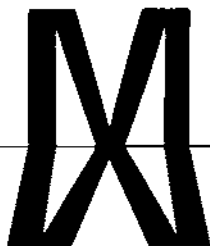
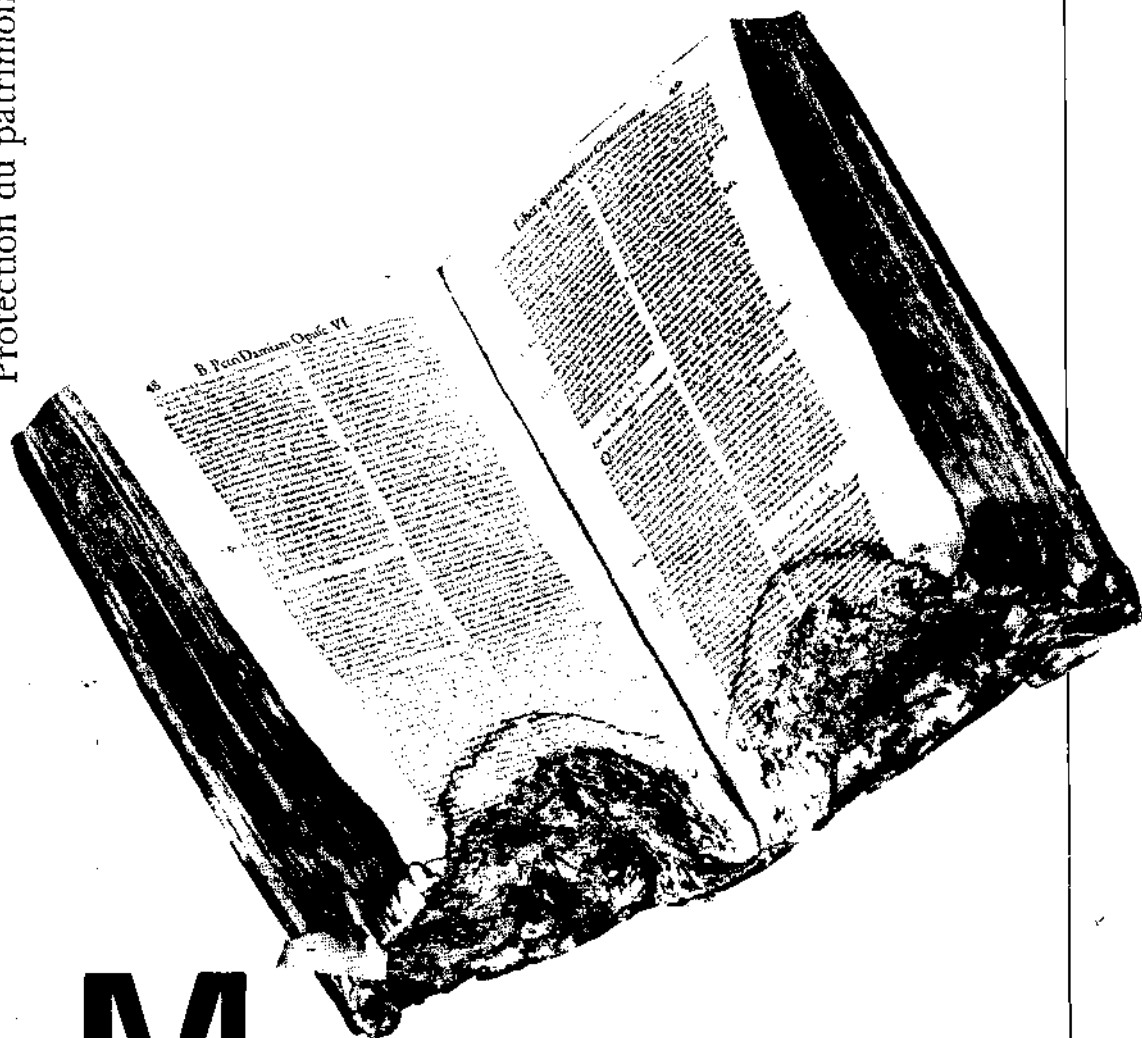


Livres et documents d'archives : sauvegarde et conservation

Françoise Flieder
et Michel Duchein

Cahiers techniques : musées et monuments 6

Protection du patrimoine culturel



Unesco

Protection du patrimoine culturel

Cahiers techniques :
musées et monuments

6

Dans cette collection :

1. *Guide pour la sécurité des biens culturels*,
par William A. Bostick
2. *La mise en réserve des collections de musée*,
par E. Verner Johnson et Joanne C. Horgan
3. *Procedures and conservation standards
for museum collections in transit and on
exhibition*,
par Nathan Stolow (en anglais seulement)
4. *Protection of the underwater heritage*
(en préparation)
5. *Guide pour la collecte des instruments de
musique traditionnels*,
par Geneviève Dournon
6. *Livres et documents d'archives :
sauvegarde et conservation*,
par Françoise Flieder et Michel Duchein

Françoise Flieder
et Michel Duchein

Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation

Unesco

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier : Claire Chahine, qui a bien voulu rédiger les pages sur le cuir et le parchemin, Françoise Leclerc, qui leur a apporté sa précieuse participation pour l'historique du papier et la description de ses techniques de fabrication ; Françoise Proust et Nicole Tanays qui les ont aidés pour la bibliographie, les annexes techniques et la mise en forme de cet ouvrage.



Publié par l'Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science et la culture
7, place de Fontenoy, 75700 Paris
Imprimerie populaire de Genève

ISBN 92-3-201977-9

© Unesco 1983

Préface

Le présent cahier technique est consacré à la préservation et à la conservation des livres et des documents d'archives. Il a trait à la technologie des matériaux, aux divers agents de destruction, à l'importance de disposer de bâtiments appropriés ainsi qu'aux méthodes de protection. En outre, les traitements d'urgence et les principes de la restauration y sont passés en revue.

Ce cahier technique est le sixième d'une série qui vise à fournir des directives pratiques et techniques sur la conservation et la restauration des biens culturels. Destinée à contribuer à la diffusion et à l'échange des connaissances et des expériences des spécialistes, cette série s'adresse en particulier aux services des musées et des monuments dont les ressources sont limitées et qui doivent trouver à leurs problèmes de conservation des solutions à la mesure de leurs moyens. Nous espérons que les renseignements contenus dans ces pages leur seront utiles.

Les auteurs, Françoise Flieder, maître de recherche du Centre national de la recherche scientifique, et Michel Duchein, inspecteur général des Archives de France, sont des spécialistes de la sauvegarde et de la restauration des livres et des documents d'archives et ont une grande expérience dans ce domaine.

Les auteurs sont responsables du choix et de la présentation des faits figurant dans ce cahier technique ainsi que des opinions qui y sont exprimées, lesquelles ne sont pas nécessairement celles de l'Unesco et n'engagent pas l'Organisation.

Table des matières

INTRODUCTION	9
TECHNOLOGIE DES MATÉRIAUX	11
Le papyrus et les écorces d'arbre	11
Le cuir et le parchemin	12
Le papier	16
Les encres manuscrites	20
AGENTS DE DÉTÉRIORATION	25
L'environnement	25
La mauvaise qualité des matériaux constitutifs des documents	38
Les sinistres naturels ou accidentels	38
Les méfaits dus à l'homme	41
LES BÂTIMENTS ET LA PROTECTION DES DOCUMENTS	43
Emplacement et disposition générale	44
Normes dimensionnelles, ossature, rayonnages	47
Utilisation de bâtiments anciens	51
Protection contre la lumière	52
Protection contre la température et l'humidité	55
Protection contre la pollution atmosphérique	60
Protection architecturale contre les insectes	60
Protection contre le feu	61
Protection contre le vol	65
Mobilier et matériel de conservation	66
TRAITEMENTS D'URGENCE	69
L'assèchement des documents	69
La désinfection des documents	70
La désinfection et la désinsectisation des magasins	73
LES PRINCIPES DE LA RESTAURATION	75
Définition de l'opportunité d'une restauration	76
Respect de l'authenticité du document	76
Étude du document à restaurer	77
Choix des procédés de restauration	77

Les impératifs de la restauration	78
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE	81
ANNEXES	
1. Composition de quelques variétés de papier	83
2. Principaux centres de conservation et ateliers de restauration	85
3. Quelques organismes internationaux spécialisés dans la conservation des biens naturels	88
4. Quelques périodiques traitant des problèmes relatifs à la conservation et à la restauration des documents graphiques	89

Introduction

Dès les premiers temps de l'histoire, l'homme a éprouvé le besoin de laisser des traces de son activité en disposant sur des surfaces vierges des signes chargés d'une signification symbolique. Il y a plus de quinze mille ans que les habitants des cavernes de Lascaux et d'Altamira ont découvert le secret des pigments, d'origine minérale, animale ou végétale, grâce auxquels une paroi rocheuse ou une omoplate de renne peut devenir le support d'un message pictural transmissible de génération en génération.

Plus tard, tandis que les Mésopotamiens gravaient leurs signes cunéiformes sur des tablettes d'argile, les Égyptiens, les Hindous, les Chinois se mirent à fabriquer des feuillets de papyrus, de fibres de palmier et d'écorces diverses, en attendant le parchemin d'Asie Mineure et, plus tard, le papier des Chinois et des Arabes, où le roseau taillé déposait des traces d'un liquide que le noir de fumée, dilué dans la gomme et les solvants, transformait en graphismes indélébiles.

Ainsi commença, dans ces berceaux de la civilisation que furent les vallées du Nil, de l'Indus et du fleuve Jaune, la grande aventure de l'écriture, dont l'évolution se poursuit sous nos yeux avec une rapidité sans précédent au cours des siècles passés.

Mais la membrane végétale ou animale, l'encre à base de carbone ou de substance tannante, bref tous les matériaux auxquels la pensée humaine confie sa survie, sont fragiles. Des multitudes d'ennemis les guettent, qui s'attaquent à leur structure même ou seulement à leur surface, selon qu'il s'agit d'agents chimiques, physiques ou biologiques. Les fibres végétales connaissent l'hydrolyse de la cellulose, l'action corrosive des acides, les modifications photochimiques dues aux rayons solaires. Les insectes et les rongeurs dévorent les matières organiques. Le feu détruit tout ce qui est combustible. Les encres pâlisent et s'effacent, les papiers s'effritent, les parchemins et les cuirs se recroquevillent et se craquellent.

Les agressions du monde moderne multiplient les dangers auxquels sont exposés les documents, au moment même où les nécessités de la production de masse diminuent, dans bien des cas, la résistance des matériaux, par suite de l'introduction de composants chimiques dangereux pour la conservation.

Heureusement, les découvertes de la chimie et de la biologie ont, en contrepartie, amené depuis un siècle des perfectionnements spectaculaires dans les techniques de protection et de traitement des documents. Certes, les Égyptiens connaissaient déjà les huiles aromatiques qui éloignaient les insectes des papyrus sacrés ; les moines du moyen âge se transmettaient de couvent en couvent des recettes pour garder au parchemin sa souplesse et aux miniatures leur brillant ; des boîtes de bois assuraient l'isolation des chartes contre l'humidité et les champignons. Mais ce n'est qu'au XIX^e siècle que les grandes découvertes en matières d'insecticides et de fongicides ont commencé à trouver leur application pratique dans les archives et les bibliothèques.

Aujourd'hui, les progrès de la recherche scientifique sont si rapides que, d'année en année, des techniques nouvelles apparaissent, des produits nouveaux sont expérimentés. Des instituts de recherche, dans toutes les parties du monde, se consacrent à l'étude de la protection des documents et des livres. Des publications spécialisées diffusent leurs travaux dans toutes les langues de la communauté scientifique mondiale.

Il serait vain, à moins d'entreprendre une encyclopédie internationale et pluridisciplinaire, de chercher à réunir en un seul ouvrage les résultats de toutes ces recherches et de toutes ces expériences. Mais il nous a paru utile, dans l'intérêt des archivistes et des bibliothécaires, d'en résumer les données essentielles dans ce manuel de format maniable et, nous l'espérons, de lecture aisée.

Le principal problème qui se posait à nous était de définir les limites de notre entreprise.

Compte tenu des normes de longueur exigées par la collection dans laquelle paraît ce livre, des choix sévères s'imposaient.

Le premier a consisté à limiter notre exposé aux documents et aux livres rédigés sur des matériaux traditionnels : papyrus, parchemin et surtout papier. Nous avons exclu les supports "nouveaux", pellicules photographiques, bandes et disques magnétiques, qui sont sans doute de plus en plus nombreux dans les bibliothèques et les dépôts d'archives, mais dont la conservation fait intervenir des techniques qui mériteraient à elles seules un ouvrage particulier.

Pour la même raison, il ne pouvait être question d'exposer en détail tous les procédés de traitement et de lutte contre tous les éléments de destruction des documents. Nous avons volontairement choisi de privilégier ceux qui ont fait leurs preuves et qui sont universellement reconnus comme étant les meilleurs et les plus sûrs.

En effet, dans ce domaine plus que dans aucun autre, la prudence et la modestie s'imposent. Nombreux ont été dans le passé les expériences désastreuses, les essais non concluants. Bien des produits, bien des techniques considérés un temps comme efficaces pour la protection des documents se sont révélés à la longue inefficaces et même nocifs.

C'est pourquoi nous n'avons pas voulu décrire ici les procédés de restauration des parchemins, des papiers et des cuirs dont la complexité exige l'intervention de spécialistes qualifiés, faute desquels les remèdes sont souvent pires que le mal ; nous nous sommes bornés à exposer des principes de base et à signaler les principaux écueils à éviter, à l'exclusion de toute "recette" spécifique, dont le choix est du domaine du spécialiste.

Les techniques de la protection des documents graphiques contre leurs ennemis sont, évidemment, universelles, mais les conditions climatiques des pays tropicaux et subtropicaux y rendent leur mise en œuvre plus indispensable qu'ailleurs en raison de l'agressivité particulière de l'environnement. Aussi les problèmes propres à ces climats sont-ils spécialement évoqués dans ce petit livre.

Malgré tout, les techniques modernes, si perfectionnées soient-elles, ne sauraient résoudre tous les problèmes. Avant toute chose, la conservation du patrimoine écrit suppose le respect du document, le soin dans la manipulation, la rigueur dans l'application des règles de sécurité. Du bon sens aussi : en évitant d'exposer un document de façon prolongée à la lumière, en effectuant un nettoyage fréquent des locaux pour éliminer la poussière et les germes nocifs, en faisant circuler dans les dépôts un air dûment filtré, on fait déjà beaucoup pour la sauvegarde des archives et des livres. Aucun produit chimique, aucun dispositif technique ne peut à lui seul assurer le salut des documents. Mais, aussi, aucun procédé n'a d'efficacité s'il n'est appliqué avec discernement et prudence. Ce manuel aura atteint son but s'il réussit à en convaincre les lecteurs.

Technologie des matériaux

Toute surface végétale ou animale suffisamment grande et facile à polir peut être en général considérée comme support des documents graphiques¹.

Depuis l'Antiquité, les principales substances utilisées à cette fin ont été la pierre, le bronze, le bois, la terre cuite, la cire, les étoffes, le papyrus, les écorces d'arbre, le cuir, le parchemin et, enfin, le papier.

En réalité, vu le coût, le poids et la dureté de certains de ces matériaux, on a, dans l'Antiquité, employé surtout le papyrus, le cuir puis le parchemin en tant que support d'écriture. C'est beaucoup plus tard que le papier a été utilisé.

LE PAPYRUS ET LES ÉCORCES D'ARBRE

L'origine du support entrant dans cette catégorie est le *Cyperus papyrus*, communément appelé papyrus. C'est un roseau de grande taille, jadis abondant en Égypte sur les bords du Nil, qu'on ne trouve plus guère aujourd'hui que dans le haut bassin de ce fleuve, en Nubie. On rencontrait également, autrefois, des cultures de papyrus en Sicile, mais les derniers champs ont disparu à la fin du XVI^e siècle. Le papyrus a été exploité dès la plus haute Antiquité.

A cette époque, les utilisations de cette plante étaient diverses (fabrication de vases, barques, nattes, cordages). Mais c'est surtout pour son utilisation directe comme plante à papier que ce végétal est connu.

C'est Pline qui a décrit avec le plus de détails les procédés techniques de fabrication du support d'écriture fabriqué à partir de ce roseau. On coupait les tiges dans le sens de la hauteur. On formait ainsi des bandes que l'on disposait sur des tablettes humectées à l'aide d'eau terreuse du Nil, la terre servant d'agglutinant. On plaçait alors transversalement, par-dessus ces bandes, une deuxième couche de lanières, de manière à obtenir une résille. Cette résille était mise sous presse, puis séchée au soleil. Il ne restait plus qu'à polir les feuilles ainsi obtenues, à les coller les unes aux autres et à les assembler sous la forme d'un rouleau appelé *volumen*. On obtenait plusieurs qualités de papyrus selon les parties de tige utilisées. Le plus ancien *volumen* connu date de 2 400 ans av. J.-C. Les papyrus de ce type proviennent pour la plupart des tombeaux égyptiens ; les prêtres avaient en effet coutume de déposer, dans la tombe des morts, des textes sacrés extraits

1. Auguste Molinier, *Les manuscrits et les miniatures*, p. 3, Paris, Hachette, 1892.

1

Coupe d'un cuir de chèvre.
(Photo : CRCDG, Paris.)

2

Coupe d'un cuir de mouton.
(Photo : CRCDG, Paris.)

du *Livre des morts*; certains étaient en outre ornés de fines peintures. Enfermés ainsi à l'abri de l'air et de l'humidité, ces documents se sont mieux conservés que les autres.

Les défauts du papyrus étaient son prix élevé et sa fragilité. Cependant, aux temps de l'Empire romain, où le parchemin avait déjà fait son apparition, on le préférait pour écrire les actes officiels. Il a néanmoins complètement disparu au ^{xiii}e siècle pour être remplacé par le parchemin. Malgré son extrême fragilité, quelques textes écrits sur papyrus sont encore conservés dans les réserves de certaines bibliothèques et archives, mais ils ne représentent qu'une infime partie des anciens papyrus.

