif d'un type nouveau qui diffère des adhésifs courants par le fait que sa prise ne résulte ni d'une perte de solvant ni d'une réaction chimique provoquée par un durcisseur. Le matériau est un monomère cyano-acrylique, liquide mobile qui se polymérise sous pression pour donner un solide. Pour produire le lien adhésif, il suffit donc d'étaler à la brosse une mince couche de monomère sur l'une des surfaces, préalablement nettoyées et dégraissées, de placer les deux surfaces en contact intime et de les presser l'une contre l'autre à la main, durant un temps très court; on réalise ainsi une liaison très solide entre des surfaces de toute nature. Ce matériau convient particulièrement à la réparation d'objets de verre. La résine, une fois durcie, est soluble dans le diméthyl-formamide.

CONSOLIDANTS

La nécessité de restituer une solidité mécanique à des objets rendus fragiles par leur exposition à des conditions défavorables, ou d'imprégner une surface friable, est un problème constant de conservation. Les matériaux traditionnels d'usage courant dans le passé étaient la cire d'abeille ou des solutions de résines naturelles comme le shellac. Ces substances présentent toutefois certains inconvénients et l'apparition de matériaux synthétiques offre la possibilité de mettre au point de meilleures méthodes de consolidation. Ces matériaux peuvent se ranger sous les rubriques suivantes :

Cires synthétiques

Cires microcristallines. Ce sont des cires semi-synthétiques, sous-produits du raffinage du pétrole; elles ont une structure microcristalline qui les rend plastiques alors que les cires paraffiniques naturelles sont cassantes. La

gamme de leurs points de fusion est très étendue et leur consistance très variable (voir index: Cosmolloid).

Cires au polyéthylène-glycol. Les polyéthylène-glycol sont des polymères de l'éthylène-glycol; la série comprend, de bas en haut, des liquides visqueux, des pâtes et des solides qui ont l'aspect physique des cires, mais se distinguent des cires ordinaires par le fait qu'ils sont fort solubles dans l'eau à la température ordinaire. Leurs noms commerciaux sont aux États-Unis et au Royaume-Uni, Carbowax et PEG, en Europe, Polywachs. Deux exemples montreront l'intérêt de ces cires comme consolidants: le Carbowax 1500 peut s'employer pour rendre de la souplesse à un cuir ancien devenu cassant et fragile par dessèchement; le Carbowax 4000 a été substitué avec succès à l'eau, dans des objets en bois fragiles et imprégnés d'eau, pour éviter qu'ils ne se déforment et pour leur donner plus de solidité mécanique.

Cires modifiées. La mise au point de copolymères d'éthylène et d'acétate de vinyle thermoplastiques, amorphes et de haut poids moléculaire a permis de donner aux cires des propriétés analogues à celles des matières plastiques et donc d'effectuer des liaisons à base de cires de paraffine ou de microcires, qui rivalisent avec les revêtements de polymères de haute qualité. Dans le commerce, ces copolymères sont vendus, tant aux États-Unis d'Amérique qu'en Europe, sous le nom d'Elvax.

Solutions de résines synthétiques

Les résines synthétiques décrites dans la section « Adhésifs » peuvent, en solution convenable, servir à consolider des objets fragiles; cette technique réussit assez bien dans le cas de matières poreuses comme l'os et l'ivoire; mais, dans d'autres cas, comme le solvant doit s'évaporer, il se forme à la surface de l'objet une pellicule de résine, à moins que l'imprégnation ne se fasse sous vide. Cela restreint considérablement l'emploi de cette technique de consolidation.

Résines sans solvant

L'existence de types de résines synthétiques sans solvant, applicables sous la forme de liquides

mobiles qui se solidifient *in situ* à la température ordinaire sous l'influence d'un durcisseur, offre une nouvelle façon de traiter les problèmes de consolidation. La méthode est très souple et peut s'adapter à des besoins particuliers; le temps de prise peut être modifié par le choix d'un durcisseur convenable ou l'addition d'un accélérateur et on peut faire varier le degré d'élasticité de la résine en ajoutant un plastifiant ou en altérant la nature de la résine.

Du point de vue chimique, les résines utilisées se classent comme suit:

Polyesters. Ces substances sont produites par une réaction entre un polyalcool et un polyacide; il en existe une large gamme, leur nature variant avec celle du réactif employé. On les mélange souvent avec des solides inertes (Bondafiller, Crystic, Leguval, Palatal, Stratyl).

Résines époxydes (éthoxylines). Elles sont analogues, du point de vue chimique, aux résines déjà décrites comme adhésifs; les types spéciaux vendus dans le commerce comme résines à couler sont les plus faciles à employer comme

consolidants. Le caractère le plus important de ces substances est qu'elles prennent à la température ordinaire sans retrait appréciable; diverses compositions peuvent servir à consolider des métaux, du bois, et de la pierre (Araldite, Epophen, Lekutherm).

Résines polyacryliques. On les trouve sous la forme d'un système à deux composants formé du polymère et du monomère, dans lequel on a dissous un catalyseur; le polymère solide est mélangé avec le monomère liquide additionné de catalyseur, pour former un liquide mobile ou une pâte qui prend à la température ordinaire. Certaines préparations peuvent conduire à un retrait appréciable (jusqu'à 10 %); mais une substance vendue depuis peu sous le nom de Technovit mérite une mention particulière, car il paraît que sa prise ne s'accompagne que d'un très faible retrait; d'où son intérêt spécial pour la restauration et la consolidation des objets de verre et de métal (Technovit, Tensol, Plexigum M355).

FILTRES ULTRAVIOLETS

Les filtres ultraviolets sont des substances chimiques qui absorbent les radiations ultraviolettes; incorporés à des feuilles ou des vernis transparents, ils laissent passer la lumière visible mais arrêtent l'ultraviolet. Le matériau transparent, tout en restant presque incolore, peut donc protéger les couleurs ou les matières qui risqueraient d'être détériorées par les radiations ultraviolettes.

Parmi les nombreuses substances chimiques qu'on a proposé d'employer pour absorber la lumière ultraviolette, deux types importants existent sous forme de poudres: les benzophénones et les benzotriazoles.

Les variétés existantes de benzophénone diffèrent par: a) la capacité d'absorption ultraviolette; b) les caractères de solubilité et de compatibilité. Elles ne varient guère pour autant qu'on sache, en durabilité; on n'a donc aucune

raison de choisir un absorbant faible là où une plus petite quantité d'un absorbant plus énergique peut produire le même effet. Les absorbants trop faibles (à l'exception de deux variétés hydro-solubles) ne figurent pas dans la liste ci-dessous.

Pour arrêter à peu près toutes les radiations de longueur d'onde inférieure à 4000 Å dans un film mince (comme un vernis), il faut y incorporer un filtre énergétique, car si on avait recours à un absorbant relativement faible, la concentration deviendrait prohibitive.

Filtres ultraviolets en poudre

Benzophénones substituées (voir tableau 8). Formule de la benzophénone, avec numérotation de la position des substituants:

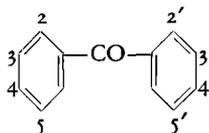


TABLEAU 8.

| Nom commercial | Producteur | Formule | Solubilité |
|----------------|------------|---|--------------------------|
| Uvinul D-50 | Antara | 2,2', 4,4' - tétra-hydroxy | Alcool, esters, cétones |
| Uvinul D-49 | | 2,2' - dihydroxy, 4 - méthoxy | Esters, cétones, toluène |
| Uvinul 490 | | Mélange d'isomères des dérivés hydroxy et méthoxy | Alcools, esters, cétones |
| Uvinul DS-49 | | | Eau |
| Cyasorb UV 24 | Cyanamid | (Comme Uvinul D-49) | |
| Cyasorb UV 284 | | 2-hydroxy, 4-méthoxy, 5-sulfo, trihydrate | Eau |

TABLEAU 9.

| Nom commercial | Producteur | Formule | Compatibilité |
|-------------------|------------|--|--|
| Tinuvin P | Geigy | Dérivés de l'hydroxyphényl-benzotriazole | Esters de cellulose |
| et Tinuvin 326 | | | Acétate de polyvinyle; polyméthacrylates; polyesters |

TABLEAU 10.

| Nom commercial | Producteur | Formule | Solubilité |
|----------------|---------------|--------------------------------------|---|
| OPS | Eastman Kodak | Salicylate de <i>p</i> -octylphényle | Alcools, cétones, hydrocarbures aromatiques et aliphatiques |
| RMB | | Monobenzoate de résorcinol | Alcools, cétones |