D'autres parties végétales ont été utilisées comme support d'écriture, telles que l'écorce d'arbre de différentes essences : tilleul, olivier, bouleau, palmier. Toutefois, ces substances ne pouvaient être d'un grand usage, à cause de la difficulté de leur emploi.

LE CUIR ET LE PARCHEMIN

Historique

A l'aube de l'histoire, le Proche-Orient abritait déjà une civilisation technique avancée, et l'écriture allait faire son apparition. Le cuir a été l'un de ses supports les plus anciens : la première mention d'un document écrit sur cuir date de la ^{iv}e dynastie égyptienne (2900-2750 av. J.-C.). Malheureusement, peu d'échantillons sont parvenus jusqu'à nous ; les plus vieux documents conservés sont deux rouleaux de cuir égyptiens du ⁱⁱe millénaire av. J.-C. et un traité de mathématiques, provenant également d'Égypte et datant du ^{xvii}e siècle av. J.-C.

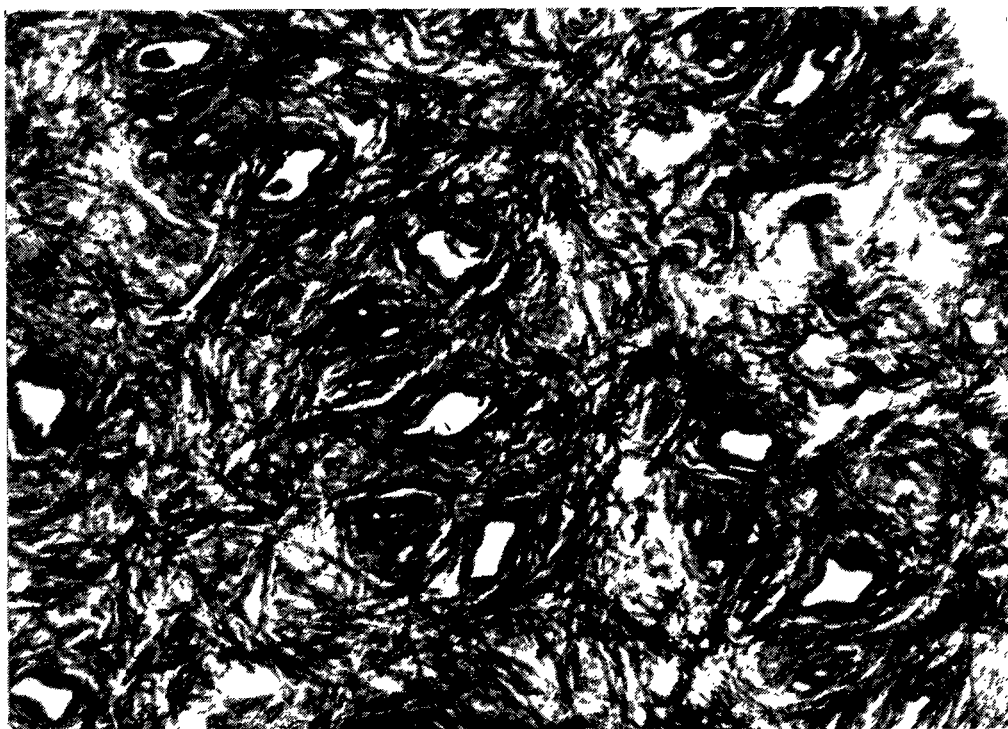
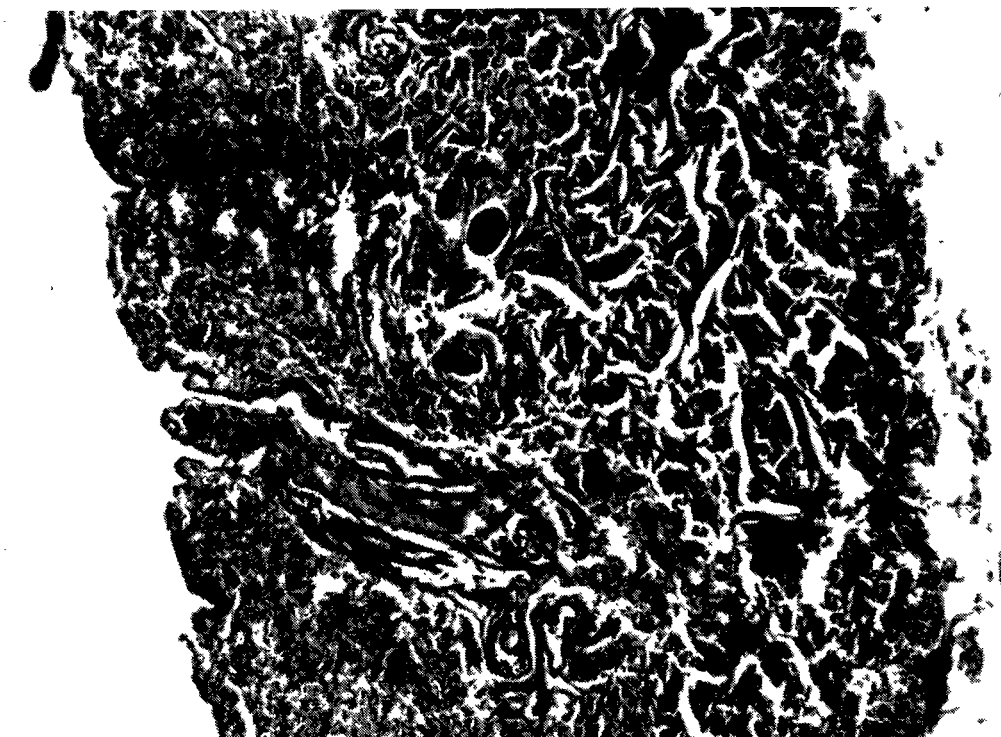
La fabrication du cuir, connue depuis des millénaires, est apparue dans des civilisations et des sites fort différents. Ainsi, les fragments de cuir retrouvés sur des arcs dans un site préhistorique du nord-ouest de l'Europe et que la méthode au carbone 14 a permis de dater de 2690 av. J.-C. seraient contemporains du document écrit sur cuir à la période de la ^{iv}e dynastie égyptienne.

Le cuir (fig. 1 et 2) a connu des emplois multiples et variés, et le tanneur a dû exercer tout son art pour répondre aux différents besoins. Il a mis au point de nombreuses techniques dont le choix judicieux lui a permis d'obtenir un type de cuir déterminé. Il a même dû recourir à l'industrie, qui seule pouvait satisfaire une demande toujours croissante.

Le parchemin est apparu beaucoup plus tard et les historiens situent à des époques différentes les débuts de son utilisation. Certains auteurs avancent que les Assyriens, au premier millénaire avant J.-C., savaient déjà le fabriquer, alors que, d'après Pline, sa fabrication aurait été découverte au ⁱⁱe siècle av. J.-C.

Le mot "parchemin", du latin *pergamena*, est dérivé du nom de Pergame, ville antique d'Asie Mineure. Mais *pergamena* n'est devenu d'usage courant qu'au ^{iv}e siècle apr. J.-C.

Largement utilisé par le monde grec et romain, le parchemin devint pour les scribes du moyen âge le principal support de l'écriture, jusqu'à l'introduction du papier en



Europe, dès le ^x^e ou ^{xi}^e siècle. Mais c'est surtout à partir de la fin du ^{xiv}^e siècle que le parchemin fut peu à peu remplacé par le papier, dont l'imprimerie multiplia les besoins. Il continua cependant d'être employé pour certains manuscrits et quelques imprimés de luxe, pour les documents d'archives, les diplômes et la reliure.

On en fabrique encore de nos jours, bien que ses emplois soient très restreints. Il est surtout utilisé en restauration, parfois pour la reliure et très peu pour l'écriture. Il sert aussi à la construction d'instruments de musique, comme les tambours et les banjos, et à la confection d'abat-jour.

Techniques de préparation

Le cuir et le parchemin sont des matériaux tout à fait différents, bien qu'ils proviennent tous deux du derme de la peau. L'obtention de l'un ou l'autre dépend des traitements qu'on fait subir à la peau. Celle-ci se compose de deux couches très différentes : l'épiderme, membrane mince dont le constituant chimique est la kératine, et le derme (ou *corium*), couche plus épaisse qui est essentiellement un tissu de fibres de collagène entrelacées. Le derme repose sur le tissu sous-cutané, ou hypoderme, qui le sépare des organes de mouvement sous-jacents.

Le début de la fabrication, qu'on appelle "travail de rivière", est commun aux deux matériaux, puisqu'il a pour but de réduire la peau au derme. C'est d'abord l'épilage, qui débarrasse la peau de l'épiderme et des poils qui la recouvrent. L'épilage peut être assuré par différentes méthodes basées sur l'attaque des kératines épidermiques en ménageant l'intégrité du derme : *a*) l'épilation biochimique est obtenue par l'action d'enzymes libérés dans des fermentations de substances végétales (céréales, feuilles) ou de substances animales (urine, excréments). La destruction des couches de base de l'épiderme provoque le relâchement des poils, qui seront aisément éliminés par friction. C'est le procédé le plus ancien ; *b*) l'épilation chimique est provoquée par des alcalis (chaux, cendres de bois et, récemment, sulfure de sodium). Ces réactifs ne se limitent pas à la destruction des couches vivantes de l'épiderme, ils attaquent aussi les kératines vieilles qui forment la partie extérieure des poils, et peuvent même dans certains cas en provoquer la dissolution. La première mention connue de l'emploi de la chaux pour épiler une peau figure dans un manuscrit du ^{viii}^e siècle retrouvé à Lucques, en Italie.

Après que le poil a été arraché, on enlève les lambeaux de chair qui pourraient encore subsister — c'est l'écharnage. Puis les opérations diffèrent, selon qu'il s'agit de préparer du cuir ou du parchemin.

Transformation de la peau en cuir. Le tannage proprement dit est l'opération qui va transformer la peau en cuir, c'est-à-dire en une matière imputrescible et résistante à l'hydrolyse, par réaction chimique irréversible entre le collagène et un tanin.

Les matières tannantes utilisées sont très nombreuses : elles peuvent être d'origine organique (graisse, formol, tanins végétaux, tanins synthétiques) ou minérale (alun, chrome, fer, soufre). Cette énumération n'est pas exhaustive, elle ne comprend que les tanins d'utilisation courante. Chaque matière tannante permet d'obtenir un cuir possédant des propriétés particulières.

Le cuir brut ainsi obtenu doit encore subir une série d'opérations mécaniques et

chimiques. C'est d'abord la nourriture, qui consiste à incorporer au cuir des matières grasses après qu'il a été réhumidifié. Après le séchage, les cuirs sont soumis à la teinture. Viennent ensuite différentes opérations mécaniques de surface : glaçage, ponçage, lustrage et grainage quand le grain est insuffisant.

Transformation de la peau en parchemin. Après avoir séjourné plusieurs jours dans la chaux, la peau est rincée et les poils en sont arrachés. Elle est ensuite montée sur un cadre et grattée avec un couteau spécial de façon à en éliminer les derniers lambeaux de chair. Aujourd'hui, ces opérations sont très souvent remplacées par la refente mécanique de la peau qui lui donne, dès le départ, une épaisseur égale. La peau sèche ainsi sous tension : on resserre de temps à autre les cordes qui la maintiennent, de sorte qu'elle reste bien tendue.

Le fait d'étirer la peau alors qu'elle est encore mouillée modifie profondément la structure du derme. Il se produit un réarrangement des fibres de collagène, qui se disposent en couches lamellaires, parallèlement à la surface de la peau, dans le sens des forces de traction exercées sur elle pendant le séchage. La fabrication du cuir, au contraire, ne modifie pas la structure originale du derme : les fibres y sont entrelacées à la manière d'un tissu, comme à l'état vivant.

Le séchage du parchemin a fait l'objet de soins particuliers. De nombreuses recettes médiévales décrivent l'utilisation de la craie, de la chaux ou de pâtes faites à partir de chaux ou de plâtre. Ces substances, qui ont la propriété d'absorber l'humidité, ont un effet simultané de dégraissage ; par suite de la réaction entre les sels de calcium qu'elles contiennent et les graisses, il se produit des savons facilement dispersables dans l'eau. En même temps que la peau est séchée et dégraissée, il faut la poncer pour en adoucir la surface. La ponce, pierre volcanique très dure, a été largement utilisée naguère. Toutefois, dans les pays où l'on s'en procurait difficilement, on a pu la remplacer par d'autres pierres dures (comme le kieselguhr) ou par des feuilles rugueuses.

Le parchemin, comme le cuir, peut être fabriqué à partir de n'importe quelle peau animale, y compris la peau humaine. Les peaux les plus couramment utilisées sont la chèvre, le mouton et le veau ; le vélin est un parchemin extrêmement fin et lisse fabriqué avec la peau d'un très jeune animal, le veau le plus souvent, qui a un grain très peu marqué. Des peaux d'âne, de loup, de lapin, de daim, de gazelle ont pu être également utilisées.

Bien qu'ils soient tous deux préparés à partir du derme de la peau, le cuir et le parchemin sont des matériaux tout à fait différents, possédant leurs caractéristiques propres. Le parchemin, qui n'a pas été stabilisé par le tannage, est très hygroscopique et, de ce fait, il est très sujet à des variations dimensionnelles. En revanche, les produits utilisés lors de sa fabrication lui confèrent une certaine réserve alcaline qui lui permet de mieux résister que le cuir à l'acidité environnante.

LE PAPIER

Historique

Le terme de papier vient du grec ou du latin *papyrus*. Cependant, le papier constitue une matière tout à fait différente de ce dernier. D'origine végétale, son invention date de l'ère chrétienne.

Le papier proprement dit est originaire de Chine et l'on peut suivre les étapes de son cheminement vers l'Occident.

C'est en 195 de notre ère que des Chinois de la région de Canton trouvèrent le secret du papier. Ils utilisaient des roseaux, des bambous, des écorces de mûrier à papier qu'ils broyaient avec de l'eau à l'aide d'une grosse pierre ; ils récupéraient ensuite cette pâte sur un tamis de bambou tressé, l'égouttaient et séchaient la feuille ainsi formée sur un mur lisse, au soleil.

Pendant plusieurs siècles, la Chine garda le secret du papier ; sa fabrication se modernisa avec l'invention des moulins à papier, mais les matières premières restèrent à peu près les mêmes, avec l'adjonction cependant de tiges de lin ou de chanvre, ou de paille de riz. Le papier obtenu était enduit d'une gelée d'amidon de riz et lissé avec une pierre dure.

Les papiers chinois étaient exportés vers le monde arabe, mais la transmission du secret de fabrication n'eut lieu qu'en 751, lors de raids mongols dans les territoires orientaux.

Des prisonniers chinois répandirent ce secret en Perse, à Samarcande, et, de là, dès la fin du VIII^e siècle, dans tout le Moyen-Orient, notamment en Syrie (Damas), en Mésopotamie (Bagdad) et dans toutes les provinces de l'Islam, jusqu'en Égypte.

Le papier resta à peu près inconnu en Europe jusqu'aux Croisades, qui eurent notamment pour conséquence de donner la maîtrise de la Méditerranée à des ports italiens et français. Le commerce se faisait par ces villes avec les ports de l'Orient. L'Espagne échappa à ce mouvement commercial, mais les invasions maures le lui apportèrent dès le X^e siècle.

La fabrication du papier en Europe vit le jour en Espagne au XI^e siècle : on avance la date de 1056 pour un moulin à Xativa et celle de 1085 pour un moulin à Tolède.

En Italie, les plus anciens moulins sont ceux de Fabriano (1276), puis de Padoue, Trévise et Milan.

En France, la fabrication du papier serait venue d'Espagne et l'on pense que les premiers moulins apparurent en Brie et en Champagne (Troyes, 1338 ; Essonnes, 1356).

La même époque vit l'implantation de moulins à Liège, Bruges, Anvers, Mayence (1320), Nuremberg (1390).

L'industrie papetière fut introduite en 1494 en Angleterre et en 1690 en Pennsylvanie.

Techniques de fabrication

Jusque vers 1800, on utilisait, pour transformer le lin et le chanvre, des batteries de pilons qui écrasaient et séparaient les fibres. Ces batteries furent ensuite remplacées par des "piles hollandaises", sorte de lames tranchantes. C'est seulement vers 1799 que fut construite la première machine à fabriquer le papier de grandes dimensions. Vers 1840, on s'aperçut que la quantité de chiffons disponibles pour la fabrication des papiers était insuffisante. On dut alors recourir à d'autres fibres telles que cordages, paille et enfin bois. A la même époque, grâce à des découvertes de Berthelot, on put blanchir ces fibres nouvelles. On en arriva rapidement à la fabrication du papier telle que nous la concevons actuellement.

Les matériaux constituant le papier sont divers : fibres contenues dans les différentes pâtes à papier, produits d'encollage, charges et enfin, dans certains cas, colorants.

La dégradation du papier est fonction de sa composition. Si toutes les fibres végétales renfermant de la cellulose peuvent, en principe, être employées pour sa fabrication, sa résistance varie avec la qualité et le pourcentage de cellulose pure qu'elles contiennent. Il en est de même en ce qui concerne la qualité des produits d'encollage.

3

Composition fibreuse d'un papier : mélange de fibres de sapin et de pin vues au microscope.

Grandissement : X 40.

(Photo : CRCDG, Paris.)



Les pâtes à papier

On distingue :

Les pâtes de chiffon. Ce sont “des pâtes chimiques obtenues à partir de déchets de textiles végétaux”¹. Ces textiles sont la plupart du temps composés de fibres de coton, de lin ou de chanvre. Les papiers qui en résultent ont donc une cellulose très pure, qui résiste bien aux atteintes du temps. Malheureusement, leur prix de revient est extrêmement élevé et par suite ils sont de plus en plus souvent remplacés par des papiers fabriqués à partir de pâtes de bois.

Les pâtes de bois. On utilise le bois provenant d'arbres d'essences diverses : résineux (pin, sapin), ou feuillus (peuplier, bouleau, hêtre, châtaignier...). Suivant le traitement appliqué, on obtient différentes sortes de pâtes.

Les pâtes mécaniques. Ce sont “des pâtes obtenues à partir du bois par des moyens uniquement mécaniques”¹. On préférera des bois tendres (sapin, peuplier, bouleau). Dans tous les cas, ces bois contiennent deux groupes de substances très différentes : la cellulose et les matières incrustantes, comprenant entre autres la lignine, les matières pectiques, les matières cireuses.

Dans la fabrication de la pâte mécanique, on ne cherche pas à séparer ces deux groupes. Il va de soi qu'un papier fabriqué ainsi, ne contenant environ que 50 % de cellulose pure et 50 % d'impuretés, ne peut avoir les caractères de longévité indispensables pour sa bonne conservation.

Les pâtes chimiques. Ce sont “des pâtes obtenues après cuisson à l'aide d'agents chimiques provoquant l'élimination d'une partie importante des constituants non celluloseux du végétal”¹.

Les pâtes chimiques écruës sont “des pâtes chimiques n'ayant subi aucun traitement supplémentaire de blanchiment”¹. Elles sont supérieures aux pâtes mécaniques, mais ont l'inconvénient d'être d'une teinte beige-marron qui les rend inutilisables pour la fabrication de beaux papiers d'impression.

Les pâtes chimiques blanchies sont “des pâtes chimiques dont le blanchiment a été obtenu par l'élimination de la teinte naturelle au moyen de produits chimiques”¹. Ceux-ci sont, en général, le chlorure de calcium, le chlore gazeux et l'eau oxygénée.

Les papiers fabriqués de la sorte, très blancs, peuvent, dans certains cas, remplacer les pâtes de chiffon, mais sans toutefois jamais les égaler.

Hormis les fibres cellulosiques, constituants essentiels des papiers, d'autres substances entrent dans la fabrication de ceux-ci. Parmi elles, citons les principales :

Les produits d'encollage

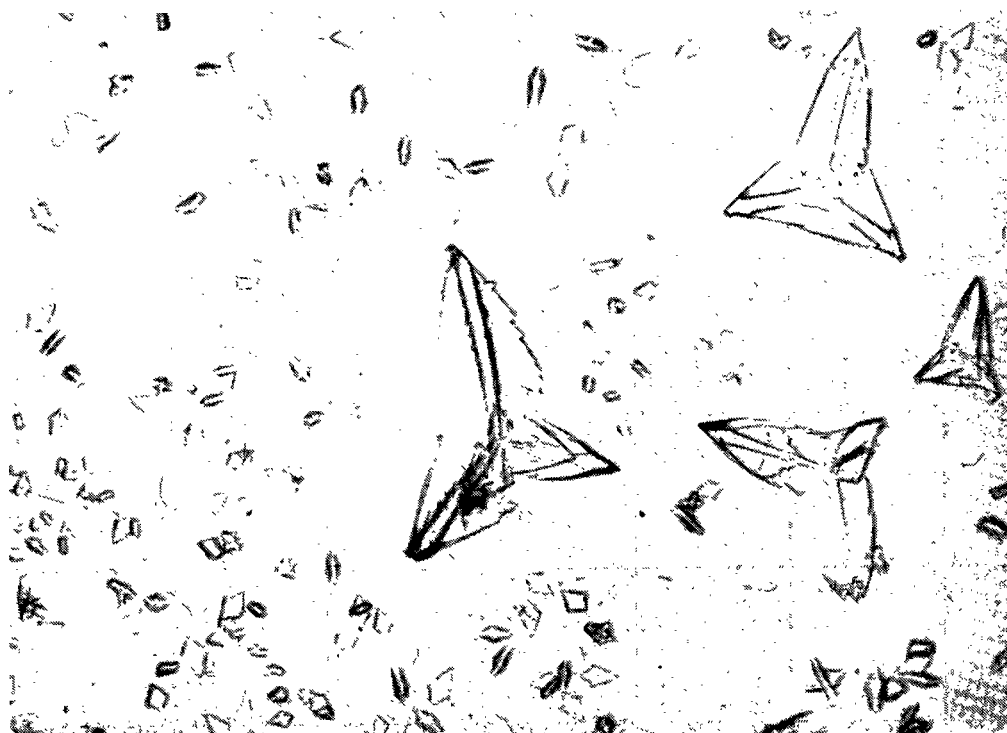
L'encollage rend le papier utilisable pour l'écriture et l'impression. L'encollage à l'ami-don ou à la gélatine des Anciens a été remplacé, dès la fin du XVIII^e siècle, par celui à la résine, qui est encore le procédé le plus employé de nos jours. La résine ou colophane (extraite de la sève de pin) à l'état d'émulsion dans l'eau est précipitée sur les fibres par

4

Cristaux d'un sel complexe de magnésium contenu dans du talc.

Grandissement : X 40.

(Photo : CRCDG, Paris.)



addition de sulfate d'aluminium en milieu acide. C'est un bon encollage, qui produit cependant un papier acide.

Pour la conservation à long terme des archives, on a donc cherché d'autres substances susceptibles de produire un papier neutre. Celui-ci existe depuis longtemps aux Etats-Unis d'Amérique et a fait récemment son apparition dans d'autres pays, particulièrement au Royaume-Uni.

Les charges

Pour améliorer l'opacité, la blancheur et la stabilité du papier, on ajoute des éléments minéraux. Ce sont des substances fines généralement blanches, telles que le kaolin, le talc, le carbonate de calcium, le sulfate de baryum (fig. 4, 5).

Les colorants et azurants optiques

Pour colorer le papier, on lui ajoute des colorants ou des pigments colorés.

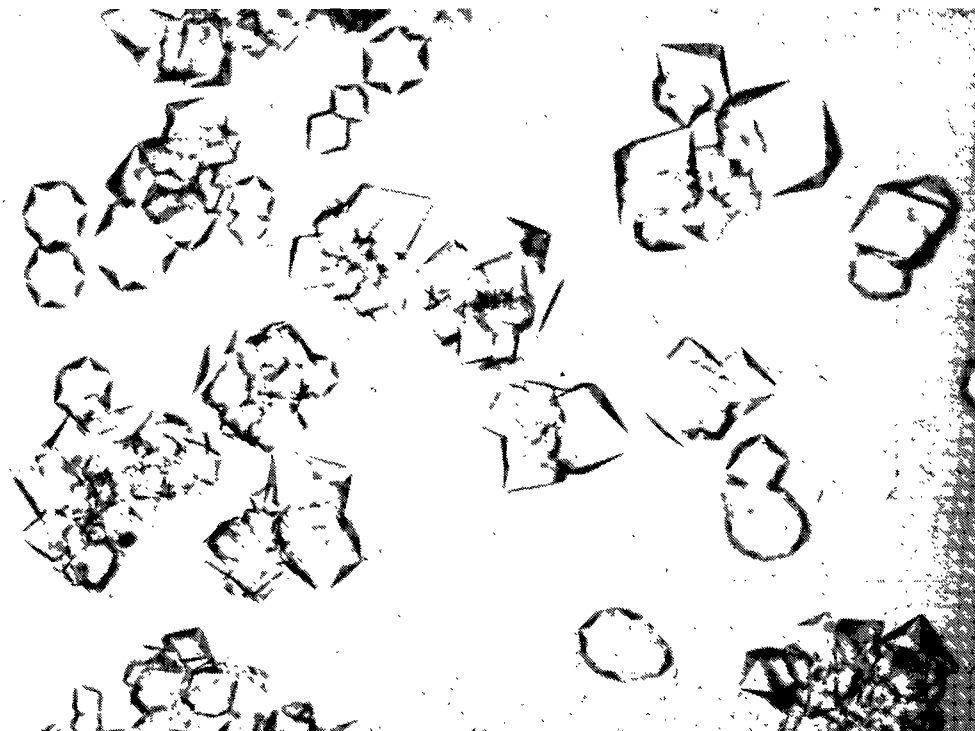
Afin d'améliorer la blancheur des papiers blancs, on introduit dans la pâte des produits d'azurage optique, fluorescents aux ultra-violets. Leur emploi est formellement déconseillé pour les papiers destinés aux archives, car ils accélèrent le jaunissement.

5

Cristaux tétrahydriques d'alun de cæsium
provenant du kaolin.

Grandissement : X 40.

(Photo : CRCDG, Paris.)



LES ENCREs MANUSCRITES

Jusqu'au XIX^e siècle, deux grandes catégories d'encre ont été utilisées : les encre au carbone et les encre métallogalliques. Cette classification ne doit cependant pas être prise d'une façon trop rigide, car il y a eu de nombreuses interférences entre les deux classes.

Les encre au carbone

Les plus anciennes traces d'encre ont été découvertes dans les hypogées égyptiens, sur des papyrus écrits vers 2500 av. J.-C. On ne possède évidemment pas de renseignements sur la composition de ces encre, mais, d'après des analyses qui auraient été effectuées au début du siècle, on pense que les encre égyptiennes de cette époque contenaient du noir de carbone mêlé à de la gomme arabique ou à du miel. En Chine, l'invention de l'encre remonterait à une période située entre 2673 et 2597 av. J.-C.

Du III^e au V^e siècle apr. J.-C., toujours en Chine (dynasties Wei et Chin), on comença à fabriquer l'encre avec du noir de fumée produit par la combustion de la laque et du bois de sapin. On mêlait alors ces particules avec un liant qui pouvait être de la

colle fabriquée à partir de corne de rhinocéros, de corne de cerf, de peaux de bœuf, de peaux d'âne, ou bien encore de la colle de poisson. Cette encre se vendait sous forme de boules.

En Occident, en dehors des textes de Pline, Dioscoride et Vitruve, on trouve très peu de références à la fabrication d'encres au carbone. Ces trois auteurs parlent d'une encre faite à base de suie.

Plus tard, au XI^e siècle, en Afrique du Nord, les encres dites d'Inde, de Koufa, de Perse, d'Iran étaient préparées en général à partir de la combustion de substances végétales, liées avec de la gomme arabique, du blanc d'œuf ou des huiles.

En France, au XV^e siècle, on se servait d'une suspension, dans de l'eau gommée, de noir de fumée provenant de la combustion de chandelles ou de lampes. Cependant, l'encre de Chine est restée rare en Europe jusqu'au XVII^e siècle.

D'une manière générale, on constate que, si les techniques de fabrication des encres ont peu varié à travers les âges, les constituants de base sont nombreux : noir de fumée obtenu à partir de la combustion de substances végétales et parfois de graisses animales ; liant glucidique (gomme, miel), protéinique (colle, blanc d'œuf) ou lipidique (huile) ; solvant (généralement de l'eau). L'ensemble pouvait être aromatisé par du camphre, du musc, du bois de santal, des clous de girofle.

Les encres métallogalliques

Le principe de fabrication de ces encres était déjà connu au II^e siècle avant notre ère. En effet, Philon de Byzance, dans son traité intitulé *Veteres Mathematici*, donnait la formule d'une encre sympathique utilisant le mélange de noix de galle et de vitriol : l'écriture invisible était tracée avec une solution de noix de galle, puis révélée ultérieurement avec une solution de vitriol.

Beaucoup plus tard, au VII^e et au VIII^e siècle de notre ère, on utilisait des encres fabriquées avec du vitriol bleu, de la levure, de la lie de vin, des écorces de grenade. En fait, il faut attendre le XII^e siècle, avec l'apparition de l'ouvrage *De diversis artibus*, du moine Théophile, pour trouver la première recette d'encre à base de tanin et de sulfate de fer. Il s'agissait d'une décoction d'écorce de bois d'épine dans de l'eau.

En Afrique du Nord, à la même époque, on utilisait comme tanin des noix de galle (fig. 6), et le vitriol provenant de régions éloignées telles que l'Égypte, Chypre, la Perse, etc.

En Occident, dès le XIV^e siècle, presque toutes les recettes décrivent des encres métallogalliques.

Les encres métallogalliques sont donc une combinaison de sels métalliques (sulfate de cuivre ou de fer) et de tanins végétaux (lie de vin, écorces d'arbres, noix de galle, myrobolan [fig. 7]) d'un liant (gomme arabique, miel), d'un solvant (vin, vinaigre, eau) et d'adjuvants divers.

Les substances tannantes séchées et très finement concassées sont dispersées dans de l'eau pure. On laisse macérer la décoction ainsi obtenue pendant quelques heures, à chaud ou à froid, puis on ajoute une solution diluée de sel métallique. Il se forme un complexe métallogallique coloré en brun qui précipite. Au contact de l'oxygène de l'air, cette coloration s'intensifie progressivement jusqu'à devenir noir foncé. On incorpore



6

Noix de galle de Turquie.

(Photo : CRCDG, Paris.)

7

Myrobolan.

(Photo : CRCDG, Paris.)

alors le liant, qui donne une certaine cohésion au précipité et augmente la viscosité du milieu.

Petit à petit, la fabrication de ces encres est passée du stade artisanal au stade industriel.

A partir du XVIII^e siècle, des industries se sont établies à Dresde, Amsterdam, Berlin, Paris, et, dans la première moitié du XIX^e siècle, aux États-Unis.

Les demandes d'encre sont allées en augmentant, et, parallèlement, l'intérêt porté à leur qualité a décliné. On a ainsi fabriqué une grande variété d'encres dont la permanence diminuait.

Ainsi, Leonhardi a introduit en 1856 l'encre à l'alizarine et vers 1860 sont apparues des encres à base d'aniline. Toutes étaient peu stables à l'air et à la lumière.

De plus en plus, des produits de synthèse (indigo, nigrosine, violet de méthyle) ainsi que de nouvelles substances tannantes ont été utilisés afin de réduire le prix de revient.

Actuellement, à l'exception de quelques formules d'encres au carbone encore fabriquées selon des recettes anciennes, toutes les encres manuscrites (pour stylo à bille, feutre) contiennent, à la place des substances végétales utilisées autrefois, des colorants de synthèse. Ces produits, dont la variété s'accroît très rapidement, sont mal connus, en raison des secrets de fabrication. Ils sont tous très sensibles à la lumière. C'est pourquoi les manuscrits contemporains risquent d'avoir une vie très éphémère si l'on n'y prend pas garde.

De même, les encres employées pour les machines à écrire (rubans encreurs et carbone) sont de types très variés ; dans l'ensemble, cependant, elles sont moins vulnérables aux atteintes du temps.

Agents de détérioration

Tous les matériaux organiques entrant dans la composition des documents graphiques sont extrêmement fragiles et facilement détériorés par des agents physiques, chimiques et biologiques. A cela viennent s'ajouter les dangers d'inondation et d'incendie. L'homme peut également, d'une façon délibérée ou inconsciente, être à l'origine de très grands désastres : le vol, la guerre ou les émeutes, les manipulations trop brutales, l'application de techniques de conservation et de restauration inadaptées sont des facteurs de destruction.

On doit donc étudier avec minutie tous les problèmes relatifs à la conservation de ces documents. A cette fin, il est nécessaire de connaître le mieux possible les différents agents de détérioration, ainsi que leurs effets sur les œuvres à conserver, de manière à mieux les combattre. Nous distinguerons quatre grandes classes d'agents de détérioration : l'environnement ; la mauvaise qualité des matériaux constitutifs des documents ; les sinistres naturels ; les méfaits dus à l'homme.

L'ENVIRONNEMENT

Les documents, s'ils ne sont pas conservés dans un gaz inerte (ce qui ne peut être le cas que pour quelques documents d'une très grande valeur historique ou artistique), sont soumis à un air ambiant qui peut, dans certains cas, leur être néfaste et provoquer des phénomènes de détériorations physiques, chimiques et biologiques. Nous étudierons ici l'ensemble de ces facteurs.

Les agents de détérioration physico-chimique

Les altérations provoquées par ces agents sont de trois types : photochimique, hydrolytique, par oxydation, et se manifestent souvent par un changement de couleur et une fragilité plus ou moins prononcée des documents altérés.

Les corrosions physiques sont produites par la lumière, la chaleur et l'humidité, alors que les corrosions chimiques sont presque exclusivement dues à la pollution atmosphérique.

La lumière

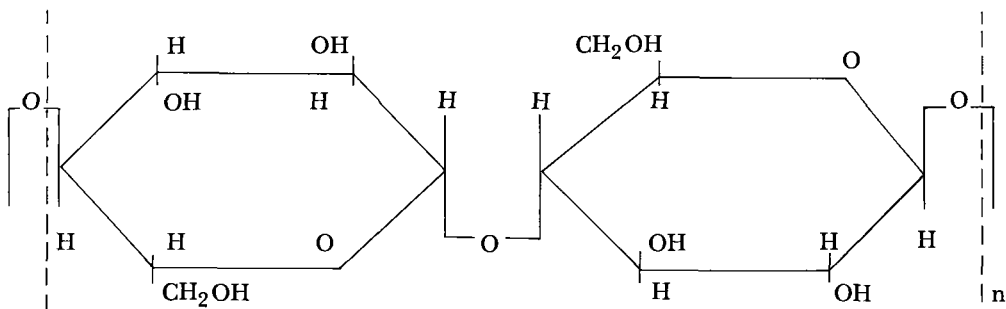
La lumière est formée d'ondes électromagnétiques comparables en tous points aux ondes de radio ou de télévision, mais de longueur plus courte.

Si l'on utilise comme unité de mesure le nanomètre (nm), on peut considérer que l'œil n'est influencé que par les radiations dont la longueur d'onde est comprise entre 400 et 750 nm. Ce champ est celui des radiations visibles. Au-dessous de 400 nm, il existe des rayonnements invisibles appelés ultraviolets. Ces radiations ont une action photochimique destructive sur les matériaux. Au-dessus, des radiations également invisibles mais thermiques, appelées infrarouges, peuvent entraîner sur les matériaux des réactions chimiques du type de l'oxydation.

Les radiations visibles comprennent toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. L'œil n'est pas également sensible à toutes les couleurs, mais sa sensibilité maximale se situe à la longueur d'onde 550 dans le jaune. Cette sensibilité diminue de part et d'autre.

Le mécanisme de la détérioration photochimique. Tous les objets ne sont pas également sensibles à la lumière. Ce sont les matériaux organiques qui subissent les détériorations les plus poussées. Signalons que les effets photochimiques de la lumière sont aggravés par un excès de température ou d'humidité. Ce sont les longueurs d'onde les plus courtes qui sont les plus nuisibles, car elles sont plus énergétiques.