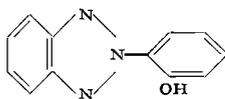
TABLEAU 11.

| Nom commercial | Producteur | Épaisseur (en mm) | Filtre UV |
|--|----------------------------|-------------------|--------------|
| Plexiglas UF-1 et UF-3 Orogilas UF-1 et UF-3 (ailleurs qu'aux États-Unis) | Rohm and Haas (États-Unis) | 1,5-6 | Non spécifié |

TABLEAU 12.

| Nom commercial | Producteur | Épaisseur | Filtre UV |
|--|------------------|------------------|--|
| Castsheet Formula L. 822 Colour L. 419 | Amcel | 75-250 microns | Un Uvinul |
| Celastoid S 661 | British Celanese | 1,5 mm seulement | 0,03 % de Tinuvin P en poids par feuille |
| Rhodialine U Incolor (transparent) | Rhône-Poulenc | 0,1 mm | Non spécifié |

Triazoles (voir tableau 9). Formule de l'hydroxyphényl-benzotriazole :



Autres substances (voir tableau 10)

Filtres ultraviolets en feuilles

Certaines feuilles de polyméthacrylate de méthyle et d'acétate de cellulose contiennent des filtres ultraviolets incorporés ; pour des feuilles épaisses, jusqu'à 5 mm environ, seuls les méthacrylates mentionnés ici sont à retenir, leur coût relativement élevé étant compensé par leur durabilité. L'acétate de cellulose ne constitue pas le matériau idéal pour des feuilles minces, à cause de sa durabilité limitée (l'acétate-butyrate de cellulose lui serait supérieur à cet égard) ; mais on ne trouve pas encore sur le marché de matériau plus permanent. En pays tempérés, l'acétate de cellulose assure une protection efficace pendant cinq à dix ans.

Polyméthacrylate de méthyle (voir tableau 11)

L'UF-3 constitue un filtre UV plus énergique que l'UF-1 et il convient par conséquent de lui donner la préférence chaque fois que sa teinte légèrement jaune est tolérable. On peut l'obtenir sous forme de tuyaux adaptables aux tubes fluorescents.

Acétate de cellulose (voir tableau 12)

Vernis filtrant l'ultraviolet

Il est facile d'ajouter l'une des poudres indiquées ci-dessus à une solution de vernis et de fabriquer ainsi soi-même un vernis filtrant l'ultraviolet. Un tel vernis doit être essayé à quatre égards au moins : *a*) compatibilité (c'est-à-dire limpidité inaltérée) de l'agent absorbant dans le film frais ; *b*) compatibilité durable (il arrive que l'absorbant vienne cristalliser en surface au bout de quelques semaines ou quelques mois) ; *c*) courbe d'absorption ultraviolette du film frais ; *d*) courbe d'absorption ultraviolette du film vieilli (dans certains vernis synthétiques huileux un agent absorbant l'ultraviolet peut perdre rapidement son efficacité).

Il est difficile d'appliquer sur du verre, sans qu'il soit visible, un vernis absorbant l'ultra-violet, car sur des films limpides les coups de brosse, les larmes et les coulées de vernis se remarquent immédiatement; d'autre part, l'épaisseur du film doit être partout celle qui convient pour assurer l'absorption voulue.

En raison de ces difficultés, il est fortement recommandé d'acheter un vernis tout fait et d'apporter grand soin à son application (voir tableau 13).

Note. Au moment de mettre sous presse, nous apprenons qu'on fabrique maintenant sous le nom de Fadeban UV 393, un « verre de sécurité » formé de deux lames de verre emprisonnant un filtre UV (benzophénone de l'American Cyanamid dans le butyral polyvinyle).

Il existe également une matière translucide, Northlite 393, qui transmet 50 % de la lumière visible, comprend un filtre UV, et assure une bonne protection contre le rayonnement thermique. Ces produits n'ont pas encore fait l'objet d'essais méthodiques dans les musées, mais semblent, en principe, devoir donner toute satisfaction. Fabricant: Shatterprufe Safety Glass Co. Ltd. Port Elizabeth (Afrique du Sud).

MATÉRIAUX DE MOULAGE ET D'ENCASTREMENT

Pour fabriquer des copies d'objets de musées, il est essentiel de choisir des matériaux de moulage qui ne puissent avoir aucune action fâcheuse sur la surface de ces objets. Parmi les dangers auxquels les opérations de moulage exposent les antiquités, nous citerons:

1. La présence, dans le matériau de moulage, de substances aptes à réagir au contact de l'objet à mouler. On peut dans ce cas empêcher le contact par interposition d'un isolant.

2. L'inélasticité du matériau de moulage, qui risque de s'accrocher à certaines aspérités du modèle et de les casser lorsqu'on détache le moule; on peut surmonter cette difficulté en adoptant une technique de moulage par éléments distincts.
3. Des propriétés adhésives qui risquent d'avoir les mêmes inconvénients décrits sous 2.
4. Un dégagement excessif de chaleur lors de la prise du matériau de moulage.

C'est de la nature et de l'état du modèle que dépendent les précautions à prendre dans chaque cas particulier. Il ne faudra pas perdre de vue non plus le retrait auquel les matériaux de moulage sont plus ou moins sujets, ni la possibilité de rendre au moule ses dimensions initiales.

Beaucoup de matières synthétiques sont proposées par leurs fabricants comme matériaux de moulage. Celles qui semblent convenir au moulage des antiquités sont citées dans le tableau 14.

TABLEAU 14.

| Producteur et nom commercial | Type chimique |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| ICI Ltd.: Welvic | Copolymère de chlorure de polyvinyle |
| Kautschuk GmbH: Naftoflex | Caoutchouc polysulfuré |
| Bayer AG: Siloprene | Caoutchouc aux silicones |
| Midland Silicones: Silastomer | Caoutchouc aux silicones |
| ICI Ltd.: Silcoset | Caoutchouc aux silicones |
| Revertex Ltd.: Revultex | Latex de caoutchouc |

Il est parfois nécessaire, lorsqu'on emploie ces matériaux synthétiques, d'appliquer un film isolant ou lubrifiant sur la surface de l'objet à mouler pour que le moule soit plus facile à détacher ou que l'original ne soit pas souillé, comme il pourrait l'être notamment s'il est fait d'une matière poreuse.

Les fabricants pourront fournir des renseignements sur les matières isolantes; pour le traitement des objets anciens, ce sont les huiles de

TABLEAU 13.

| Nom commercial | Fabricant | Type du vernis | Filtre UV |
|----------------|---|----------------|------------------------------|
| Antisol | Antisol Developments, 28 Blackfriars, Manchester (Royaume-Uni) | Par un alkyde | Une benzophénone |
| R. 1721/15 | Industrial Colours, Walham Grove, London S.W.6 (Royaume-Uni) | Acrylique | Une benzophénone et triazole |

silicones ou l'alcool polyvinylique qui conviennent le mieux. Le Welvic est une substance thermodurcissable; il ne peut donc servir qu'au moulage d'objets capables de résister à la température requise. Les autres matériaux durcissent tous à froid et ont servi avec succès au moulage d'un grand nombre d'antiquités; ils se caractérisent par leur résilience et la faiblesse relative de leur retrait.

TEXTILES

Un certain nombre de substances synthétiques peuvent se fabriquer sous la forme de textiles, qui présentent divers avantages sur les textiles naturels et peuvent s'employer comme supports. Ils se caractérisent par leur résistance à la traction, leur durabilité, la stabilité relative de leurs dimensions en atmosphère humide et leur immunité aux attaques des mites et des champignons.

Les principaux textiles utilisés pour les travaux de conservation figurent dans le tableau 15 ci-après.

Parmi eux, les nylons sont remarquablement solides et les polyesters particulièrement infroissables. A l'exception des triacétates, aucun ne souffre de l'humidité, ni du développement de bactéries ou de moisissures. Beaucoup d'entre eux existent sous forme de fils à un seul brin relativement épais et solides (par exemple le nylon) et, dans certains cas, ne sont utilisables comme textiles que sous cette forme (polyéthylène, polypropylène, PVC, Téflon). Le nylon et les polyesters existent en tissus de poids très variable, allant de la gaze fine à la grosse toile.

Il n'a pas été fait mention ci-dessus de certains textiles comme le PVC et le PVDC (Saran, Velon, Tygon, Rhovyl) qui ne sont pas considérés comme des matériaux très stables. Pour la même raison il vaudra mieux éviter d'employer des triacétates pour un traitement permanent, bien que leurs propriétés particulières puissent les rendre propres à d'autres usages dans les laboratoires de conservation.

TABLEAU 15. Textiles.

| Type et quelques noms commerciaux | Structure chimique |
|--|--|
| <i>Polyamides (nylon)</i> | |
| Le nylon est suffisamment connu pour être désigné sous ce nom par les fabricants, bien que beaucoup de noms commerciaux soient encore en usage. Cette remarque vaut également, à des degrés divers, pour les autres textiles cités ci-dessous. | Fabriqué selon deux procédés : <i>a)</i> En attachant les unités monomères d'un amino-acide ; par exemple Nylon 6 $[-NH(CH_2)_5CO-]_n$ <i>b)</i> Par alternance d'un diacide et d'une diamine, par exemple Nylon 66, le nylon commun : $[-CO(CH_2)_4CO-NH(CH_2)_6NH-]_n$ |
| <i>Polyesters</i> | |
| Térylène (Royaume-Uni), Dacron (États-Unis), Tergal (France), Tetlon (Japon). | Téréphtalate de polyéthylène : $[-OCH_2CH_2O-CO-C_6H_4-CO-]_n$ |
| <i>Acryliques</i> | |
| Orlon, Acrilan, Dynel (États-Unis), Courtelle (Royaume-Uni), Crylon (France). | Polyacrylonitrile : $[-CH_2-\underset{\substack{ \\ CN}}{CH}-]_n$ |
| <i>Modacryliques</i> | |
| Verel, Dynel (États-Unis). | Copolymère d'acrylonitrile et de chlorure de vinyldène. |
| <i>Triacétates</i> | |
| Arnel (États-Unis), Tricel (Royaume-Uni), Trilan (Canada). | Triacétate de cellulose (voir formule p. 341, R', R'', R''' = CH ₃ -CO-O-). |
| <i>Polyéthylène</i> | |
| Reevon, Wynene, Velon (États-Unis), Courlene, Courlene X ₃ (polythène à haute densité, Royaume-Uni). | $[-CH_2-]_n$ |
| <i>Polypropylène</i> | |
| Royaume-Uni, États-Unis, Italie. | $[-CH_2-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH}-]_n$ |
| <i>Alcool polyvinylique^b</i> | |
| Vinylon (Japon). | $[-CH_2-\underset{\substack{ \\ OH}}{CH}-]_n$ |
| <i>Polytétrafluoroéthylène</i> | |
| Téflon (États-Unis). | $[-CF_2-CF_2-]_n$ |

a. Noter que les nombres code correspondent aux nombres d'atomes de carbone dans les motifs monomères. Le Nylon 66 possède 6 carbones dans le diacide et 6 également dans la diamine.

b. Rendu insoluble par traitement au formaldéhyde, par exemple.

Index des noms commerciaux

On trouvera ci-dessous une liste sélective des noms commerciaux donnés par divers producteurs aux principales matières synthétiques utilisées pour les travaux de conservation, à l'exception des textiles, dont la liste se trouve dans le tableau 15, p. 351.

Abréviations employées dans la liste des noms commerciaux.

M/F = Mélamine-formaldéhyde
 PV = Polyvinyle
 PVA = Acétate de polyvinyle
 PVC = Chlorure de polyvinyle
 U/F = urée-formaldéhyde

| Nom commercial | Type chimique | Producteur ^a | Référence | Page |
|---------------------------|-----------------------------|---|----------------------|----------|
| Acrifix | Acrylique | Röhm und Haas (Rép. féd. d'Allemagne) | Adhésif | 345 |
| Acrylite | Acrylique | Mitsubishi Rayon Co. (Japon) | Feuille | 340 |
| Acryloid (Primal) | Copolymère acrylique | Rohm and Haas (États-Unis) | Vernis | 337 |
| Aerolite | U/F | | Adhésif | 344 |
| Afcolac | Émulsion de PVA | Ciba | Adhésif | 343 |
| Alcotex | Alcool PV | Revertex | Vernis | 334, 336 |
| Alvar | Acétal PV | Shawinigan | Adhésif | 335 |
| Antisol | Benzophénone | Antisol Developments | Vernis filtrant PUV | 349 |
| Araldite | Époxyde | Ciba | Adhésif consolidant | 344, 346 |
| AW2 | Polycyclo-hexanone | BASF | Vernis | 337 |
| Bakélite AYAF | PVA | Bakélite | Adhésif et vernis | 335 |
| Bakélite XYHL et XYSG | Butyral PV | Bakélite | Adhésif et vernis | 335 |
| Bedacryl 122X | Méthacrylate | ICI | Consolidant | 343 |
| Bedacryl L | Émulsion de méthacrylate | ICI | Consolidant | 343 |
| Bondafiller | Polyester + charge inerte | Bondaglas 55, South End, Croydon, Surrey (Royaume-Uni) | Consolidant | 346 |
| Butvar | Butyral PV | Shawinigan | Adhésif | 335 |
| Calaton CA | Nylon soluble | ICI | Adhésif | 344 |
| Caparol | Émulsion de PVA | Deutsche Amphidin Werke, Hambourg (Rép. féd. d'Allemagne) | Consolidant | — |
| Carbowax | Cire de polyéthylène glycol | Union Carbide | Consolidant | 345 |
| Cascamite | U/F | Leicester Lovell North Baddesley, Southampton (Royaume-Uni) | Consolidant | 344 |
| Cascorez | PVA | Leicester Lovell | Adhésif | 343 |
| Castsheet, Formula L. 822 | Cellulosique | Amcel | Feuille filtrant PUV | 348 |
| Celacol | Cellulosique soluble | British Celanese | Adhésif | 344 |
| Celastoid | Acétate de cellulose | British Celanese | Feuille filtrant PUV | 348 |
| Cellofas | Cellulosique soluble | ICI | Adhésif | 344 |
| Cosmolloïd | Cire (microcristalline) | Astor Boissellier and Lawrence, 9 Savoy St., London W.C.2 (Royaume-Uni) | Consolidant | 345 |

| Nom commercial | Type chimique | Producteur ^a | Référence | Page |
|--------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|----------|
| Courlose | Cellulosique soluble | British Celanese | Adhésif | 344 |
| Crystic | Polyester | Scott Bader | Consolidant | 346 |
| Cyasorb | Benzophénone | Cyanamid | Filtre UV | 347 |
| Eastman 910 | Cyanoacrylate | Eastman Kodak | Adhésif | 345 |
| Elvacite | Acrylique | Du Pont | Vernis | 337, 343 |
| Elvamide | Polyamide (nylon soluble) | Du Pont | Adhésif | 344 |
| Elvanol | Alcool PV | Du Pont | Vernis/adhésif | 334, 336 |
| Elvax | Copolymère de vinyle | Du Pont | Modifiant des cires/adhésif | 345 |
| Epon | Époxyde | Shell Chemicals | Moulant | — |
| Epophen | Époxyde | Leicester Lovell | Consolidant | 346 |
| Ercalene et Frigelene | Nitrate de cellulose | W. Canning and Co., 77 St. John St., London EC1 (Royaume-Uni) | Laque pour antiquités métalliques | 338 |
| Fadeban UV 393 | Benzophénone | American cyanamid | Feuilles absorbant l'UV | 349 |
| Formvar | Formal PV | Shawinigan | Adhésif | 335 |
| Galatac | Émulsion de PVA | ICI | Adhésif | 343 |
| Gelva | PVA | Shawinigan | Adhésif, vernis | 334 |
| Gelvatol | Alcool PV | Shawinigan | Adhésif, vernis | 334, 336 |
| Gohsenol | Alcool PV | Nippon Synthetic Chemicals, Tokyo (Japon) | Vernis/adhésif | 334, 336 |
| Hostaphan | Feuille de polyester | Hoechst | Feuilles | 341 |
| Kodacel | Acétate de cellulose | Eastman Kodak | Feuille absorbant l'UV | 341 |
| Leguval | Polyester | Bayer | Adhésif | 346 |
| Lekutherm | Époxyde | Bayer | Consolidant | 344, 346 |
| Lemac | PVA | Borden | Vernis/adhésif | 334, 343 |
| Lemol | Alcool PV | Borden | Vernis | 334, 336 |
| Luminar | Polyester | Rayon Co., Tokyo (Japon) | Feuilles | 341 |
| Maranyl C 109/P | Nylon soluble | ICI | Adhésif | 344 |
| Melinex | Feuilles de polyester | ICI | Feuilles | 341 |
| Melocol | M/F + U/F | Ciba | Adhésif | 344 |
| Methacrol | Acrylique | Du Pont | Adhésif | 343 |
| Modocoll | Cellulosique hydrosoluble | Mo & Domsjö | Adhésif | 344 |
| Mowilith | PVA | Hoechst | Adhésif, vernis | 334 |
| Mowiol | Alcool PV | Hoechst | Adhésif, vernis | 334, 336 |
| Mowital | Acétal PV | Hoechst | Adhésif | 335 |
| MS2 | Polycyclohexanone | Howards | Vernis | 337 |
| MS2A | Polycyclohexanol | Howards | Vernis | 337 |
| Mylar | Polyester | Du Pont | Feuilles | 341 |
| Naftoflex | Polysulfure | Kautschuk | Moulant | 349 |
| Northlite UV 393 | Benzophénone | Shatterprufe Safety Glass Co. (Afrique du Sud) | Filtre UV | 349 |
| OPS | Phénylsalicylate | Eastman Kodak | Poudre absorbant l'UV | 348 |
| Oroglas (voir Plexiglas) | | | | 348 |
| Palatal | Polyester | BASF | Consolidant | 346 |
| Paraloid | Copolymère acrylique | Rohm and Haas (États-Unis) | Adhésif | 337 |
| PEG | Cire au polyéthylène-glycol | Shell Chemicals et Mo & Domsjö | Consolidant | 345 |
| Permagile | Époxyde | Permagile Distributors Inc., 130 Sunrise Highway, Valley Stream, Long Island, N.Y. (États-Unis) | Adhésif | 344 |
| Perspex | Acrylique | ICI | Feuilles | 340 |
| Pioloform | Butyral de polyvinyl | Wacker | Adhésif | 335 |
| Plexiglas | Acrylique | Rohm and Haas (États-Unis) | Feuilles | 348 |
| Plexigum | Acrylique | Röhm und Haas (Rép. féd. d'Allemagne) | Adhésif | 346 |
| Plexisol | Acrylique | Röhm und Haas (Rép. féd. d'Allemagne) | Adhésif | 343 |
| Plextol | Acrylique | Röhm und Haas (Rép. féd. d'Allemagne) | Adhésif | 343 |