En ce qui concerne le papier, son constituant essentiel est la cellulose. Celle-ci est une macromolécule formée par la condensation de plusieurs molécules de glucose. Sous l'effet de réactions photochimiques, il y a dépolymérisation et rupture des chaînes. Chacun des fragments, au contact de la chaleur et de l'humidité, peut ultérieurement s'oxyder et s'hydrolyser. Le papier devient alors très cassant et jaunit.



Le cuir et le parchemin sont généralement moins sensibles à l'effet de la lumière.

En revanche, les encres métallogalliques peuvent pâlir dans certains cas, ainsi que les quelques pigments organiques contenus dans la couche picturale des enluminures.

D'autres facteurs interviennent également dans le processus de détérioration, en particulier le temps d'exposition et le niveau d'éclairement. En effet, si ces deux facteurs ne peuvent empêcher des réactions photochimiques, ils les modifient notablement.

Les sources lumineuses. Les sources lumineuses, qu'elles soient naturelles (soleil, voûte céleste) ou artificielles (lampes à incandescence ou tubes fluorescents), émettent un rayonnement qui contient généralement, en plus des radiations visibles, une certaine proportion d'ultraviolets et d'infrarouges nuisibles pour les matériaux organiques.

La composition du rayonnement émis par une source lumineuse est caractérisée

par sa température de couleur, qui se chiffre en degrés kelvin ($1\text{ }^{\circ}\text{K} = 273\text{ }^{\circ}\text{C}$). C'est la température à laquelle on doit chauffer un "corps noir"¹ pour qu'il émette un rayonnement de la même couleur. On peut ainsi classer les sources lumineuses en fonction de leur température de couleur.

Une lumière est dite "chaude" lorsque sa température de couleur est basse (égale ou inférieure à $3\,000\text{ }^{\circ}\text{K}$). C'est la température de couleur du rouge et de l'orange. Inversement, les températures de couleur élevées (égales ou supérieures à $5\,000\text{ }^{\circ}\text{K}$) donnent une lumière dite "froide" qui émet dans le bleu.

Néanmoins, deux sources de lumière ayant la même température de couleur n'ont pas forcément la même composition spectrale. De ce fait, un objet coloré éclairé par deux sources lumineuses de même température de couleur mais d'énergie spectrale différente donne une impression colorée différente. C'est ce qu'on appelle "le rendu des couleurs d'une source lumineuse", qui est une caractéristique très importante. Pour uniformiser cette notion très subjective, on a pris un étalon qui est utilisé pour classer les sources lumineuses et tout particulièrement les tubes fluorescents. Cet étalon est un blanc correspondant à un "éclairage du jour type". Une source lumineuse qui a un indice 100 doit avoir un spectre d'émission identique à celui de la lumière du jour pour une température de couleur donnée.

La lumière naturelle : nous pouvons distinguer le rayonnement solaire direct, le rayonnement du ciel ou voûte céleste, et le rayonnement global. Dans tous les cas, nous savons que 50 % des rayons solaires seulement parviennent à la surface de la terre. Les radiations de longueurs d'onde inférieures à 300 nm sont arrêtées par la couche d'ozone, la vapeur d'eau et les impuretés atmosphériques. Notons que la température de couleur peut varier de $2\,000\text{ }^{\circ}\text{K}$ lorsque le soleil approche de l'horizon à $25\,000\text{ }^{\circ}\text{K}$ dans un lieu non pollué et par ciel bleu.

La lumière artificielle : nous pouvons considérer deux catégories de sources lumineuses dont la composition spectrale est très différente.

Les lampes à incandescence. Elles sont de deux sortes : a) les lampes ordinaires à filament de tungstène. Le filament est chauffé à $2\,700\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'enveloppe est en verre ordinaire transparent ou opaque. Ces lampes émettent non seulement un rayonnement réparti dans les différentes longueurs d'onde du spectre visible, mais, en plus, un rayonnement infrarouge important. Par contre, elles ne diffusent pas de radiations ultraviolettes. Leur température de couleur est assez basse ($2\,500\text{--}1\,900\text{ }^{\circ}\text{K}$). Cette lumière est très riche en radiations jaunes et rouges ; b) les lampes "halogène tungstène", dites "lampes à iode". Ce sont des lampes à filaments de tungstène chauffés à une température supérieure aux précédentes¹. On obtient de la sorte une meilleure efficacité lumineuse. L'opération peut se faire en introduisant une petite quantité d'iode (ou d'un autre halogène) qui équilibre la réaction. Ces lampes, qui dégagent évidemment une forte chaleur, doivent avoir une enveloppe en quartz. Il est alors indispensable de disposer de filtres infrarouges puissants.

1. On appelle "corps noir" tout corps capable d'absorber la totalité des radiations qu'il reçoit et de les transformer intégralement en chaleur.

1. En effet, une grande partie du courant électrique qui passe à travers une lampe ordinaire à filament est convertie en chaleur, et non en lumière.

Les tubes à fluorescence. Le tube est rempli d'un gaz tel que de la vapeur de mercure ou de la vapeur d'azote. La paroi interne du tube est recouverte d'une substance lumineuse qui émet une lumière visible lorsqu'elle est excitée par les rayons ultraviolets créés à l'intérieur du tube lors d'une étincelle électrique. Si les matériaux luminescents ont une épaisseur suffisante, les rayons ultraviolets peuvent être complètement absorbés. Par contre, ces lampes émettent peu de radiations infrarouges. Leur température de couleur se situe entre 2 700 et 6 500 °K.

L'humidité et la température

Les matériaux constituant les documents graphiques sont extrêmement sensibles aux variations climatiques.

Le papier, essentiellement composé de fibres cellulosiques, est très hygroscopique. Ses propriétés physiques et chimiques dépendent donc de la teneur en eau de l'atmosphère. Il en est de même pour le parchemin.

Cependant, l'action de l'humidité est étroitement liée à celle de la température, car ce n'est pas la quantité absolue de vapeur d'eau qui est néfaste, mais l'humidité relative.

Qu'entend-on par humidité absolue et humidité relative? L'humidité absolue est le poids (p) de vapeur d'eau contenu dans un volume donné d'air humide à une certaine température (t°). Elle est exprimée en g/m^3 . L'humidité relative est le rapport exprimé en pourcentage entre le poids (p) de vapeur d'eau effectivement contenu dans un volume d'air donné et le poids (P) maximal de vapeur d'eau que ce volume pourrait contenir à la même température (t°).

$$\% \text{ HR} = \frac{p}{P} \times 100$$

De ce fait, si l'on augmente la température de l'air on diminue la quantité d'humidité qu'il contient et vice versa.

Lorsque l'air ambiant est refroidi à une température donnée, l'humidité relative augmente jusqu'à ce qu'on atteigne une température où l'eau commence à se condenser sous la forme de fines gouttelettes. Cette température est appelée "point de rosée" ou température de saturation en vapeur d'eau de l'air (% HR = 100).

Cette humidité exerce une action très marquée sur les propriétés chimiques et physiques des matériaux organiques. Elle favorise également des détériorations biologiques.

Détériorations physiques. Les matériaux hygroscopiques, en particulier le papier et le parchemin, gonflent lorsqu'ils absorbent de l'humidité et se rétractent lorsqu'ils la libèrent. Cela entraîne d'importants changements dimensionnels : perte d'élasticité, de souplesse et de solidité. Ce phénomène est particulièrement frappant dans le cas des parchemins enluminés ; l'inégalité des tensions entre le support et la couche picturale aboutit forcément à une séparation des couches. C'est pourquoi de brusques variations hygrométriques représentent un danger très important.

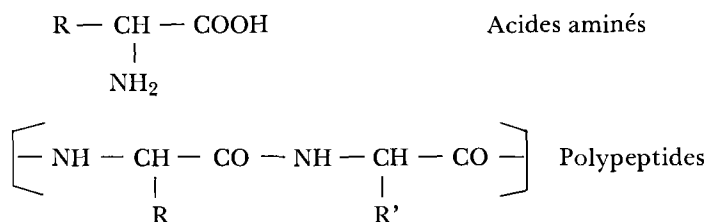
Si un excès d'humidité est à proscrire, une très grande sécheresse est également

nuisible. En effet, le papier a besoin d'un taux d'humidité assez important (environ 50 %) pour garder sa souplesse et son élasticité : si ce taux s'abaisse et devient inférieur à 40 %, le papier et surtout les colles deviennent cassants et finissent par tomber en poussière, tandis que les reliures se craquellent.

Détériorations chimiques. Du point de vue chimique, la chaleur humide entraîne une hydrolyse des molécules qui, de ce fait, se subdivisent en chaînes moléculaires plus petites. Ce phénomène a déjà été étudié par Chapman, qui, en 1915, compara l'état d'une collection de livres dont une partie avait été conservée aux Indes et l'autre au Royaume-Uni. Sur des lots de huit ouvrages, les exemplaires conservés en Inde, dans un climat humide et chaud, étaient tous attaqués, tandis qu'au British Museum de Londres six étaient intacts, un était piqué et un autre décoloré.

Les mêmes constatations ont été faites au sujet de papiers conservés, les uns dans des régions montagneuses (climat sec et frais), les autres dans des régions maritimes (air salin très humide).

Il en est de même pour le collagène, constituant essentiel du cuir et du parchemin. Celui-ci est constitué par trois chaînes polypeptidiques résultant de la condensation d'acides aminés.



L'humidité combinée à un excès d'acidité entraîne par hydrolyse des coupures de ces chaînes, ce qui modifie la résistance mécanique et chimique des matériaux : il y a libération de nombreux acides aminés.

Détériorations biologiques. L'humidité et la chaleur sont des facteurs essentiels de germination des spores des champignons et de fructification des bactéries, toujours présentes en suspension dans l'atmosphère. Il suffit que les conditions de température et d'hygrométrie soient favorables (température supérieure à 22 °C, humidité relative supérieure à 65 %) pour que les spores des champignons, au contact du papier (milieu de culture extrêmement nutritif), fructifient en puisant leur nourriture dans ce support dont elles affaiblissent très rapidement la résistance.

A la suite des travaux que nous avons réalisés, nous avons conclu que les conditions thermohygrométriques à respecter varient en fonction des matériaux à conserver. C'est ainsi que, pour des livres et des documents d'archives, la température doit être de 18 °C $\pm$ 1 °C, avec une humidité relative de 55 % $\pm$ 5 %.

La pollution atmosphérique

Le problème de la détérioration des œuvres d'art par la pollution atmosphérique n'est pas nouveau : en 1850 déjà, Eastlake et Faraday étudiaient les moyens de protéger des peintures de la National Gallery. Cependant, avec le développement industriel et l'accroissement de la circulation automobile, les phénomènes de détérioration dus à la pollution se sont très sérieusement accrus au cours des vingt dernières années. En effet, la majeure partie des agents polluants provient de la combustion du charbon et du fuel, du chauffage domestique, etc.

L'air vicié se compose normalement d'un mélange de gaz et de particules solides très finement dispersées. En fonction du lieu et de la saison, cette composition peut varier énormément.

Les gaz. L'unité de mesure utilisée est le μ g/m³. La combustion des produits pétroliers libère un très grand nombre de composés chimiques plus ou moins volatils, tels que des acides et des oxydants. Parmi les acides, nous ne citerons que les plus corrosifs : composés soufrés, composés azotés et chlorures.

L'anhydride sulfureux (SO₂). Ce gaz tend à s'associer avec les particules solides et liquides en suspension dans l'air, devenant ainsi un constituant important des aérosols. Une partie est oxydée en anhydride sulfurique (SO₃), qui réagit avec la vapeur d'eau pour former des brouillards d'acide sulfurique (H₂SO₄). Néanmoins, cette réaction d'oxydation est très complexe et dépend des conditions météorologiques. Tous les composés organiques, en particulier le papier et le cuir, sont très sensibles à l'action du SO₂, qui provoque des hydrolyses acides et, de ce fait, une dépolymérisation poussée de ces matériaux.

Les oxydes d'azote (NO). L'azote se combine à l'oxygène à une température élevée pour donner naissance à une variété d'oxydes dont deux seulement se trouvent en grande quantité dans l'atmosphère : l'oxyde d'azote (NO) et le peroxyde d'azote (NO₂). Tous deux sont très corrosifs. En zone urbaine, les deux tiers de ces oxydes proviennent de la combustion des gaz d'échappement des véhicules et forment d'épais brouillards.

Les chlorures. Les composés chlorés se trouvent à l'état de traces dans l'atmosphère des villes industrielles. Par contre, ils sont présents en quantité non négligeable dans les régions maritimes. Le vent disperse en effet de fines particules d'embruns marins riches en halogène et surtout en chlorures. Ces substances sont hygroscopiques et deviennent alors très corrosives.

L'ozone. L'ozone provient en grande partie de la stratosphère (à une hauteur de 20 à 30 km de la terre) par l'action des rayons ultraviolets de très courte longueur d'onde sur l'oxygène (c'est la raison pour laquelle les rayons ultraviolets inférieurs à 300 nm ne pénètrent pas à la surface du sol, car ils sont tous absorbés par l'ozone dans la stratosphère). L'ozone est un oxydant très puissant. Aussi son action est-elle extrêmement redoutable pour tous les matériaux organiques.

Les particules solides. Dans les atmosphères industrielles ainsi que dans les agglomérations urbaines, l'air est chargé de très fines particules minérales et organiques.

On trouve en effet des oxydes de fer, des sulfates d'alumine, de la silice, des

carbonates de magnésie et une très grande quantité de carbone, de goudron, dont le diamètre des particules peut varier.

Ces aérosols qui constituent la poussière sont extrêmement pénétrants. Ils se déposent sur les documents et finissent à la longue par avoir une action destructrice. En effet, ces particules sont souvent hygroscopiques et acides; elles peuvent être en outre des catalyseurs de réaction. Enfin, la poussière, souvent chargée de spores de champignons, est une source constante de contamination biologique.

Signalons pour conclure que, si chacune de ces substances a en elle-même une action corrosive, ce pouvoir de détérioration est encore plus grand lorsqu'elles se trouvent toutes présentes dans l'atmosphère.

Les agents de détérioration biologique

Parmi les nombreux facteurs d'altération des documents graphiques, ce sont certainement les micro-organismes et les insectes qui causent les dégâts les plus fréquents et les plus étendus.

Les champignons

Les champignons sont des végétaux dont l'appareil végétatif est un thalle, cellulaire ou filamenteux (mycélium), dépourvu de chlorophylle. Incapables d'assimiler le carbone atmosphérique, ils vivent soit en saprophytes, soit en parasites, soit encore en symbiose avec d'autres organismes; ils contribuent ainsi à la décomposition des matériaux aux dépens desquels ils se développent. Les champignons papyriques s'attaquent tout particulièrement aux vieux livres, aux estampes, aux parchemins, aux reliures (fig. 8).

8

Livre et liasse d'archives détériorés par les champignons et l'humidité.
(Photo : CRCDG, Paris.)





Ces champignons, communément appelés moisissures, sécrètent des pigments qui se diffusent dans le papier en laissant des taches de différentes couleurs plus ou moins intenses. Plus de 600 espèces ont été récemment recensées, qui se répartissent ainsi :

- Les Ascomycètes, dont la forme la plus fréquente est le *Chaetomium*;
- Les Adelomycètes (*Fungi imperfecti*), plus spécialement représentés par le *Penicillium*, l'*Aspergillus* (fig. 9) et le *Fusarium*;
- Les Basidiomycètes, plus rarement rencontrés sur les matériaux constitutifs des documents graphiques, à l'exception de la *Gyrophana lacrymans*, communément appelée mэрule ou mэрule pleureuse, champignon spécifique du bois, qu'on a quelquefois isolé sur le papier et le cuir. La mэрule est un champignon résistant et très nuisible pour les matériaux sur lesquels elle se développe ; elle peut se présenter sous des aspects très différents selon les conditions d'aэération, de lumière et de localisation. Ses principales formes subissent une évolution : coussinets ouatés, fins filaments noirâtres (forme pauvre) ou toile ; palmettes divergentes ; cordonnets blancs, ou rhizomorphes longs et assez épais ; plaques orangées qui sont des réceptacles fertiles. Elle est donc assez difficile à reconnaître pour le non-spécialiste.

Les bactéries

Des bactéries ont également été isolées sur les documents graphiques mais moins fréquemment que les champignons ; c'est pourquoi nous n'insisterons pas ici sur ces agents de détérioration, dont nous signalerons simplement les espèces les plus fréquemment rencontrées. Ce sont toujours des bactéries aэrobies qui appartiennent aux familles des Eubactéries et des Mycobactéries.

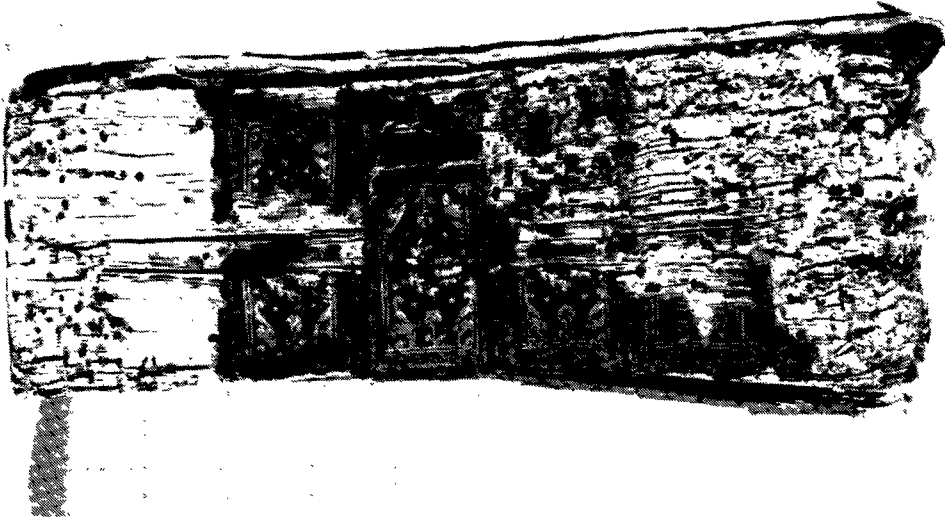
Parmi les Eubactéries, nous rencontrons les *Pseudomonas*, les *Cellulomonas*, les *Bacillus* (le *Bacillus licheniformis*, isolé récemment sur le parchemin, provoque des taches brunes et un début de liquéfaction).