Index des noms commerciaux

| Nom commercial | Type chimique | Producteur ^a | Référence | Page |
|------------------------------------|-----------------------------|--|-----------------------|----------|
| Polyviol | Alcool PV | Wacker | Adhésif, vernis | 334, 336 |
| Polywachs | Cire de polyéthylène-glycol | Hoechst | Consolidant | 345 |
| Poval | Alcool PV | Kurashiki, Rayon Co., Osaka (Japon) | Vernis et adhésif | 334 |
| Primal | Émulsion acrylique | Rohm and Haas (États-Unis) | Adhésif | 337 |
| R 1721/15 | Benzophénone et triazole | Industrial Colours (Royaume-Uni) | Vernis absorbant l'UV | 349 |
| Revultex | Émulsion de caoutchouc | Revertex | Moulant | 349 |
| Rhodester | Polyester | Rhône-Poulenc | Adhésif, vernis | — |
| Rhodialine U | Cellulosique | Rhône-Poulenc | Feuille filtrant l'UV | 348 |
| Rhodopas | PVA | Rhône-Poulenc | Adhésif | 334 |
| Rhodoviol | Alcool PV | Rhône-Poulenc | Adhésif, vernis | 334, 336 |
| Rhonax II | Dérivé de la cellulose | Rhône-Poulenc | Feuilles | 341 |
| Rhoplex | Émulsion acrylique | Rohm and Haas (États-Unis) | Adhésif | 337 |
| Rhovinal | Acétal PV | Rhône-Poulenc | Adhésif | 335 |
| RMB | Benzoate de résorcinol | Eastman Kodak | Poudre absorbant l'UV | 348 |
| Setamul (voir Vinamul) | | | | 343 |
| Silastomer | Silicone | Midland Silicones, 68 Knightsbridge, London SW1 (Royaume-Uni) | Moulant | 349 |
| Silcoset | Silicone | ICI | Moulant | 349 |
| Siloprene | Silicone | Bayer | Moulant | 349 |
| Soltrans | Acrylique | Productos Canfe | Feuilles | 340 |
| Soluble Nylon (voir aussi Maranyl) | Nylon soluble | Tokyo Rayon Co., Tokyo (Japon) | Adhésif | 344 |
| Stratyl | Polyester | Péchiney | Adhésif/consolidant | 346 |
| Sumibond | M/F | Sumitomo Bakelite Co., Tokyo (Japon) | Adhésif | 344 |
| Technovit | Acrylique | Kulzer GmbH, Fröhlingstr. 29, Bad Homburg v. d. Höhe (Rép. féd. d'Allemagne) | Adhésif | 346 |
| Tensol | Acrylique | ICI | Consolidant | 346 |
| Terphane | Polyester | Cipso, 24, av. Montaigne, Paris-8 ^e (France) | Feuilles | 341 |
| Terplet | Acrylique | Terps Kemiske | Feuilles | 340 |
| Texicote | Émulsion de PVA | Scott Bader | Adhésif | 343 |
| Tinuvin | Triazole | Geigy | Filtre UV | 347 |
| UHU-plus | Époxyde | UHU-Werk | Adhésif | 344 |
| Uvinul | Benzophénone | Antara Chemicals | Filtre UV | 347 |
| Vedril | Acrylique | Montecatini | | 343 |
| Vestolet | PVA | Hüls | Adhésif | 343 |
| Vinacryl | Émulsions acryliques | Vinyl Products | Adhésif | 343 |
| Vinalak | PVA | Vinyl Products | Vernis | — |
| Vinamul (Setamul) | Émulsion de PVA | Vinyl Products | Adhésif | 343 |
| Vinavil | PVA | Montecatini | Adhésif, vernis | 334 |
| Vinavilol | Alcool PV | Montecatini | Adhésif, vernis | 334, 336 |
| Vinnapas | PVA | Wacker | Adhésif, vernis | 334 |
| Vynylite | PVA | Bakélite | Adhésif, vernis | 334, 335 |
| Vyon | Polyéthylène | Porous Plastics Ltd., Dagenham (Royaume-Uni) | Feuilles poreuses | 339 |
| Welvic | PVC | ICI | Moulant | 349, 350 |

^a. Les adresses des principaux producteurs figurent dans l'index des producteurs, p. 355.

Index des producteurs

Avec leurs agents principaux dans d'autres pays

AMCEL Celanese Corporation of America, 180 Madison Avenue, New York 16, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

Siège européen Amcel Europe, 251, avenue Louise, Bruxelles (Belgique).

Royaume-Uni Celanese Corporation of America, 49 Old Bond St., London W.1.

République fédérale d'Allemagne Plastica Repenning K.G., Anderalstr. 26, Hamburg.

France 8, place Vendôme, 75 Paris-8^e.

Italie Soc. Usvico, via Generale Albricci, 8, Milano.

Suède Scandinavian Raw Materials A.B., Virebergswagen 19, Solna, Stockholm.

Inde Industrial and Allied Chemicals, Bombay.

Japon Percy Breen, Tokyo.

ANTARA Antara Chemicals, 435 Hudson St., New York 14, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

Royaume-Uni Fine Dyestuffs and Chemicals Ltd., Calder St., Manchester 2.

ANTISOL DEVELOPMENTS Antisol Developments, 28 Blackfriars, Manchester (Royaume-Uni).

BASF Badische Anilin und Soda Fabrik A.G., Ludwigshafen am Rhein (République fédérale d'Allemagne).

États-Unis d'Amérique BASF Inc., 375 Park Avenue, New York 22, N.Y.

France Imaco S.A., 5, rue Alfred-de-Vigny, 75 Paris-8^e.

Italie SASEA, via Matteo Bandello, 6, Milano.

Royaume-Uni Allied Colloids Ltd., 2 The Green, Richmond, Surrey.

Suède AB Triga, P.B. 2064, Kungssport-savenyen 31-35, Gotenburg 2.

Inde Chemicolour Private Ltd., P.O.B. 1881, Kasturi Buildings, Jamshedji Tata Road, Bombay 1.

Japon Color-Chemie Trading Co. Ltd., Tazan Building; n° 9, 4-chome Honcho, Nihombashi Chuo-Ku, Tokyo.

BAKÉLITE Bakelite Division, Union Carbide Corporation, 30 East 42nd St., New York 17, N.Y. (États-Unis d'Amérique).

Royaume-Uni Bakelite Ltd., 12-18 Grosvenor Gardens, London SW 1.

République fédérale d'Allemagne A. Richard Tischer, Neuer Jungfernstieg 17 A, Hamburg 36.

France Compagnie industrielle Savoie-Acheson, 12, rue du Général-Foy, 75 Paris-8^e.

Italie Chem-Plast, via Carducci, 21, Milano.

Suède Edstrom Trading Co., A.B., Kungsgatan 33, Stockholm.

Inde National Carbon Co., P.O. Box 2170, Industrial Products Division, Calcutta.

Japon Tomoe Engineering Company, Minagawa Building, 1-chome, Ginza St., Chuo-Ku, Tokyo.

BAYER Bayer A.G., Anwendungstechnische Abteilung, Gruppe K, 509 Leverkusen (République fédérale d'Allemagne).

BORDEN Borden Chemical Company, 330 Madison Avenue, New York 17017 (États-Unis d'Amérique).

BRITISH CELANESE British Celanese Ltd., Celanese House, Hanover Square, London W.1 (Royaume-Uni).

1. Cet index et l'index des noms commerciaux ont été établis par le Centre de Rome, qui n'a malheureusement pas pu obtenir des renseignements sur les produits fabriqués dans tous les pays du monde.

France Loiret et Haentjens S.A., 44, rue du Louvre, 75 Paris-1^{er}.

Italie Giambattista Borsa, via Comelico, 40, Milano.

Suède Harald Pihl, Nybrokajen 7, Stockholm.

Suisse L. Wachendork et C^{le}, Bâle.

Extrême-Orient Yuen Hing Hong and Co. Ltd., P.O. Box 2016, Hong-kong.

CIBA Ciba A.G., Klybeckstrasse 141, P.O. Box 4000, Basel 7 (Suisse).

Royaume-Uni Ciba ARL Ltd., Duxford, Cambridgeshire.

États-Unis d'Amérique Ciba Products Co., 556 Morris Avenue, Summit, New Jersey 07901.

République fédérale d'Allemagne Ciba A.G., 7867 Wehr, Baden.

France Prochal, Arago-Défense, 5, rue Bellim, 92 Puteaux.

Italie Ciba Industria Chimica S.A., casella postale 88, Saronno, Milano.

Inde Ciba of India Ltd., Esplanada House, 29 Wandby Road, P.O. Box 479, Bombay 1.

Japon Ciba Products Ltd., Ciba Building, 50 Manzai-cho, Kita-ku, Osaka, C.P.O. Box 795.

CYANAMID American Cyanamid, Berdan Avenue, Wayne, New Jersey 07470 (États-Unis d'Amérique).

Royaume-Uni Cyanamid of Great Britain, Bush House, Aldwych, London W.C.2.

Suisse Cyanamid International Corp., Seehof Building, Faerberstrasse 6, Postfach 8021, 8008 Zurich.

Inde Cyanamid (India) Ltd., Worli Building, 254-D2 Dr. Annie Besant Road, P.O. Box 6577 Worli, Bombay.

Japon Cyanamid (Japan) Ltd., 417 Nikkatsu International Building, 1 Yuraka-cho, 1-chome, C.P.O. 1687, Chiyoda-Ku, Tokyo.

DU PONT E I. Du Pont de Nemours Inc., Wilmington 98, Delaware (États-Unis d'Amérique).

République fédérale d'Allemagne Du Pont de Nemours (Deutschland) GmbH, Bismarckstrasse 95, 4000 Dusseldorf.

Belgique Du Pont de Nemours (Belgium) S.A., 6 Ankstraat, Malines.

France Du Pont de Nemours (France) S.A., 9, rue de Vienne, 75 Paris-8^e.

Pays-Bas Du Pont de Nemours (Nederland) N.V., Stadthouderplantsoen 214, Den Haag.

Royaume-Uni Du Pont Company (United Kingdom) Ltd., 18 Bream's Building, Fetter Lane, London E.C.4.

Suède Du Pont de Nemours Nordiska A.B., Industrigatan 1, Maersta.

Suisse Du Pont de Nemours International S.A., 81, rue de l'Aire, CH 1211, Genève 24.

Japon 47, 2-chonic, Andoji bashi-dori, Minami-ku, Osaka.

EASTMAN KODAK (Tennessee Eastman, Eastman Chemical Products Inc., Kingsport) Tennessee (États-Unis d'Amérique).

Royaume-Uni Eastman Chemical International A.G., 246 High Holborn, London W.C.1.

Suisse Eastman Chemical International, ZVB Hans an der Aa, 6301, Zug.

Extrême-Orient Eastman Chemical Products Inc., P.O. Box 14050, Hong-kong.

Canada Eastman Chemical Inter-American Ltd., 164 Eglinton Avenue East, Toronto 12, Ontario.

GEIGY J. R. Geigy S.A., Bâle 16 (Suisse).

États-Unis d'Amérique Geigy Chemical Corporation, P.O. Box 430, Yonkers, New York.

Royaume-Uni Geigy (Holdings) Ltd., Middleton, Manchester.

France Produits Geigy S.A., 43, rue Vineuse, 75 Paris-16^e.

République fédérale d'Allemagne Geigy Verkauf GmbH, Liebigstrasse 53, Frankfurt am Main.

Italie Geigy S.A., via Martiri Oscuri, 24, casella postale Milano SERR 3697, Milano.

Suède Geigy A.B., Norrköping.

Inde Suhrid Geigy Trading Private Ltd., P.O. Box 965, Bombay 1.

Japon Instrument Engineers Inc., 520 Kishimoto Building, no. 18, 2-chome Marunouchi, Chiyoda-Ku, Tokyo.

HOECHST Farbwerke Hoechst A.G., 45 Bruningstrasse, Frankfurt am Main (République fédérale d'Allemagne).

États-Unis d'Amérique International Chemical Corporation, Empire State Building, Suite 8211, 350 Fifth Avenue, New York 1, N.Y.

France Peralta S.A.R.L., 10, rue Clément-Marot, 75 Paris-8^e.

Italie Emalfa S.p.A., casella postale N. 1847, Milano.

- Royaume-Uni* Hoechst Chemical Ltd., 50 Jermyn Street, London S.W.1.
Suède Hoechst Anilin Aktiebolag, Box 204, Göteborg.
Inde Fedco Private Ltd., Mafatnal House, Backbay Reclamation, Bombay 1.
Japon Hoechst Dyestuffs and Chemicals Trading Co. Ltd., New Toyama Building, no. 10, 2-chome Azuchi-machi, Higashi-ku, Osaka.
- HUELS Chemische Werke Hüls A.G., MARL, Kreis Recklinghausen (République fédérale d'Allemagne).
États-Unis d'Amérique Henley and Co., Inc., 202 East 44th St., New York 17, N.Y.
France SOGEP, 45, avenue Kléber, 75 Paris-16^e.
Italie Eigenmann and Veronelli, piazza S. Maria Beltrade, 8 Milano.
Royaume-Uni Herbert G. F. Greenham, 41/42 Dover Street, London W.1.
Suède A. Johnson and Co., Hans Michelsensgatan 2, Malmö.
Inde Chika Ltd., Mehta Chambers, 13 Matthew Rd., Bombay 4.
Japon Chemdyes Ltd., 8th floor, Chiyoda Seimei Building, 2-chome Kyobashi Chou-ku, Central P.O. Box 1125, Tokyo.
- ICI Imperial Chemical Industries Ltd., Millbank, London S.W.1 (Royaume-Uni).
États-Unis d'Amérique ICI (New York) Ltd., 444 Madison Avenue, New York, N.Y. 10022.
République fédérale d'Allemagne ICI (Deutschland) GmbH, Schaumainkai 17, Frankfurt am Main.
France ICI (France) S.A., boîte postale 305, 69, rue Ampère, 75 Paris-17^e.
Italie Beghe & Chiapetta, via Ironzo 25, Milano.
Suède Svenska ICI, Box 184, Göteborg.
Inde ICI (India) Private Ltd., P.O. Box 182, G.P.O., Calcutta 1.
Japon ICI (Japan) Ltd., P.O. Box 411, 8th floor, Palace Building no. 10, 1-chome, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo.
- KAUTSCHUK Kautschuk GmbH, Leerbachstrasse 21, Frankfurt am Main (République fédérale d'Allemagne).
- MO & DOMSJÖ Mo & Domsjö AB, Strandvagen 1, Stockholm (Suède).
États-Unis d'Amérique Gaston Johnston Corp., 24-64 45th Street, Long Island City, 3, N.Y.
Royaume-Uni Modo-Products, 4/6 Savile Row, London W.1.
France Seppic S.A., 70, avenue des Champs-Élysées, 75 Paris-8^e.
Italie Gei & Heidenreich, piazza Castello, 20, Milano.
Japon F. Kanematsu & Co. Ltd., Central P.O. Box 209, Osaka.
- MONTECATINI Montecatini, via F. Turati, 18 Milano (Italie).
États-Unis d'Amérique Chemore Corp., 2 Broadway New York 4, N.Y.
République fédérale d'Allemagne Montan-Chemie GmbH, Baselerstrasse 37, Frankfurt am Main.
France Procédés industriels et produits chimiques, 7, rue Vièle, 75 Paris-17^e.
Royaume-Uni Joseph Weil and Son Ltd., 39-41 New Broad Street, London E.C.2.
Suède Aktiebolaget Teaf, Skeppargatan 26, Stockholm 14.
Inde R. K. Dundas Eastern Ltd., 133 Mahatma Ghandi Rd., Fort, Bombay.
Japon Shiro Trading Co. S.A., Fukoku building, 2-chome-Uchisaiwai, Cho-Chiyoda-ku, Tokyo.
- PÉCHINEY-SAINT-GOBAIN 16, avenue Matignon, 75 Paris-8^e (France).
- REVERTEX Revertex Ltd., 51-55 Strand, London, W.C.2 (Royaume-Uni).
- RHÔNE-POULENC Société des usines chimiques Rhône-Poulenc, 21 rue Jean-Goujon, 75 Paris-8^e (France).
États-Unis d'Amérique Rhodia Inc. N.Y., Central Building, 230 Park Avenue, New York 17, N.Y.
République fédérale d'Allemagne Herbert Bahr, Grosse Burstah 23, Hamburg 11.
Italie Luigi Clivio, via Matteo Bandello, 6, Milano.
Royaume-Uni Plaques et pellicules: M. & B. Plastic Ltd., 23-25 Eastcastle St., London W.1. Polymères: R. W. Greeff and Co. Ltd., 31 Gresham St., London E.C.2.
Suède Aktiebolaget Trebec, Postfach 16077, Stockholm 16.