9

Vue au microscope électronique des spores
d'*Aspergillus tamarii*.

Grandissement : X 2000.

(Photo : Laboratoire de cryptogamie, Musée
national d'histoire naturelle, Paris.)



10

Dos de reliure détérioré par des insectes.

(Photo : Bibliothèque nationale, Paris.)

Dans les Mycobactéries, signalons les *Streptomyces* (en particulier le *Streptomyces cellulosa*) et les Myxobactériales, genres *Cytophaga* et *Sorangium* (le *Sorangium cellulorum* forme une gelée brune sur le papier).

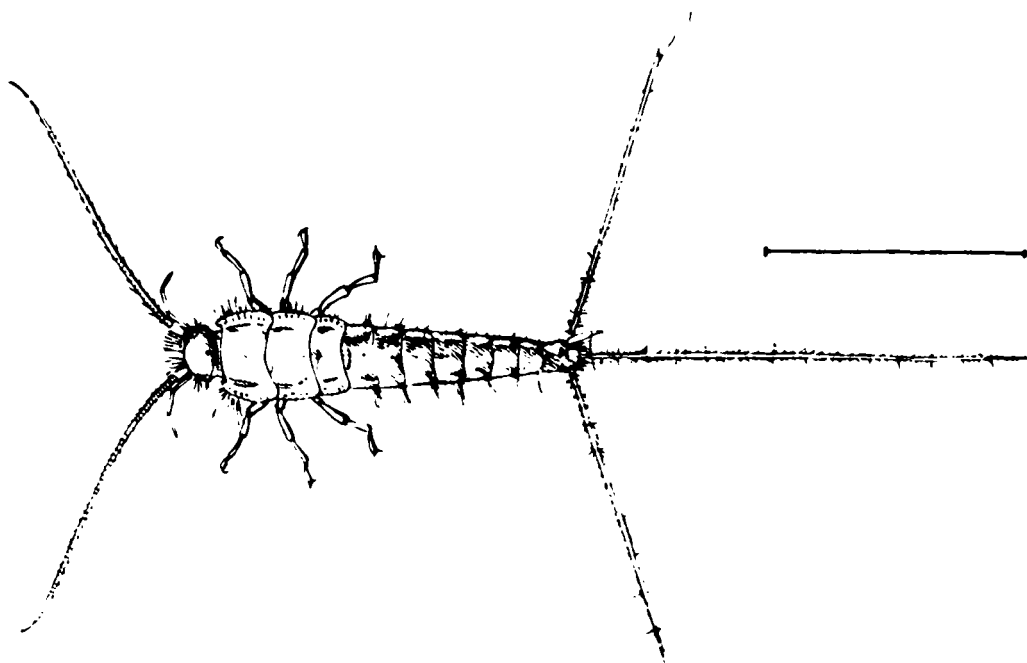
Les insectes

Les insectes qui ravagent les fonds de bibliothèques et d'archives (fig. 10) sont nombreux et appartiennent à des espèces variées. Nous ne citerons ici que ceux qu'on rencontre le plus souvent ou qui causent des dégâts très importants. Leur classification sera la suivante :

Ordre des Thysanoures. Seules les espèces appartenant à la famille des lépismes sont nuisibles pour les documents d'archives, notamment le *Lepisma saccharina*, connu sous le nom de "poisson d'argent" (fig. 11). Leurs nourritures favorites sont la colle, l'amidon ; aussi s'attaquent-ils surtout aux reliures dont ils "grignotent" la surface.

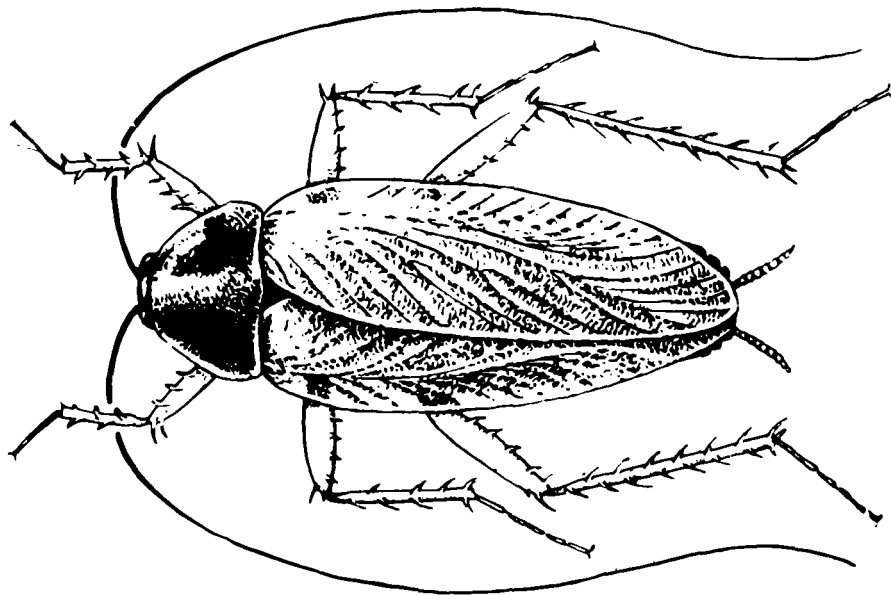
Ordre des Dictyoptères. Il s'agit des blattes (fig. 12) et en particulier de la blatte germanique (*Phyllodronia germanica* L.) et de la blatte orientale (*Blatta orientalis* L.). Ces insectes, fuyant la lumière, pullulent dans les endroits sombres, chauds et humides ; ils endommagent surtout les reliures des registres.

Ordre des Isoptères. Ce sont les insectes les plus redoutables pour les habitations, les bibliothèques et les musées. Connus sous le nom de termites (fig. 13), ils prolifèrent dans les pays tropicaux. On en trouve deux espèces dans les régions tempérées : le *Reticulitermes lucifugus* Rossi, surtout fréquent en France, dans la Charente-Maritime et dans les Landes, et le *Caloterms flavicollis* F., dont on déplore les méfaits en Provence et surtout en Italie.



11
Poisson d'argent.
(CRCDG, Paris)

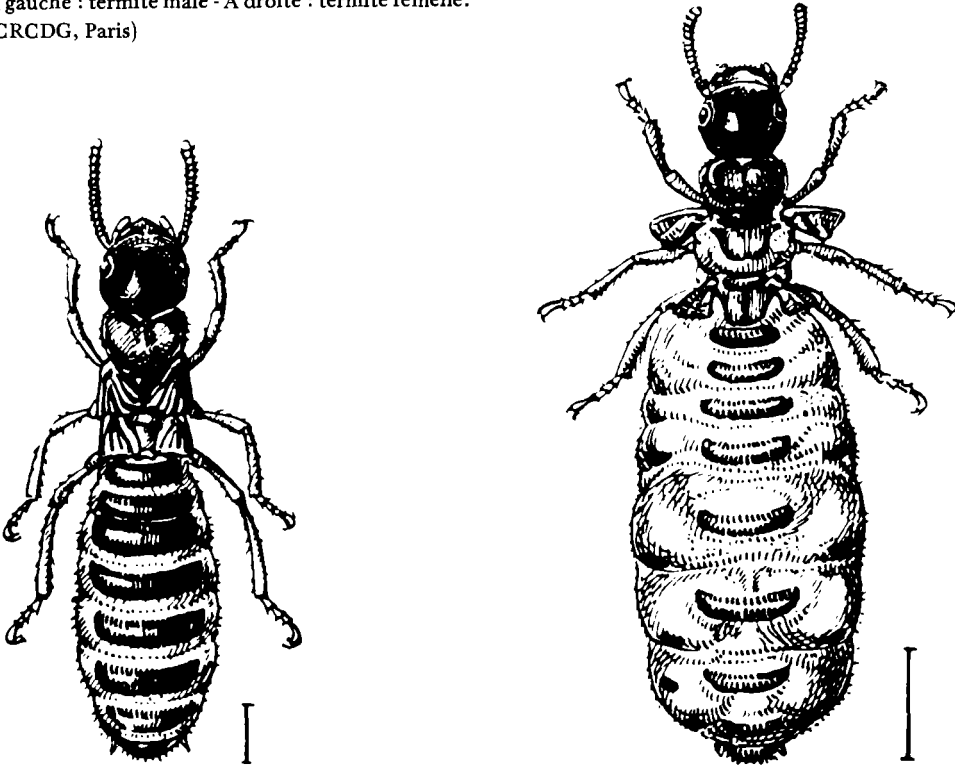
12
Blatte.
(CRCDG, Paris)



Termites.

A gauche : termite mâle - A droite : termite femelle.

(CRCDG, Paris)



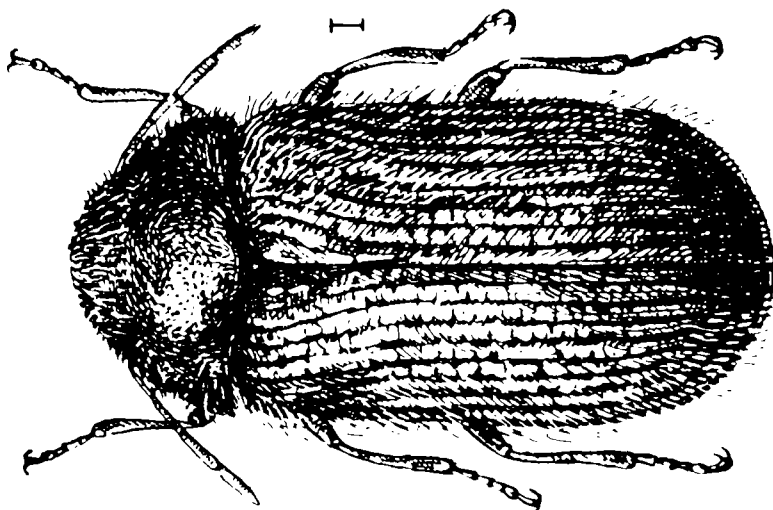
Ces insectes vivent en société; on distingue parmi eux quatre types d'individus : deux types sexués — le roi et la reine, responsables de la reproduction; le roi est toujours unique, mais la vraie reine est souvent remplacée par plusieurs “femelles de substitution”; et deux types non sexués — les ouvriers, à qui incombent les travaux, et les soldats, chargés de la défense de la colonie. Les ouvriers font défaut chez le *C. flavicollis* F.; les larves et les nymphes les remplacent.

Les individus sexués possèdent des ailes membraneuses qui tombent aussitôt après l'accouplement. L'abdomen des ouvriers et des soldats est pâle et mou; leur tête est jaune-brun. Les soldats ont une tête énorme (la moitié de la longueur totale de l'insecte) et de fortes mandibules; ils sont presque aveugles. Le roi a une forme allongée. L'abdomen de la reine prend la forme d'un boudin qui mesure la moitié de la longueur de son corps; il est rempli d'œufs. Les larves sont blanches, ont une grosse tête et un corps massif.

Les ravages causés par les termites sont énormes, dans les pays chauds surtout, mais également dans les régions tempérées. Dans les maisons, leurs endroits de prédilection sont les charpentes faites de toutes les essences, les planchers, les plinthes, les cadres de tableaux, etc. De plus, il leur faut de la chaleur et de l'humidité. Les dégâts commis par les termites sont d'autant plus redoutables qu'ils ne sont décelables qu'au tout dernier moment, car ces insectes creusent, à l'abri de la lumière, de profondes galeries entrecroisées dont rien ne trahit la présence à l'extérieur.

Ordre des Psocoptères. Parmi ceux-ci, les *Psoques* (*Tractes divinatorius*), communément appelés “poux du livre”, attaquent particulièrement la colle et les peaux.

14
Vrillette.
(CRCDG, Paris)



Ordre des Coléoptères. Il comprend : a) les *Dermestidae*, parmi lesquels le *Dermestes maculatus* recherche spécialement le cuir et les peaux ; b) les *Anobiidae*, qui sont des insectes xylophages connus sous le nom de “vrillettes” (fig. 14) en raison de la forme des trous qu’ils font dans le bois ; l’*Anobium punctatum* et l’*Anobium paniceum* sont les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les livres ; c) les *Cerambycidae*, ou capricornes, qui sont remarquables par le développement important de leurs antennes ; le plus nuisible est l’*Hylotrypes bajulus* L., communément appelé “capricorne des maisons”. Ils recherchent surtout le bois, dans lequel leurs larves creusent des galeries profondes ; d) les *Lyctidae*, dont le *Lyctus linearis* (fig. 15), qui s’attaque spécialement aux bois, mais peut éventuellement occasionner des dégâts sur les cuirs ; e) les *Ptinidae*, insectes actifs la nuit, qui se nourrissent de substances organiques, en particulier de plantes desséchées, mais aussi de papier, de carton et de cuir ; l’espèce la plus néfaste pour les archives est le *Ptinus fur*.

On reconnaît la présence des insectes dans les dépôts d’archives à divers signes :

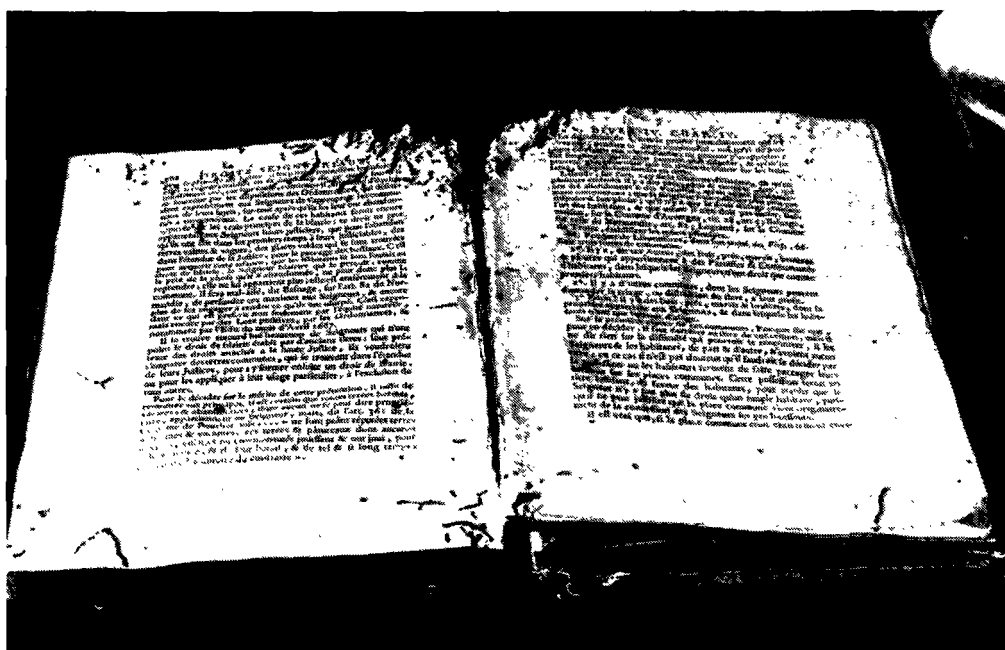
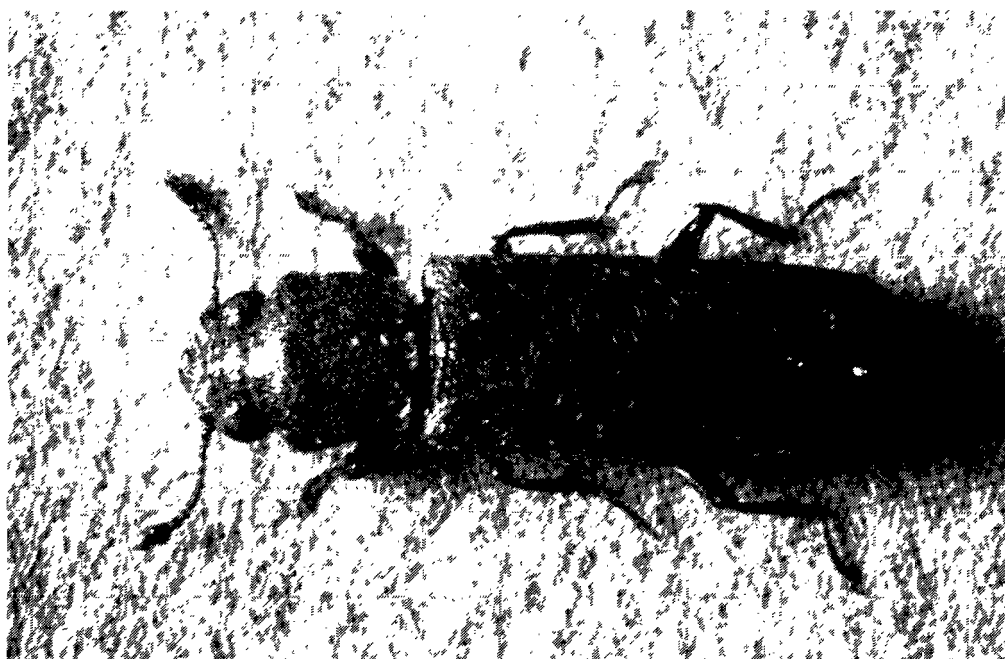
Dégâts causés aux documents eux-mêmes : galeries sinueuses pour les lépismes et les dermestes, petits trous circulaires pour les vrillettes (fig. 16), larges cavités creusées par les termites, et généralement remplies de matières organiques brunâtres ;

Présence de larves ou d’œufs à l’extérieur des documents ou à l’intérieur des liasses et registres ;

Présence de petits tas de sciure révélant l’existence d’insectes xylophages ou de petits tas d’excréments (poussière noirâtre) sur les documents ou à leur proximité ; ou encore, matières organiques sécrétées par les insectes formant colle au point de rendre parfois impossible la séparation des feuillets ;

Enfin, on constate souvent la présence d’insectes en les voyant circuler dans le dépôt (blattes, dermestes), ou en ouvrant des liasses d’archives ou des registres (lépismes).

Les rongeurs



15

Lyctus.

(Photo : CRCDG, Paris.)

16

Livre détérioré par la vrillette.