- Inde* Voltas Ltd., Graham Rd., Ballard Estate, P.O. Box 199, Bombay.
- Japon* Nichizui Trading Co. Ltd., Kinsan Building, Nihonbashi Muromachi Chuo-ku, Tokyo.
- RÖHM und HAAS Röhm und Haas GmbH, Weiterstadtstrasse 42, Darmstadt (République fédérale d'Allemagne).
- France* Produits chimiques de la Seine, 45, avenue Kléber, 75 Paris-16^e.
- Italie* Theodore Mohwinckel, via Mercalli, 9, Milano 323.
- Royaume-Uni* Cornelius Chemical Co., Ibes House, Minorities, London, E.C.3.
- Suède* A.B. Textotan, S. Brog 2, Göteborg 14.
- Inde* Bakelite (India) Private Ltd., India House, P. Box 1948, Bombay 1.
- Japon* Higuchi Oil Co, Ltd., 14 Building Marunouchi, Tokyo.
- ROHM and HAAS Rohm and Haas Co., Independence Mall West, Philadelphia, Pa., (États-Unis d'Amérique).
- France* Minoc S.A.R.L., 17, rue de Miromesnil, 75 Paris-8^e.
- Italie* Filital S.p.A., piazza Velasca, 5, Milano.
- Royaume-Uni* Lenning Chemicals Ltd., 26 Bedford Row, London W.C.1.
- Japon* Sanjo Trading Co. 11 2-chome, Kandani-shiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo.
- SCOTT BADER Scott Bader and Co. Ltd., Wollaston, Wellingborough, Northants (Royaume-Uni).
- SHAWINIGAN Shawinigan Products Corp., Shawinigan Falls, Province de Québec (Canada).
- États-Unis d'Amérique* Monsanto Company, International Division, 800 N. Lindbergh Blvd., St. Louis, Missouri.
- Royaume-Uni* Shawinigan Ltd., Marlow House-Lloyd's Avenue, London E.C.3.
- Inde* Monsanto Chemicals of India Private Ltd., Wakefield House, Sprott Rd., Ballard Estate, Post Box 344-A, Bombay 1.
- SHELL Shell Chemical Co. Ltd., Marlborough House, 15 Great Marlborough St., London W.1 (Royaume-Uni).
- États-Unis d'Amérique* Shell Chemical Co., 50 W. 50th Street, New York 20, N.Y.
- République fédérale d'Allemagne* Deutsche Shell Chemie GmbH, Mainzerlandstr. 82/84, Frankfurt am Main 1.
- France* S.A. des produits chimiques Shell-Saint-Gobain, 27, rue de Berri, 75 Paris-8^e.
- Italie* Shell Italiana S.p.A., Palazzo Shell, piazza della Vittoria, Genova.
- Suède* AB Svenska Shell, 64 Birger, Jarlsgatan, Stockholm 19.
- Inde* Burmah-Shell Oil Storage and Distributor, Co. of India Ltd. (Chemicals), P.O. Box 688, Burmah Shell House, Currimbhoy Rd., Ballard Estate, Bombay 1.
- Japon* Shell Sekiya K. K., Tokyo Building, 3-2 chome, Central P.O. Box 1239, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo.
- UHU-Werk UHU-Werk HnM. Fischer Bühl Baden (République fédérale d'Allemagne).
- UNION CARBIDE Voir Bakélite.
- VINYL PRODUCTS Vinyl Products Ltd., Butter Hill, Carshalton, Surrey (Royaume-Uni).
- États-Unis d'Amérique* Reichhold Chemicals, R.C.I. Building White Plains, N.Y.
- République fédérale d'Allemagne* Reichhold Chemie A.G., P.O. Box 1081, 2 Hamburg 1.
- France* Reichhold-Beckacite S.A., boîte postale 21, 119, route de Carrières, 95 Bezons.
- Italie* Resia, S.p.A., Casoria, Napoli.
- Suède* Perstorp AB, Perstorp.
- Inde* The Ahmedabad Manufacturing and Calico Printing Co., Calico Chemicals and Plastics Division, Arik-Chembur, Bombay 74 (AS).
- Japon* Dainippon Ink and Chemicals Inc., 3,3-chome, Nishiki-Cho, Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo.
- WACKER Wacker-Chemie GmbH, Prinzregentenstr. 22, München (République fédérale d'Allemagne).
- États-Unis d'Amérique* Henley and Co. Inc., 202 East 44th St., New York, N.Y.
- France* Arnaud et Rouff, 2, rue Jules-César, 75 Paris-12^e.
- Italie* Fratelli Wittner, via Mario Pagano 10, Milano.
- Royaume-Uni* Bush, Beach and Segner Bailey ICI, Marlow House, Lloyds Avenue, London E.C.3.
- Suède* A.B. Paul Freyse, Box 102, Stockholm.

Index des sujets ¹

- Abris
pour biens meubles, 145-147.
pour monuments, 141, 153.
Acétate-butyrate de cellulose, 341.
Acétate de cellulose, 310, 339-340, 348.
Acétate de polyvinyle, 119, 154, 223, 241, 245-246, 248, 281, 298, 300, 328, 333-334, 338, 343.
producteurs, 334-335.
- Acrylates, 343.
- Adhésifs
à base de résines synthétiques: thermo-
plastiques, 343-344; thermodurcissables,
344-345; divers, 345.
classification, 342-343.
organiques, 204.
- Administration (services administratifs), 21,
77-78, 165-166, 168, 171.
- Alcool polyvinylique*, 282, 294, 335-336, 343, 351.
producteurs, 334.
tableau des viscosités, 336.
- Anastylose, 142-143.
- Aquarelles
conservation, 219.
déshumidification, 219-220.
montage, 220-221.
- Araldite, 103, 117, 344, 346, 352 (*voir aussi*
Résines époxydes).
- Architecture du bâtiment et lutte contre l'infec-
tion, 45-46, 57, 67.
- Archives (documents d'archives)
attaques par les insectes, 301.
fumigations, 302.
moisissures, 304.
traitement, 306.
- Argent, 264.
- Arigal. *Voir*: Méthyl-formaldéhyde.
- Ayoudhya (Thaïlande), 149.
- Bactéries
méfaits sur la pierre, 54-55, 144, 152, 231-234,
244.
méfaits sur le bois, 55.
méfaits sur les textiles, 269.
- Bâtiment (restauration), 142, 179-180.
- Bédacryl, 187-188, 190, 247-248, 352 (*voir*
aussi Acrylates).
- Benzophénones (filtres ultraviolets), 347-349.
- Bhubaneshwar (Inde), planche 11.
- Biens culturels (définition), 19.
- Blattes (dictyoptères), 60, 65; planche 1;
fig. 23-28.
- Bois, 288-297.
attaques par les insectes, 65-72.
bactéries, 55.
bois gorgés d'eau, séchage et traitement:
alcool-éther avec de la résine Dammar, 292;
l'alun, 292; Arigal-C, 292-293; cire de
polyéthylène-glycol, 293.
changements climatiques, 316-319.
contraction, 289-290, 318.
lumière, 315-316.
moisissures et champignons, 49-55.
- Bois peint, 294, 297.
consolidation, 294.
nettoyage, 297.
protection, 294, 297.
- Boîtes et récipients
liquides, 86, 88.
produits solides, 87.
récipients de travail, 87.
- Bonampak (Mexique), 39, 151.
- Borobudur (Indonésie), 35-36, 148.
- Brique, 143, 144, 149.
- Calaton. *Voir*: Nylon soluble.
- Caoutchouc de silicone, 106.
- Caoutchouc synthétique adhésif, 343.
- Capillarité, 37, 139-140, 231.