(Photo : CRCDG, Paris.)

thèques et d'archives. Dans certains cas, les dégradations peuvent atteindre jusqu'à 20 % des documents. Ils dévorent avec la même avidité les papiers, les cuirs, les parchemins et les colles.

A l'inverse de certains insectes qui provoquent des altérations souvent lentes et limitées, les rongeurs sont capables de détériorer complètement un document en très peu de temps.

LA MAUVAISE QUALITÉ DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DES DOCUMENTS

Le papier, jadis constitué essentiellement de fibres cellulosiques de coton ou de lin, résistait aux atteintes du temps. Comme on l'a déjà signalé plus haut, il n'en est pas de même pour certains papiers à base de pâte de bois, encollés à la colophane en milieu acide. En effet, l'acidité initiale déjà élevée de ces papiers (*pH* 5-5,5) peut considérablement augmenter en vieillissant, ce qui entraîne, comme dans le cas de la pollution, l'hydrolyse de la cellulose, d'où une dépolymérisation et une perte de sa résistance mécanique.

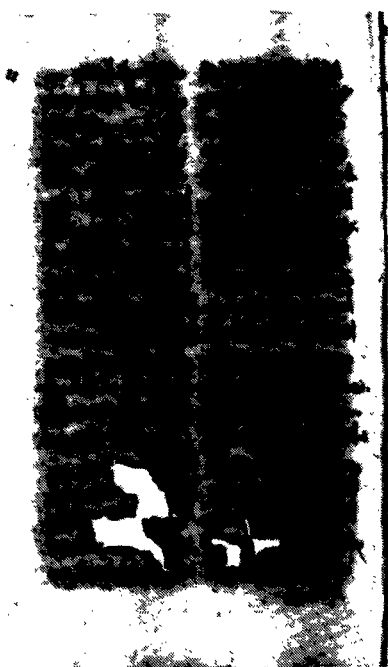
Les cuirs peuvent se détériorer lorsque des acides forts ont été utilisés pour l'opération de déchaulage ou que des matières grasses instables ont été employées pour les nourrir.

Enfin, la stabilité des encres dépend des produits qu'elles renferment. Les encres au carbone, généralement indélébiles, deviennent parfois pulvérulentes par décomposition du liant. Elles peuvent également s'écailer lorsqu'elles sont étalées sur un support non absorbant, tel que le parchemin, auquel elles adhèrent mal. Quant aux encres métalliques, à base de sulfate de fer, elles peuvent, au contact de l'humidité, libérer de l'acide sulfurique qui ronge le papier et le parchemin et les transforme en "dentelle" (fig. 17). Par ailleurs, il arrive que ces encres pâlisent et parfois même se décolorent complètement. Ce phénomène est dû à une décomposition partielle des substances tanantes qui ne peuvent plus s'assembler aux particules métalliques restant à la surface du document.

LES SINISTRES NATURELS OU ACCIDENTELS

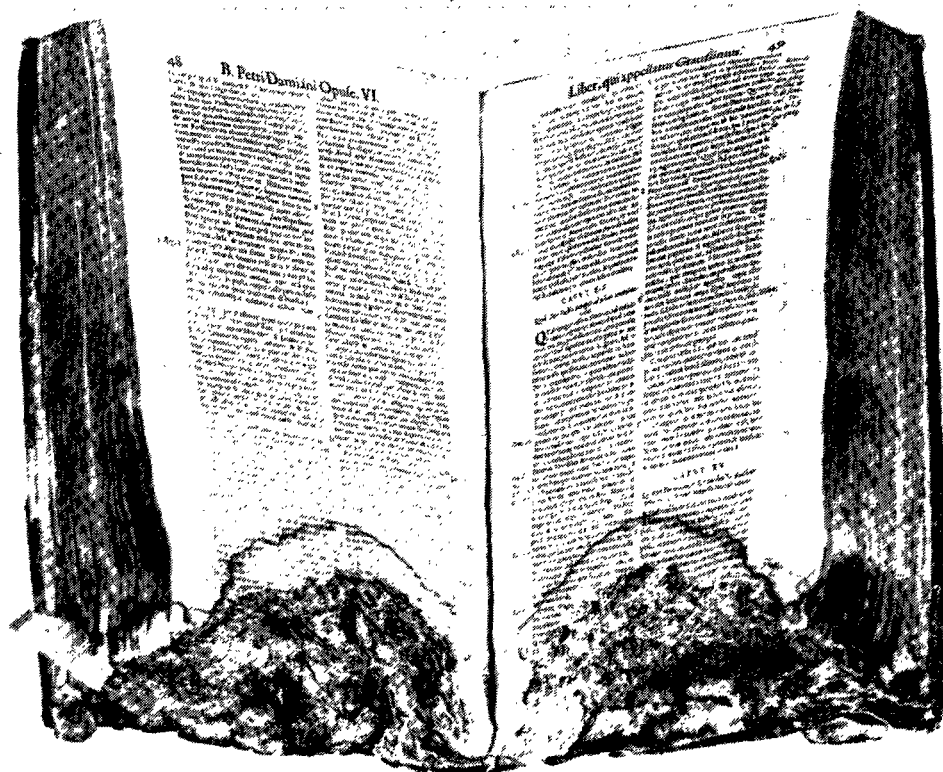
Les inondations et cyclones

L'eau entraîne souvent des dommages considérables pour les documents graphiques. L'origine de ce genre de sinistre peut être soit naturelle (crues de fleuves ou rivières, orages, tempêtes), soit accidentelle (rupture de canalisations, fuite de toiture, murs lézardés, eau utilisée lors d'incendies). En quelques minutes, des dizaines de milliers



17
Document syriaque détérioré par l'acidité de
l'encre.
(Photo : CRCDG, Paris.)

18
Livre détérioré par l'humidité.
(Photo : Bibliothèque nationale, Paris.)





de livres, manuscrits et liasses d'archives peuvent être ainsi inondés (fig. 18, 19, 20).

On se souvient de l'ampleur des dégâts causés par certains sinistres tels que les inondations de Florence et de Venise en 1966, le débordement du Tage à Lisbonne qui, en 1967, submergea la totalité des œuvres d'art de la collection Calouste Gulbenkian, ou le fameux ouragan *Celia* qui dévasta une partie du Texas en 1970, détruisant 50 000 livres conservés à la Bibliothèque universitaire de Corpus Christi.

Le sauvetage des documents ainsi immergés est une des principales préoccupations de tous les responsables de collections. Cette tâche est difficile, car il faut agir très vite et sur une quantité très importante de documents. Des mesures préventives devraient être prises.

Les vents de sable

Dans certaines régions au climat très sec, le vent transporte des particules minérales résultant de l'érosion des roches. Certaines de ces particules, composées de minéraux très durs (silice, matériaux volcaniques), exercent sur les documents d'archives et de bibliothèque une action abrasive qui peut aller jusqu'à l'effacement de l'écriture.

Le feu

De tous les ennemis des documents graphiques, le feu est évidemment, avec l'eau, le plus spectaculaire ; il est aussi le plus redoutable, puisqu'il menace tous les matériaux d'une destruction complète, rapide et généralement irréversible.

Malheureusement, depuis une vingtaine d'années, le nombre de foyers d'incendie n'a cessé de croître en fonction de l'emploi intensif de matériaux très inflammables et

19

Reliure détériorée par l'humidité.

(Photo : Bibliothèque nationale, Paris.)

20

Livre détérioré par l'humidité.

(Photo : Bibliothèque nationale, Paris.)



mal ou non traités. En effet, les matières plastiques ont trop souvent remplacé les matériaux traditionnels pour l'aménagement des locaux. Les sacs et enveloppes en polyéthylène ou même en polychlorure de vinyle sont utilisés à la place du papier kraft. Ces substances, si elles ne sont pas ignifugées, sont très inflammables et permettent au feu de se propager très rapidement. Par ailleurs, leurs produits de combustion sont très toxiques pour l'homme.

LES MÉFAITS DUS A L'HOMME

Trop souvent, la malveillance ou la négligence de l'homme entraîne des détériorations pouvant aller jusqu'à la destruction complète des documents.

Le vandalisme et le manque de soin des lecteurs ou des visiteurs

Si les actes de vandalisme tendent à diminuer grâce à la vigilance des conservateurs et des gardiens, on se doit cependant de signaler le cas des manuscrits à peintures qui ont été découpés, des notes marginales manuscrites gommées, des pages de livre et de manuscrit arrachées, des feuillets souillés par des taches de graisse ou d'encre à stylo, de crayon feutre ou à bille.

Les manipulations maladroites

Celles-ci ont généralement lieu lors de l'inventaire, du classement ou de la communication des documents.

Parmi les nombreux faits constatés au cours des inspections des magasins, signalons les plus marquants :

L'estampillage des collections est trop souvent effectué avec des encres inadaptées et à des endroits mal choisis ;

Les étiquettes (en particulier les étiquettes auto-adhésives) portant la cote du document peuvent dans certains cas entraîner une détérioration ponctuelle des reliures ;

Les livres sont quelquefois mal rangés sur les rayonnages : les grands formats écrasent les petits ;

Les documents trop serrés risquent de se déchirer lorsqu'on les retire des étagères ;

Lorsque des liasses d'archives ficelées sont disposées en tas sur les rayonnages, la poussière pénètre à l'intérieur de ces liasses ; de plus les ficelles parfois trop tendues déchirent les papiers ;

Les reliures non traitées se dessèchent, et les plats finissent à la longue par se détacher du dos.

Enfin, il ne faut pas négliger le manque de soin de quelques gardiens, qui endommagent les œuvres en les manipulant avec trop d'énergie.

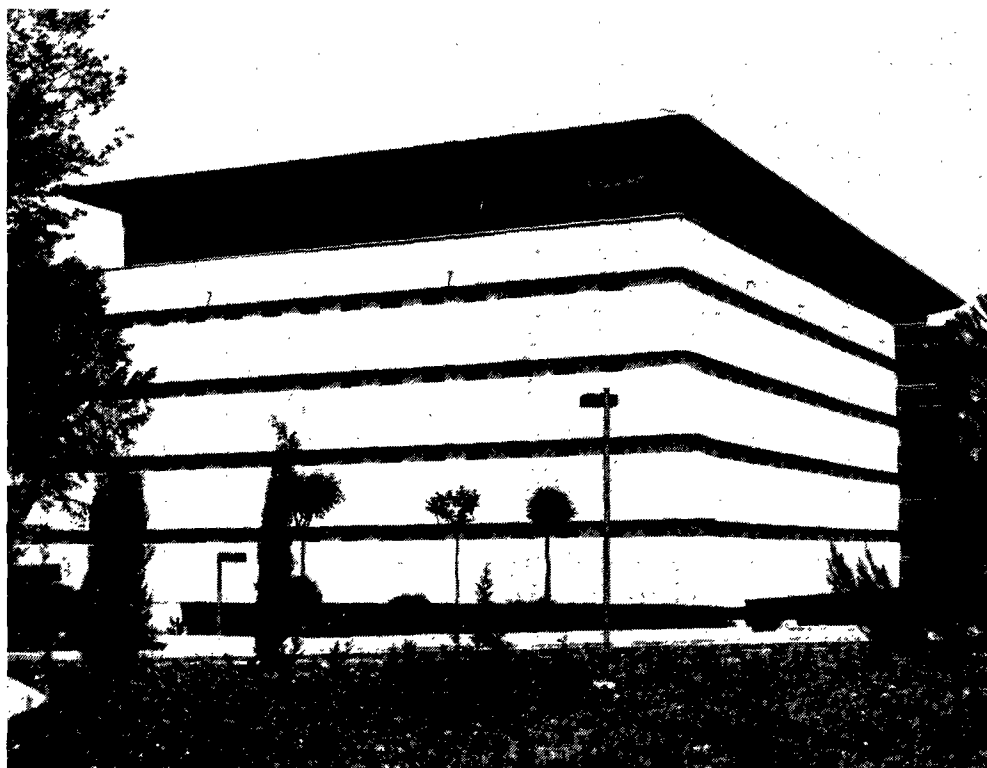
Les restaurations défectueuses

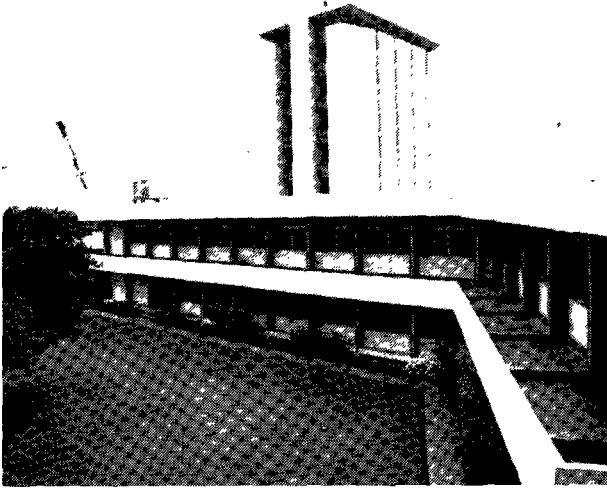
On ne saurait trop insister sur les catastrophes provoquées par des traitements de restauration inadaptés. Leur liste serait trop longue pour la dresser ici. Cependant, le lecteur trouvera les précautions à prendre lors d'une restauration s'il se réfère au dernier chapitre de ce livre, consacré aux "Principes de la restauration".

Les bâtiments et la protection des documents

La structure et l'équipement des bâtiments jouent un rôle essentiel dans la conservation des documents d'archives et des livres. En effet, le choix de matériaux de construction adéquats est important pour assurer leur protection contre les éléments climatiques (humidité, sécheresse, rayonnement solaire), contre la pollution atmosphérique, contre les insectes et les rongeurs, contre le feu. L'emplacement même des bâtiments et leur orientation doivent être soigneusement étudiés (fig. 21, 22).

D'autre part, la bonne conservation des documents dépend dans une grande mesure des équipements techniques — chauffage/climatisation, lutte contre l'incendie.





EMPLACEMENT ET DISPOSITION GÉNÉRALE

Avant tout, un bâtiment d'archives ou de bibliothèque doit être situé loin de toute source de danger permanent ou potentiel. On évitera donc les terrains inondables, les bords de mer exposés aux tempêtes, les pentes susceptibles de glissements de terrain. On évitera aussi le voisinage des usines chimiques, des centres nucléaires, des entrepôts de matériaux inflammables ou explosifs, des objectifs militaires.

Terrains humides

Lorsque le terrain est humide (zones basses, proximité d'une rivière ou d'un lac, etc.) un soin particulier doit être apporté à l'isolation hygrométrique. Une excellente solution consiste à isoler le bâtiment du sol au moyen de pilotis en béton ; ces pilotis constituent aussi une bonne protection contre les termites (à condition de les entourer d'un fossé aux parois verticales) et contre les rongeurs.

Une autre solution est la construction d'un radier étanche, sur lequel repose l'ensemble du bâtiment.

Les matériaux de construction doivent être choisis pour leurs qualités hygrométriques. Il existe des ciments spéciaux à forte capacité d'absorption d'humidité. La brique est aussi un matériau bien isolant.

Zones à forte sismicité

Dans les zones exposées à de graves risques de tremblement de terre, les constructions de dépôts d'archives et de bibliothèques doivent obligatoirement être conformes aux normes antisismiques : ossature de béton armé de très bonne qualité, chaînages horizontaux et verticaux, dalles renforcées et joints assurant la solidarité entre les différentes parties du bâtiment, limitation de la portée des poutres et plafonds entre les supports verticaux. Il est recommandé, dans ces zones, de ne pas construire les dépôts d'archives et les bibliothèques en hauteur, mais d'édifier des bâtiments ne dépassant pas deux ou trois étages.

Zones à cyclones

Dans les zones exposées aux cyclones tropicaux, les bâtiments doivent être recouverts de dalles de béton anticyclones, et toutes les ouvertures (portes et fenêtres) doivent être munies de dispositifs de fermeture étanche pour empêcher l'infiltration des pluies. La construction sur pilotis est particulièrement recommandée. Les toitures doivent être ancrées sur les murs pour éviter que le vent ne les soulève.

Protection contre les vents dominants et la pluie

Pour protéger les bâtiments contre l'humidité, les embruns salés, la poussière ou le sable qu'apportent les vents dominants (selon les pays), on évitera de mettre des fenêtres sur les murs du côté où ces vents soufflent. Autant que possible, on choisira des terrains abrités, notamment en bordure de mer à cause du danger que représente l'air salin pour les documents d'archives et les livres.

Les ouvertures seront protégées par des écrans et des claustras. Dans les pays sujets à de violentes précipitations, les toitures doivent être à forte pente, avec un débord suffisant pour éviter le ruissellement des eaux sur les murs. Comme il s'agit souvent aussi de zones à cyclones, on observera les règles anticyclones concernant l'ancrage des toitures sur les murs.

L'évacuation des eaux de pluie doit être assurée par de nombreux conduits, qu'on entretiendra pour éviter leur obstruction.

Un espace d'aération doit être réservé entre le toit et le plafond du niveau supérieur du bâtiment. Tous les matériaux de construction et de revêtement seront spécialement choisis en fonction de leur étanchéité et de leur résistance à l'humidité.

Bâtiments en surface ou bâtiments souterrains ?

Depuis longtemps, on a eu l'idée de construire des dépôts d'archives et des bibliothèques sous terre, pour les protéger contre les risques d'explosion et d'incendie.

En particulier, cette formule de bâtiments souterrains est considérée comme la seule qui assure une sécurité parfaite contre les risques de guerre (nucléaire ou conventionnelle). C'est pour cette raison que le dépôt de microfilms de la Société généalogique de Salt Lake City (Utah, Etats-Unis d'Amérique) occupe des galeries souterraines dans les montagnes Rocheuses.

Il est exact que la protection contre les risques de guerre est ainsi assurée au maximum, mais d'autres inconvénients sont à considérer, concernant les risques d'infiltration d'eau dans les parois rocheuses et la circulation de l'air. Que le bâtiment souterrain soit construit dans le roc à flanc de montagne ou dans le sol d'une plaine, une climatisation et une ventilation parfaites doivent être assurées, faute de quoi l'atmosphère du souterrain devient humide et stagnante, ce qui entraîne le développement des champignons.

Si le terrain est humide et meuble, il est particulièrement indispensable d'isoler la partie souterraine au moyen d'un radier en béton hydrofuge. Le poids des rayonnages

chargés d'archives ou de livres pose alors un problème pour l'équilibrage du radier, qu'il est nécessaire de faire reposer sur des pieux rigides enfoncés jusqu'au roc.

Ces procédés de construction sont coûteux, et l'entretien des systèmes de climatisation et de ventilation est délicat, surtout dans les pays faiblement industrialisés.

Pour toutes ces raisons, la construction de dépôts souterrains n'est pas à recommander en règle générale. Elle n'est justifiée que : pour conserver des documents exceptionnellement précieux ; pour économiser la surface du terrain (au cœur des villes, par exemple) ; pour conserver les documents dans les zones à risque élevé en temps de guerre (proximité d'objectifs militaires par exemple).

Matériaux de construction

Les matériaux choisis pour la construction des bâtiments d'archives et des bibliothèques doivent assurer la protection maximale des documents et des livres contre le feu, l'humidité, le froid, la chaleur, la sécheresse.

Ils doivent donc être incombustibles et conformes aux normes de sécurité pour la résistance au feu, et offrir aussi la meilleure isolation thermique et hygrométrique, tant pour les murs que pour les toitures.

Les parois de verre, même traitées "antisoileil", sont à proscrire absolument. Il serait vain de chercher à assurer une bonne climatisation des magasins si les murs et les toitures laissent passer la chaleur, le froid et l'humidité de l'extérieur¹.

Hauteur des bâtiments

Dans les grandes villes, où le terrain est extrêmement coûteux, on a souvent tendance à élever les bâtiments d'archives et des bibliothèques jusqu'à de grandes hauteurs (80 mètres pour les Archives de la Seine-Maritime à Rouen, France).

Du point de vue de la sécurité, cette formule n'est pas condamnable, à condition que les liaisons verticales (escaliers, ascenseurs, escaliers de secours) soient conformes aux normes en vigueur pour les immeubles de grande hauteur. D'autre part, du point de vue de la commodité d'utilisation, elle évite les longs trajets intérieurs qu'implique, pour un bâtiment de grandes dimensions, la disposition habituelle en longueur.

Toutefois, lorsque l'on construit en hauteur, le coût des fondations et de l'ossature du bâtiment est beaucoup plus élevé. Par ailleurs, cette formule est à rejeter absolument dans les zones à forte sismicité, en raison des risques d'effondrement lors des tremblements de terre.

1. Chaque zone climatique a ses propres exigences en matière de construction, et il n'est pas possible de développer ce point dans le cadre restreint du présent manuel.

Plan d'ensemble des bâtiments

Un bâtiment d'archives ou de bibliothèque ne comprend pas seulement des locaux destinés à la conservation des documents et des livres ("magasins"); il comprend aussi des locaux de travail réservés au personnel (salles de classement et de catalogage, ateliers de reliure et de restauration, bureaux de l'administration, etc.) et au public (salles de lecture, salles d'expositions et de conférences, etc.).

Or les caractéristiques architecturales et climatologiques de ces deux catégories de locaux — magasins et lieux de travail — sont totalement différentes. Il est donc nécessaire d'assurer leur coexistence et en même temps leur spécificité à l'intérieur d'un même ensemble architectural.

La séparation entre les locaux de travail et les magasins peut être réalisée par leur juxtaposition horizontale : d'un côté le "bloc magasins", de l'autre les locaux de travail, séparés soit par un espace vide avec une galerie de circulation, soit par un mur coupe-feu¹.

Dans d'autres cas, les locaux de travail sont placés au-dessous des magasins, mais les architectes contemporains ont de plus en plus tendance à les placer au-dessus de ceux-ci, c'est-à-dire au sommet des bâtiments. Cette disposition a le double avantage de situer tout en haut la partie la plus légère du bâtiment (bureaux) et d'assurer aux locaux de travail un emplacement plus agréable, loin de la circulation automobile et du bruit de la rue.

En toutes circonstances, les locaux de travail doivent disposer d'une circulation verticale (escaliers et ascenseurs) indépendante de celle des magasins et d'issues de secours conformes aux normes de sécurité.

NORMES DIMENSIONNELLES, OSSATURE, RAYONNAGES

Normes dimensionnelles

Les locaux de travail des services d'archives ou de bibliothèque ne présentent aucune caractéristique architecturale différente de celle des locaux administratifs en général. La hauteur sous plafond est conforme aux normes habituelles (généralement de 3 m à 3,50 m); une plus grande hauteur est souhaitable pour les salles de lecture, d'exposition et de conférences appelées à recevoir un nombreux public.

En revanche, les magasins d'archives et des bibliothèques sont strictement normalisés en fonction des nécessités de la conservation et de la sécurité des documents et des

1. Un mur coupe-feu est un mur d'une épaisseur d'au moins 30 cm en maçonnerie, 22 cm en brique ou 18 cm en béton armé, et dont toutes les ouvertures ont une surface inférieure à 9 m² et sont munies de portes en matériaux incombustibles avec des montants en matériaux résistant au feu.



23
Magasins des plans aux Archives du canton de
Bâle, Suisse.
(Photo : Archives du canton de Bâle.)

livres (fig. 23). La hauteur des rayonnages est limitée à 2,20 m pour permettre l'accès aux tablettes supérieures sans le secours d'échelles¹. La largeur des allées de circulation entre les épis (rangées) parallèles de rayonnages est fixée à 0,80 m. Avec des rayonnages de 2,20 m de hauteur et des allées de circulation de 0,80 m de largeur, la capacité d'une salle de 170 m² est en moyenne de 1 000 mètres de tablettes.

Les rayonnages et l'ossature du bâtiment

En général, les rayonnages eux-mêmes sont métalliques dans les bâtiments d'archives et des bibliothèques modernes² (fig. 24). Les rayonnages de bois, courants dans les anciens bâtiments, ont été longtemps prohibés en raison de leur inflammabilité et de leur vulnérabilité aux insectes. Cependant, les techniques modernes permettent de les ignifuger et de les traiter par des produits insecticides. Moyennant cette double précaution, ils ont l'avantage d'éviter la condensation et ils sont un facteur appréciable de régulation hygrométrique.

1. Pour cette raison, les étages des magasins d'archives et des bibliothèques sont en général réduits à une hauteur de 2,30 ou 2,40 m sous plafond, en laissant juste l'espace nécessaire, au-dessus des rayonnages, pour le passage des gaines de ventilation et de climatisation, et pour celui des canalisations électriques.
2. La norme la plus courante est la tôle d'acier de 1 mm d'épaisseur, traitée contre la rouille et revêtue de peinture-émail cuite au four.



24
Rayonnages du dépôt souterrain des Archives
nationales de Norvège à Oslo, Norvège.
(Photo : Archives nationales de Norvège.)

Pour permettre le déplacement des tablettes en hauteur, les montants verticaux des rayonnages doivent être munis de trous (encoches) ou de crémaillères, où reposent les tablettes ou les tasseaux supportant les tablettes. Les systèmes d'accrochage par boulons et écrous sont à proscrire en raison de leur inconvénient et des risques de déchirure qu'ils font courir aux livres et documents d'archives.

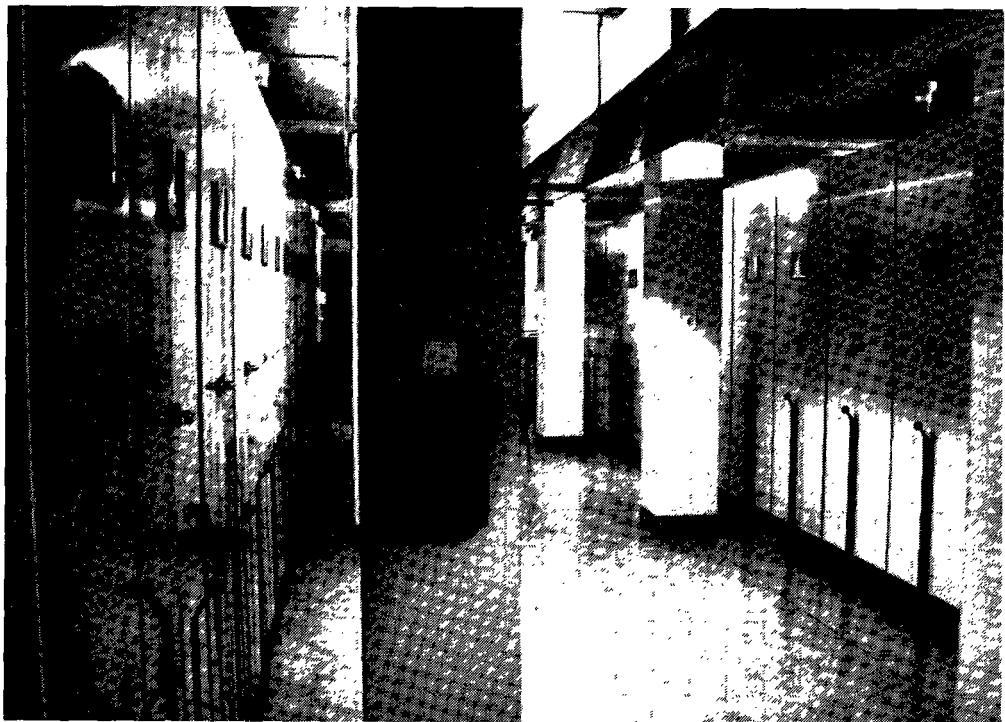
Les rayonnages sont presque toujours disposés en épis (rangées) parallèles à double face. Pour permettre une bonne circulation de l'air, il est recommandé d'éviter les tôles pleines entre les deux faces de l'épi ; un simple système de croisillons métalliques est préférable (fig. 25).

Étant donné le poids des archives et des livres, chaque tablette de 1 m de longueur doit pouvoir supporter une charge de 100 kg.

Rayonnages autoporteurs

Il existe des systèmes de rayonnages dont les montants métalliques verticaux supportent en même temps les planchers de circulation sur plusieurs niveaux : ce sont les rayonnages "autoporteurs". Ce système a l'avantage d'être assez peu coûteux et de construction rapide, mais les services de sécurité lui sont hostiles en raison des risques d'effondrement de l'ossature métallique en cas d'incendie. C'est pourquoi, dans la plupart des pays, le système autoporteur n'est autorisé, depuis une dizaine d'années, que sur une faible hauteur (2 ou 3 niveaux au maximum). Il doit être absolument prohibé dans les zones à fort risque de tremblements de terre.

L'ossature habituelle des magasins d'archives ou des bibliothèques est donc l'ossa-



26
Rayonnages compacts (magasins souterrains des
Archives du canton de Bâle, Suisse).
(Photo : Archives du canton de Bâle.)

ture en poteaux et poutres de béton armé. En raison du poids des rayonnages et des livres ou documents, les planchers doivent pouvoir supporter une charge de 1 000 kg/m².

Rayonnages mobiles

Enfin, il faut signaler l'existence de systèmes de rayonnages "mobiles"¹ (fig. 26) montés sur rails au sol ou suspendus à des rails aériens, ou encore pivotant sur des gonds qui permettent d'économiser la surface des magasins en plaçant les épis de rayonnages les uns contre les autres, au lieu d'avoir autant d'allées de circulation que d'épis parallèles. Ces systèmes ont toutefois des inconvénients :

Ils sont très coûteux (environ deux fois plus chers que les rayonnages traditionnels non mobiles);

Ils font peser sur les planchers une charge double de celle des rayonnages non mobiles (jusqu'à 2 000 kg/m²);

Ils sont assez fragiles et demandent à être manœuvrés avec le plus grand soin;

S'ils sont mus par un moteur électrique ou pneumatique, l'entretien de ce moteur est assez délicat;

Ils laissent mal circuler l'air à l'intérieur des épis de rayonnages.

Pour toutes ces raisons, les rayonnages mobiles doivent être prohibés dans les pays faiblement industrialisés et dans les zones à climat chaud et humide, où l'aération des rayonnages est essentielle.

En revanche, ils offrent une bonne protection contre le feu en raison de leur compacité.

UTILISATION DE BÂTIMENTS ANCIENS

Il n'est pas toujours possible, ne serait-ce que pour des raisons économiques, de construire un bâtiment neuf spécialement destiné à la conservation des archives et des livres. Bien souvent, on est obligé d'utiliser tout ou partie d'un bâtiment déjà existant et conçu, à l'origine, pour d'autres fins.

En pareil cas, les règles énoncées ci-dessus à propos de l'emplacement restent valables : il faut éviter d'utiliser des bâtiments situés dans un voisinage dangereux ou sur un terrain inondable ou glissant.

1. On dit aussi rayonnages denses ou compacts.

De même, les règles de sécurité concernant l'incendie doivent être respectées : murs coupe-feu, matériaux incombustibles.

La principale difficulté, lorsqu'il s'agit d'adapter un bâtiment ancien aux besoins de la conservation des livres et des archives, réside dans la charge que doivent supporter les planchers (charge de 1 000 kg/m².). Rares sont les bâtiments qui, dans leur état d'origine, ont des planchers suffisamment solides pour supporter une telle charge. Il est donc presque toujours nécessaire de renforcer les planchers au moyen de poutres métalliques spéciales, ou, mieux encore, de les démolir et de les remplacer par des sols en béton armé capables de supporter le poids des rayonnages chargés. Cette dernière opération (qui ne conserve, du bâtiment original, que les gros murs) s'appelle le "curetage". Elle est techniquement possible, mais en général assez coûteuse ; elle est donc surtout réservée aux bâtiments d'un certain intérêt architectural dont on veut conserver la façade en sacrifiant l'intérieur.

Toutefois, certains bâtiments se prêtent aisément à leur transformation en magasins d'archives ou de bibliothèques : ce sont les bâtiments présentant un grand volume intérieur, dépourvu de murs et d'étages, par exemple les églises ou chapelles, les entrepôts industriels ou commerciaux, les halls d'usine, les marchés couverts. En pareil cas, on construit une ossature de béton armé à l'intérieur du bâtiment existant (ou une ossature métallique de rayonnages autoporteurs si la hauteur ne dépasse pas 6 ou 7 m) et l'on agit ensuite comme s'il s'agissait d'un bâtiment neuf.

On peut aussi utiliser sans difficulté les bâtiments industriels ou commerciaux conçus, dès l'origine, pour supporter de grosses charges : ainsi l'ancien Marché central de Buenos Aires, où l'installation des Archives nationales de la République argentine est à l'étude.

Il faut éviter, en revanche, les bâtiments possédant de nombreux murs intérieurs qui empêchent de réaliser une implantation rationnelle des rayonnages, à moins qu'on n'utilise ces petites salles pour en faire des "cellules" à l'épreuve du feu (comme par exemple, dans les nouvelles Archives nationales du Mexique, ancienne prison centrale de Mexico). Dans ce cas, c'est l'aération qui constitue la principale difficulté.

PROTECTION CONTRE LA LUMIÈRE

Principes généraux

Les effets nocifs de la lumière sur les documents ont été signalés plus haut, dans le chapitre intitulé : "Agents de détérioration". Pour y obvier, la composition spectrale (élimination des rayons ultraviolets et réduction maximale des infrarouges) sera prise en considération, puis la réduction de l'intensité de l'éclairage et de la durée d'exposition des documents à la lumière. Le problème se pose évidemment de façon différente dans les magasins de conservation et dans les salles de lecture et d'exposition.

Protection contre la lumière naturelle

Les magasins

Pour protéger les documents contre la lumière solaire dans les magasins, on a depuis longtemps construit des bâtiments dont les surfaces de fenêtres sont réduites ou, même, qui sont entièrement dépourvus de fenêtres.

Cette dernière formule présente cependant des inconvénients réels parce qu'elle oblige à utiliser en permanence la lumière électrique dans les magasins (ce qui représente une source de dépenses et de consommation d'énergie).

Les magasins sans éclairage naturel doivent obligatoirement être munis au moins d'un système de ventilation artificielle pour éviter la stagnation de l'air, qui favorise le développement des champignons ; ils exigent presque systématiquement le conditionnement de l'air, afin de maintenir des conditions convenables de température et d'hygrométrie. (Sur ce point, on se reportera à ce qui a été dit à propos des bâtiments souterrains.)

Plutôt que de supprimer complètement les surfaces vitrées, il faut donc les réduire. Dans les pays à ensoleillement modéré, la meilleure solution consiste à éviter complètement les fenêtres sur les façades des magasins exposées au sud (dans l'hémisphère Nord) ou au nord (dans l'hémisphère Sud) ; les surfaces vitrées ne doivent pas dépasser 1/10 des façades exposées à l'est et à l'ouest, et 3/10 des façades exposées au nord (hémisphère Nord) ou au sud (hémisphère Sud). Dans les pays à fort ensoleillement, où le rayonnement ultraviolet est particulièrement nocif, ces proportions doivent être réduites de moitié.

Les surfaces vitrées doivent aussi, si elles dépassent les dimensions indiquées ci-dessus, être munies de dispositifs de protection contre l'ensoleillement direct : auvents, claustras, brise-soleil.

Lorsqu'on utilise un bâtiment ancien dont les surfaces vitrées sont trop grandes, il faut occulter la plus grande partie de ces ouvertures par des volets métalliques ou par des rideaux opaques, ou, mieux encore, par des murs de maçonnerie ou des panneaux de fibro-ciment.

Pour diminuer le rayonnement ultraviolet et infrarouge, on peut équiper les fenêtres de verres filtrants ou de filtres, commercialisés sous différentes formes. Les verres traités sont cependant très chers et donnent des résultats variables selon les marques.

Quelles que soient les précautions prises pour limiter l'entrée de la lumière solaire dans les magasins d'archives et des bibliothèques, ces mesures doivent être complétées par la protection individuelle des documents d'archives (mise en liasse et en cartons) et par la disposition des rayonnages, qui doivent être perpendiculaires aux surfaces vitrées, de façon que les rayons solaires ne frappent jamais directement les livres et les documents.

Les surfaces vitrées, quelles que soient leurs dimensions, doivent également être protégées contre les risques de casse et d'effraction : des barreaux ou des grillages seront posés au rez-de-chaussée et aux étages inférieurs.