1. Pour de plus amples renseignements sur certains termes, imprimés ici en italique, se référer à l'« Index des noms commerciaux » (p. 352-354).

- Caséinate de calcium, adhésif, 200-201, 204.
 Chan-Chan (Pérou), 40, 150.
 Chlorure de polyvinyle, 107, 242, 340, 349.
 Ciment de Portland, 144-145, 153, 155 (*voir aussi* Mortier).
 Cire
 traitement du bois, 290-291.
 traitement des pierres, 245-247.
 Cire microcristalline, 241, 246, 291, 338.
 Civilisations (répartition historique), 32.
 Climat
 caractéristiques dans la zone tropicale, 29-30, 31-32.
 classification, 29.
 méfaits sur les biens culturels, 33-36, 43, 146-147, 169-170, 183-184, 231-234, 311-315.
 Climatisation, 40-42, 46, 57-58, 277, 305, 319-321.
 Collaborateurs, 15-18.
 Collections de musée d'histoire naturelle
 insectes, 125-134.
 autres spécimens (les problèmes de conservation sont étudiés en fonction des biens culturels : pour les peaux, *voir* : Cuir ; pour les fragments de squelettes, *voir* : Os et ivoire ; pour les plantes, *voir* : Bois ; pour les roches, *voir* : Pierre, etc.).
 Colletta (colle animale), 202, 204.
 Contamination par les sels, 34, 37, 120-122, 138-140, 151-152, 184-186, 231-232, 241-244, 249, 262, 299-300.
 sels apportés par les vents, 38, 153, 155, 206, 317.
 Corrosion, 154-155, 255-256, 317.
 élimination : électrique, 257-260, fig. 58 ; par moyens mécaniques, 261-264.
 traitement de l'argent, 264 ; du cuivre, 265 ; du fer, 265-266 ; du plomb, 266-267.
 Cuir, 285-288.
 attaques par les insectes, 68-69, 71, 285-286.
 attaques par les moisissures, 49-54, 285.
 insecticide à base de cire, 286.
 pollution atmosphérique, 316-317.
 produits d'entretien, 287-288.
 Cuivre, 265.

 Décapants : Calgon et Détarol, 265.
 Déshumidification, 208, 217, 219-220, 277, 304-305, 318-321 ; planches 26a, 26b (*voir aussi* Climatisation).
 Dessalement
 céramique, 120-121.

 monuments, 139-141, 153-156, 165.
 objets en pierre, 241-242, 243, 244.
 Soxhlet (*voir aussi* Olson), extracteur de sels, 243-244 ; fig. 55.
 Détergents, 235.
 Dieldrine. *Voir* : Insecticides.
 Dossiers, 23-26, 79-81, 97, 133, 165-166, 172, 190, 225, 269.

 Eau
 désionisée, 89.
 distillée, 89.
 ordinaire, 89.
 de pluie, 36.
 Ectoparasites, 132.
 Électrochimie (classification), 256-257.
 Electrolyse (nettoyage des métaux), 258-259 ; fig. 59.
 Elephanta (Inde), cavernes, 156.
 Ellora (Inde), 165 ; planches 16a, 16b.
 Elvacite, 337, 343, 353.
 Emballage, 321-323.
 insectes, 127-128.
 pierre, 251.
 Emmagasiner, 40-41, 323.
 aquarelles, 219-220, 221.
 cuir, 286-287.
 désinfection, 46-48.
 matériel de laboratoire, 86-87.
 peintures de chevalet, 207-208, 217.
 pierre, 251.
 textiles, 278.
 Empreinte à la cire à sceller, 107, 108.
 Entretien, 25.
 Équipement (laboratoire), 86-102.
 Ercalène (laque), 103, 338, 353.
 Érosion, 38.
 à Ouro Preto, planche 17.
 Ester silicique (consolidation des grès et calcaires), 248.
 Ethnographie (objets et matières), 313-315.
 Étuve
 désinfection des objets moisissés, 47.
 équipement de laboratoire, 90-91.
 Expositions, 80, 279-281, 315-316.

 Fer, entretien et traitement, 265-266.
 Filtres ultraviolets, 280, 315-316, 346-349.
 Fondations et pavements des monuments, 138.
 Fongicides, 47-48, 145, 153, 186, 207, 235-236, 244, 279, 305-306 ; planche 22.
 Fresques. *Voir* : Peintures murales.

- Fumigation, 277-278, 302.
 insectes, 58, 67-69, 72, 277-278, 286.
 moisissures et champignons, 47-48, 244.
 récipients, 93.
 transports d'objets, 127, 323.
- Galvanoplastie, 257.
 reproduction, 116.
- Gol Gumbad (Inde) 154-155; planche 14.
- Grattage, 95-96, 120-121, 138-139, 144, 186, 236, 245-246, 261-262.
- Grès, 229.
 consolidation, 248.
- Gutta-percha, 113-114.
 moule, planche 8.
- Hatra (Irak), 39, 150.
- Humidificateurs, 92-93.
- Humidité
 et climat, 34, 43, 46, 137, 152, 156, 165, 205, 318-319.
 relative, 33, 304-305, 311, 318-319.
- Hygromètre, 42, 320.
- Imprégnation
 bois, 289-290; bois gorgés d'eau, 291-292.
 céramique, 119.
 métaux: 264; fer, 265-266; plomb, 266-267.
 os et ivoire, 298-300.
 pierre, 241-242, 243, 245-249.
- Infrarouge
 chauffage (imprégnation de mélange de cires), 245-246.
 lampes, 91.
- Insectes
 causant des ravages aux biens culturels, 57-75.
 collection et conservation, 125-134.
 montage à sec, 127-128.
 moyens de conservation, 127-129.
- Insecticides, 58-59, 65-73, 218, 277-279, 286, 302-303.
- Inventaire, 23-24, 136, 165-166, 172.
- Ionisation, 89.
- Ivoire. *Voir*: Os et ivoire.
- Konarak (Inde), 154; planches 13a, 13b.
- Laboratoire, 79-83.
 matériel, 86-100.
- Lamination du papier, 310.
- Laque. *Voir*: Vernis.
- Législation (protection)
 collections de musées, 21.
 monuments et sites, 21-22, 168, 170-171.
- Livres
 attaques par les insectes: blattes, 60-65; poux des livres, 68; queues de crin, 58-59; scarabées, 71-72; termites, 65-66.
 désinfection des livres moisissures, 47.
 insectifuge, 73, 302-303.
 moisissures et attaques par les champignons, 47-55, 304-305.
 (*voir aussi* Archives et Fumigations.)
- Loupes et microscopes, 94.
 rayon X (cristallographie), 230.
- Lucite ou Elvacite, 337.
- Lumière
 action sur: les objets de musée, 312; le papier, 314; les peintures de chevalet, 312-314; les pigments et matières colorantes, 312-313; les textiles, 279-283, 313-314.
 éclairage des expositions, 315-316.
- Marbre, 231, 235, 248-249.
- Mesures (laboratoire), 87-88.
- Métaux
 corrosion, 256-259.
 électrolyse, 242.
 examen, 255.
 lavage, 262.
 nettoyage mécanique, 261-263.
- Méthyle-formaldéhyde, 344.
- Microclimat, 38.
- Minéraux (classification), 229-230.
- Mites des vêtements et des livres (tinéidés), 69.
- Mohenjo Daro (Pakistan), 140.
- Moisissures et champignons, 47-48, 244.
 matières organiques attaquées par presque toutes les espèces mentionnées, 45-54.
 matières plastiques: *Aspergillus niger*, 52; *A. terreus*, 51; *A. versicolor*, 52; *Cephalosporium acremonium*, 51; *C. globosum*, 52; *C. indicum*, 54; *Fusarium solani*, 50; *Myrothecium verrucaria*, 49; *Penicillium brevicompactum*, 52; *P. rubrum*, 52; *Strachybotrys atra*, 49; *Tritirachium roseum*, 50.
 peintures murales, 186.
 pierre: *Aspergillus versicolor*, 52; *Gliomastix convoluta*, 49; *Penicillium lilacinum*, 52.
- Monuments
 conservation, 25, 136-137.
 méfaits du climat, 33-38, 136-137, 141.
- Mortier, ciment de Portland, 144-145, 153-154.
 chaux / sable, 143-144, 155-156.
- Mosaïques, 138.

- Moulage
 coloration des moulages en plâtre, 115-116.
 galvanoplastie, 116.
 matières à mouler: argile, 103-104; caoutchouc de silicone, 106-107; cire à sceller, 107-108, 113; gutta-percha, 113-114; matières synthétiques, 349-350; plâtre de Paris, 105-106; Vinagel, 107; Vinamold, 106.
 matière du moulage: plâtre de Paris, 113; résines synthétiques, 117.
- Mukteshwar (Inde), planches 12a, 12b.
- Murs (étanchéité), 138-139, 156, 165 (*voir aussi* Capillarité).
- Nitrate de cellulose*
 adhésif, 121, 236, 294, 344.
 feuilles, 339.
- Noramium (fongicide), 235.
- Nylon soluble*, 119, 242, 282, 297, 299.
 textile, 350-351.
- Olson, extracteur de sels, 243; fig. 55.
- Os et ivoire
 caractéristiques, 298.
 consolidation, 298.
 traitement en laboratoire, 299-301.
- Ouro Preto (Brésil), 168; fig. 44, 46, planches 17-21.
- Pagan (Burma), 39, 148-149.
- Papier
 élimination de l'acidité, 309.
 lamination, 310.
 nettoyage et blanchiment, 308-309.
 réencollage, 307.
 réparations, 307-308.
- Paraloid ou Acryloid, émulsion acrylique, 337 (*voir aussi* Polyméthacrylate de méthyle).
- Parchemin, 306-307; planche 42.
- Peintures de cheval
 généralités, 205-218.
 méfaits de la lumière, 312-315.
 nettoyage, 221.
 réserves, 217.
 restauration, 221-223.
- Peintures murales
 consolidation, 186-190; fig. 48.
 examen, 184.
 nettoyage, 184-186.
 préservation, 183-184.
 restauration, 188-190; planches 23a, 23b, 23c.
 transfert, 190-204; fig. 50-53.
- Persépolis (Iran), 38, 149-150.
- Personnel, 22.
 formation, 83-84.
 services nationaux, 77-78, 165-166.
- Photographie
 constitution de dossiers, 26, 79-81, 165, 189, 225, 269.
 matériel, 100.
- Pierre
 altération, 231-234; planches 31-35.
 attaques par les bactéries, 54-55, 145, 153, 233.
 caractéristiques, 226, 229.
 classification, 229-230.
 contamination atmosphérique, 37, 231, 233; planche 35.
 entreposage et surveillance, 251.
 lichens et autres proliférations végétales, 233, 234-235, 244; planches 11, 12.
 moisissures et champignons, 48-52.
 nettoyage, 234-236.
 origines, 226.
 principes de préservation, 236, 241.
 restauration, 141, 154-155, 165, 249-250; planche 36.
- Plasticine
 moulage, 105.
 réparation des poteries, 121-122.
- Plastifiants (définition), 328.
- Plastiques, voir annexe p. 327.
 caractéristiques, 331-351.
 index des noms commerciaux, 352-354.
 index des producteurs, 355-358.
- Plâtre de Paris
 coloration des moulages, 115.
 empreinte, 113.
 moulage, 105-106.
 réparation des poteries, 122.
- Plomb, 266-267.
- Pollution atmosphérique, 37, 43, 46, 137, 233-234, 269, 311, 316-318 (*voir aussi* Sulfatation).
- Polyesters*
adhésifs, 346.
 textiles, 350-351.
- Polyéthylène (cire), 291, 345.
- Polyméthacrylate de méthyle* et autres résines
 acryliques, 141, 186-187, 220, 242, 246-248, 264, 282, 298, 336-337, 343, 348, 351.
producteurs, 337, 340.
 feuilles, 339.
- Polypropylène
 feuilles, 339.
 textiles, 351.

- Polythène ou Polyéthylène, 141, 203, 282, 289, 339, 341.
Polyvinyle (forma, acétal, et butyral polyvinyliques), 241, 246, 335, 343.
- Poteries
 nettoyage, 119.
 réparations, 121-123.
- Poux de livres (psocoptères), 68; fig. 33.
- Primal (adhésif), 200, 337, 354.
- Programmes
 d'aide bilatérale, 24, 83-84.
 d'aide internationale, 24-25, 77-78, 79-84, 99-102.
 de recherche de conservation, 79-81.
 éducatifs, 24, 79-80 (*voir aussi* Expositions).
- Protection des textiles contre les mites, 277-279.
- Pyrite (matériaux pyriteux), 244-245.
- Quartiers et sites urbains historiques, 21-22, 168-170, 179-182.
 zones, 179.
- Quartz, 230.
- Queues à crin (thysanoures), 58.
- Rayons X
 appareil, 100.
 cristallographie, 230.
- Rentoilage des peintures de chevalet, 223.
- Réparation des poteries, 121-123.
- Résines
 synthétiques (définition), 328.
 thermodurcissables (définition), 328.
- Résines époxydes*, 103, 106, 117, 289-290, 344, 346.
- Restauration (principes), 25-26, 124, 142-144, 183, 221, 249.
- Roches
 carbonatées, 229.
 sédimentaires, 229.
- Scarabées (coléoptères), 71-72, planche 6, fig. 36-40.
- Séchage (laboratoire), 92.
- Shirlan (fongicide), 207-208, 218.
- Silicate d'éthyle, 248.
- Sites urbains, 20, 168-169, 179-180; planches 17-21.
- Solutions (préparation), 88.
- Spécimens d'histoire naturelle, 313.
- « Stacco » (méthode de transfert de peintures murales), 190, 201-202; planches 24a, 24b, 24c; fig. 51, 52.
- « Stacco a massello », 190, 203-204; fig. 53.
- « Strappo » (méthode de transfert de peintures murales), 190-192.
- Sulfatation, 37, 233-234.
- Taj Mahal (Inde), 155-156.
- Téréphthalate de polyéthylène (textiles)*, 339, 341, 351.
- Termites (isoptères), identification, 65-67; planches 2-4; fig. 29-32.
- Textiles
 emmagasinage, 278-279.
 fumigation, 277-278.
 identification, 269-270.
 méfaits de la lumière, 279-280, 313-314.
 mesures de protection, 278-280.
 nettoyage, 269-274, 277; planche 37.
 pollution atmosphérique, 316-317.
 protection contre les mites, 277.
 renforcement, 281-283.
 synthétiques, 350-351.
 teints, 313.
- Urée-formaldéhyde et mélamine-formaldéhyde, 344, 352-354.
- Vaporisation
 dessalement, 140.
 fongicides, 47-48, 186, 207-208, 220-221.
 imprégnation de la pierre, 247-248.
 insecticides, 68-69.
- Végétation (cause de détérioration des biens culturels), 32, 152, 155, 170, 244; planches 11-13b, 22.
- Vernis
 filtrant l'ultraviolet, 348-349.
 résine de copal, 206, 222-223.
 synthétiques, 103, 222, 331-333, 338, 352-354.
- Verre
 conservation, 124.
 mesures en laboratoire, 88.
 protection des peintures, 218-219.
 réparations, 124, 344-346.
- Vide (sous vide)
 consolidation par imprégnation, 97, 247-248, 300; fig. 56.
 désinfection, 47.
 table chauffante, 223; planche 30.
- Vinagel. *Voir*: Chlorure de polyvinyle.
- Zinc
 nettoyage électrochimique, 256-260.
 silico-fluorure (fongicide), 145, 153.

7.025 (213)

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture.

La préservation des biens culturels, notamment en milieu tropical. Ouvrage rédigé en coopération avec le Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, Rome (Italie). Paris, Unesco, 1969.

363 p., ill. (Musées et monuments, II.)

Publié aussi en anglais et en espagnol.

I. Conservation d'œuvres d'art - régions tropicales II. Régions tropicales - conservation d'œuvres d'art III. Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels IV. Série V. Titre.

[A. 2428] \$10; 60/- (£3.00) [stg.]; 35 F