Les locaux de travail et d'exposition

Il ne peut être question de supprimer totalement la lumière du jour dans les locaux de

travail et de lecture. Toutefois, il faut éviter l'ensoleillement direct, au moyen de stores, rideaux, etc., placés à l'extérieur pour éliminer l'effet de serre.

En revanche, les salles d'exposition peuvent être conçues sans éclairage naturel, ce qui a en outre l'avantage de libérer plus de surface murale. Dans le cas des salles d'exposition munies de fenêtres, celles-ci doivent être sévèrement obturées pendant les expositions.

Le temps d'exposition des documents doit être limité au minimum, car il a été démontré que les dommages causés aux documents sont les mêmes pour une brève exposition à une source lumineuse de forte intensité que pour une longue exposition à une source lumineuse de basse intensité. On aura donc intérêt à pratiquer une rotation des documents lors des expositions de longue durée et à tourner régulièrement les pages des livres et manuscrits exposés.

Protection contre la lumière artificielle

Tout ce qui suit s'applique particulièrement aux salles de lecture et d'exposition, où les livres et documents sont le plus exposés à la lumière artificielle.

La composition spectrale

Les rayons ultraviolets et infrarouges non perceptibles à l'œil ne contribuent nullement à une meilleure visualisation de l'objet. Il faut donc les éliminer. Cependant, il faut maintenir un bon rendu des couleurs, ce qui nécessite un éclairage contenant toutes les longueurs d'onde de la lumière visible.

Si l'on doit faire appel à des lampes incandescentes, on utilisera des filtres éliminant tous les infrarouges.

Pour les tubes fluorescents, on emploiera des tubes contenant des matériaux luminescents appropriés, qui améliorent le spectre des couleurs en favorisant notamment les couleurs chaudes plus sensibles à l'œil. Par ailleurs, en augmentant la quantité de ces matériaux luminescents disposés sur la paroi interne du tube, on élimine pratiquement tous les rayons ultraviolets. Les maisons Philips et Mazda vendent des tubes fluorescents "à double couche" : tubes P27 et P37 pour Philips ; Blanc-Confort CL pour Mazda. Les deux premiers ont une température de couleur de 2 700 à 3 700 °K et le troisième de 2 700 °K. Ces trois tubes n'émettent pas plus d'ultraviolets que des lampes incandescentes. Pour un meilleur rendu des couleurs, on donnera la préférence au tube dont la température de couleur est la plus élevée, soit le P37.

Sur les autres tubes, on doit également utiliser des filtres en matière plastique contenant des composés organiques capables d'absorber les ultraviolets.

L'intensité de l'éclairage

Si la répartition spectrale est très importante, l'intensité lumineuse à laquelle les œuvres sont exposées doit également être soigneusement étudiée. Il faut que l'éclairage soit suffisant pour que le visiteur puisse bien voir ces œuvres, mais il n'est pas nécessaire

pour cela de les suréclairer, car on risque alors de détériorer les documents et de fatiguer la vue du visiteur.

Il a été établi qu'un éclairage de 150 lux est acceptable pour des objets ordinaires tels que les reliures ou les parchemins non décorés, mais que, pour des objets sensibles (aquarelles, pastels, documents enluminés), il faut abaisser le niveau d'éclairage à 50 lux. Ce niveau d'éclairage, qui peut paraître a priori très bas, est tout à fait suffisant dans la mesure où l'on aura préparé l'œil en disposant entre l'extérieur et la salle d'exposition un sas dans lequel le niveau d'éclairage se situera aux alentours de 100 à 150 lux.

Il est donc primordial de mesurer l'éclairage d'une salle d'exposition. Cela se fait à l'aide d'un photomètre ou d'un luxmètre, qui ne mesurent pas l'énergie directe, mais celle perçue par l'œil. Ces appareils doivent être suffisamment sensibles pour permettre de mesurer des niveaux d'éclairement inférieurs à 50 lux.

Il est également souhaitable de mesurer l'énergie ultraviolette émise par une lampe ; pour cela, il faut utiliser un appareil spécialement conçu à cet effet. En revanche, il n'existe pas d'appareil pour mesurer les énergies infrarouges ; ces rayons ayant pour effet d'augmenter la température de la surface des objets éclairés, il est cependant très aisé de mesurer cette température à l'aide d'une sonde ou d'un thermomètre à infrarouges.

PROTECTION CONTRE LA TEMPÉRATURE ET L'HUMIDITÉ

Protection architecturale

Nous avons déjà fait allusion plusieurs fois, dans les parties précédant ce chapitre, aux mesures architecturales de protection contre l'humidité et les variations de température.

Les précautions essentielles concernent le choix des matériaux de construction et de revêtement, ainsi que la qualité des fondations et le drainage du terrain.

Dans les pays à forte humidité, des murs extérieurs à double paroi avec vide intermédiaire constituent une isolation très efficace à la fois contre le ruissellement et contre les variations de température. La présence d'un espace vide entre la toiture et le plafond des salles de l'étage supérieur est rigoureusement indispensable pour assurer une bonne isolation thermique.

Dans les pays très chauds, une couche de laine de verre posée au-dessous de la toiture assure également une isolation thermique efficace.

Mesure de l'humidité et de la température

Quel que soit le climat et quelles que soient les précautions prises sur le plan architectural, il faut bien connaître les conditions climatiques qui règnent dans les locaux de conservation. Pour cela, il est nécessaire de mesurer la température et l'humidité relative de l'atmosphère pendant une longue période, à l'aide de différents appareils disposés dans des endroits judicieusement choisis. C'est grâce à l'étude de l'ensemble de ces

données qu'on pourra se faire une idée très précise des conditions climatiques réelles d'un local tout au long d'une année.

On peut mesurer l'humidité relative de plusieurs manières, suivant que l'on désire faire une mesure ponctuelle à un moment déterminé, ou une mesure enregistrée en continu tout au long de l'année.

Nous ne décrivons ici que les systèmes les plus fréquemment employés.

Les psychromètres

Ce sont des appareils qui ne nécessitent pas d'étalonnage préalable et qui permettent une mesure ponctuelle à un moment donné. Ils sont constitués par deux thermomètres : un thermomètre sec, qui mesure la température de la pièce, et un autre rendu humide par une gaine en coton imbibée d'eau disposée autour du bulbe. L'eau s'évapore de cette gaine à une vitesse qui dépend de la sécheresse de l'air ambiant. Il y a, par conséquent, diminution de la température du thermomètre humide. Dans une atmosphère saturée, il n'y aura pas d'évaporation, et les deux thermomètres indiqueront donc la même température.

Pour que la mesure soit précise, il faut brasser l'air environnant les deux thermomètres. Avec les psychromètres à moulinet, on obtient ce brassage en faisant tourner l'instrument autour d'un manche à une vitesse donnée pendant un temps donné. Avec le modèle Assmann, plus sophistiqué et plus précis, la circulation de l'air se fait autour du réservoir avec un ventilateur actionné par un petit moteur.

On relève alors les deux températures et, à l'aide d'une table psychrométrique fournie avec l'appareil, on obtient directement l'humidité relative de la pièce ainsi que sa température. Avec les psychromètres Assmann, on peut arriver à une précision supérieure à 2 %.

On trouve également toute une gamme d'appareils électroniques qui donnent directement le pourcentage de l'humidité relative. Ces appareils contiennent des instruments de mesure dont les propriétés électriques varient suivant l'humidité relative ambiante. La lecture est digitale. Certains de ces appareils sont très précis, mais tous sont très onéreux.

Les hygromètres

Les hygromètres doivent être étalonnés une fois par mois. Il en existe plusieurs sortes, dont le plus connu et le plus répandu est l'hygromètre à cheveu.

Hygromètre à cheveu. Le principe en est que le cheveu humain a la propriété de s'allonger et de se rétracter sous l'effet des variations de l'humidité. Cet hygromètre est donc muni de cheveux, dont la variation de longueur est transmise à une aiguille qui indiquera l'humidité relative sur un cadran gradué. C'est un appareil fiable, facile à manier et peu onéreux.

Hygromètres divers. Il existe d'autres types d'hygromètres tels que l'hygromètre à diffusion, l'hygromètre à condensation et l'hygromètre à point de rosée. Ce sont des appareils d'emploi délicat mal adaptés aux besoins des musées.

Thermohygrographes enregistreurs. Leur principe est celui de l'hygromètre à cheveu,

mais on peut enregistrer simultanément la température et l'humidité relative, et cela pendant un, sept, quinze ou trente jours suivant les modèles. Les variations de longueur d'une mèche de cheveux sont transmises cette fois à un stylet qui les inscrit sur une bande de papier disposée sur un cylindre métallique tournant sur lui-même grâce à un mouvement d'horlogerie. Ces appareils sont indispensables lorsqu'on désire connaître les conditions climatiques qui règnent dans une pièce nuit et jour tout au long de l'année.

On peut également installer un système de mesure continu, plus élaboré, en recourant à des hygromètres enregistreurs électroniques reliés à une centrale de mesure. Il s'agit là évidemment d'installations très coûteuses.

Toute bibliothèque ou dépôt d'archives doit posséder un thermohygrographe dont les enregistrements donneront les informations nécessaires pour améliorer les conditions de conservation.

Les indicateurs colorés

Certains sels ont la propriété de changer de couleur en fonction de l'humidité relative. C'est ainsi que les sels de cobalt varient du bleu au rose. On trouve dans le commerce des papiers imprégnés de thiocyanate de cobalt ; on compare la couleur obtenue à des couleurs types et l'on obtient ainsi une mesure approximative du pourcentage de l'humidité relative d'une pièce.

Cette méthode peu coûteuse est malheureusement très peu précise.

Régulation de l'humidité et de la température

Lorsque la température et le degré hygrométrique de l'air ambiant s'éloignent trop des conditions climatiques correctes, il est nécessaire d'assurer artificiellement le chauffage, la réfrigération, l'assèchement ou l'humidification des locaux d'archives et des bibliothèques, selon le cas.

Si un système unique assure à la fois la régulation thermique et hygrométrique, nous parlerons de climatisation générale. Si le système n'assure que l'une ou l'autre de ces régulations, il s'agira de climatisation ponctuelle.

La climatisation générale ou conditionnement de l'air

Le conditionnement de l'air est un ensemble de procédés complexes qui assurent - simultanément ou successivement selon les besoins - le chauffage, le refroidissement, le dessèchement, l'humidification et le filtrage de l'air, de façon à créer, dans les bâtiments, une véritable "atmosphère artificielle" optimale pour la conservation des documents et des livres et pour le confort humain.

Les appareils de faible ou de moyen volume appelés "climatiseurs" ne sont, la plupart du temps, que des refroidisseurs d'air et n'ont aucune action sur le degré hygrométrique ; à plus forte raison, ils ne réchauffent pas l'air lorsque la température extérieure s'abaisse. Ils n'assurent donc pas un véritable conditionnement de l'air.

Celui-ci nécessite une installation coûteuse, composée d'une "centrale de climatisation", de nombreux appareils de contrôle (thermomètres et hygromètres sur lesquels se fonde l'automatisme), de canalisations ou gaines et de points de distribution d'air conditionné répartis dans le bâtiment.

En raison de son coût (installation et grosse consommation d'énergie), le conditionnement d'air n'est à envisager que lorsque les conditions climatiques l'exigent, c'est-à-dire essentiellement dans les pays tropicaux et sub-tropicaux, où la température dépasse couramment 25 °C et où l'humidité relative atteint souvent 80 % et même 90 %.

Le conditionnement d'air complet, avec sa machinerie et ses gaines de distribution, doit être prévu dès la construction du bâtiment. Dans un bâtiment déjà existant, l'installation d'un système central de conditionnement d'air est excessivement coûteuse non seulement à l'achat mais également à l'entretien ; mieux vaut alors se contenter de climatiseurs individuels installés dans chaque salle, malgré la fragilité bien connue de ces appareils.

La climatisation ponctuelle

Le chauffage

Dans les pays à climat froid et dans les pays à climat dit tempéré où la température tombe chaque année, et pendant assez longtemps, au-dessous de 10 °C, un chauffage saisonnier doit être assuré.

Tous les procédés de chauffage sont admissibles, à l'exception de ceux qui entraînent des risques d'incendie ou d'inondation par rupture de canalisation dans les magasins.

La température à maintenir dans les magasins est de 16 à 18 °C environ, c'est-à-dire un peu moins que dans les locaux de travail ; aussi les circuits de chauffage doivent-ils être conçus de façon à pouvoir assurer des températures différentes dans les parties de bâtiment réservées à la conservation des documents et des livres et dans celles où travaillent des personnes.

Le refroidissement de l'air

Le refroidissement ne doit être envisagé (sauf s'il s'agit de conserver des documents ou des livres exceptionnellement précieux) que dans les pays où la température est constamment ou fréquemment supérieure à 25 °C. Il est inutile dans la plupart des pays tempérés, où cette température n'est dépassée que pendant quelques semaines de l'année.

Il est assuré soit par des climatiseurs multiples refroidissant chacun un volume d'air assez restreint, soit par un système de climatisation générale pour tout le bâtiment. Il existe plusieurs systèmes de refroidissement de l'air ; malheureusement, ils consomment tous beaucoup d'énergie. En fait, la réfrigération est presque toujours liée à l'humidification ou à la déshumidification dans les systèmes de conditionnement de l'air.

La déshumidification

Quand un excès d'humidité est décelé dans un local, la première mesure qui s'impose est d'en examiner les causes. On en trouve très souvent ainsi l'explication : fuites dans la toiture ou dans des gouttières, murs lésardés, manque de chauffage, condensation sur

les murs extérieurs trop froids, ou encore mauvaise conception des dépôts que l'on n'avait pas prévu, au départ, d'affecter à cet usage. On se trouve donc souvent devant des magasins placés en sous-sol (froids et humides), dans des couloirs en plein courant d'air ou encore dans de très vieilles demeures délabrées.

Pour lutter contre cette humidité, il est nécessaire, dans un premier temps, de bien ventiler le local, non pas en ouvrant les fenêtres, mais au moyen d'un système de ventilation forcée. Cette mesure étant généralement insuffisante, on utilisera, à défaut d'un système de climatisation générale, des appareils, portatifs ou non, appelés "déshumidificateurs". Ceux-ci condensent la vapeur d'eau par réfrigération sur des serpents réfrigérants, ou déshydratent l'air en le faisant passer à travers des substances elles-mêmes déshydratantes.

Déshumidification par réfrigération. L'air humide est aspiré, puis soufflé sur la section froide d'un réfrigérateur. L'eau se condense et est évacuée vers l'extérieur. L'air sec, après avoir été réchauffé à l'aide de résistances électriques, est renvoyé dans la salle à la température désirée. Cette installation, particulièrement conseillée pour des climats chauds, donne de très bons résultats, mais son prix de revient est très élevé.

Déshumidification par déshydratation. Des produits dessiccants sont disposés dans un tambour qui tourne doucement. L'air humide, propulsé par des ventilateurs, passe à travers du gel de silice, se déshydrate, puis est renvoyé sec dans la salle. Le produit hygroscopique est alors régénéré par un courant d'air sec et chaud. L'eau est ensuite évacuée à l'extérieur. Ce système fonctionne en continu. Cette installation, spécialement conçue pour les climats froids, est d'un prix de revient assez élevé, car elle nécessite des ventilateurs poussés.

Si l'on ne dispose d'aucun appareil, on peut utiliser des récipients larges et plats contenant du gel de silice. Le gel de silice absorbe 38 % de son poids d'eau. Il se présente sous la forme de cristaux. C'est un produit courant, mais assez coûteux. Pour le dessécher, il faut le laisser plusieurs heures dans des étuves ou des fours à 100 °C. Il est donc inutilisable pour de grands volumes, mais il peut rendre service lorsqu'il s'agit de traiter des vitrines ou des pièces de petites dimensions.

L'humidification

Quand l'air est trop sec, on peut l'humidifier de trois manières : atomisation de vapeur d'eau ; évaporation d'eau par chauffage ; évaporation d'eau par ventilation poussée.

Atomisation de vapeur d'eau. On utilise pour cela des humidificateurs, appelés parfois humidificateurs centrifugeurs, comportant un ventilateur qui aspire l'air sec et le propulse sur un diffuseur alimenté en eau par une pompe centrifuge. L'eau est alors vaporisée en très fines particules et rediffusée dans la pièce. Cette technique peu onéreuse a l'inconvénient de projeter dans l'atmosphère des sels solubles dans l'eau qui peuvent réagir secondairement avec les objets. Elle risque par ailleurs de créer des microclimats.

Évaporation d'eau par chauffage. C'est une méthode simple, peu coûteuse, mais qu'il faut utiliser avec précaution, car on risque de dépasser le pourcentage d'humidité relative désiré et de provoquer de la condensation d'eau.

Évaporation d'eau par ventilation poussée. L'appareil utilisé à cet effet est constitué par

un tambour rempli d'une substance absorbante (une éponge). Ce tambour tourne lentement dans un réservoir d'eau. L'air de la pièce, aspiré par des ventilateurs puissants, passe à travers l'éponge imbibée d'eau. Il se charge ainsi d'humidité avant d'être renvoyé dans l'atmosphère. C'est un appareil onéreux qui demande un grand entretien. Néanmoins, l'eau qui est renvoyée dans la salle est totalement dépourvue de sels minéraux.

PROTECTION CONTRE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Il existe deux systèmes de purification de l'air : par élimination des gaz et par élimination des particules solides.

Élimination des gaz

Pulvérisation d'eau

L'air passe à travers un aérosol d'eau. Les vapeurs de SO_2 et NO_2 sont absorbées d'autant plus facilement que l'eau est légèrement alcaline. Ce système est inefficace pour l'ozone.

Filtres au charbon actif

L'air passe à travers une batterie constituée par des sacs remplis de particules de charbon actif. Les gaz se condensent, puis sont absorbés. Ce système très efficace pour le SO_2 l'est moins pour les vapeurs de NO_2 . L'ozone n'est pas absorbé mais détruit par le charbon actif. Les filtres doivent être remplacés à intervalles réguliers.

Il existe à l'heure actuelle d'autres sortes de filtres ayant un meilleur rendement. Ils sont constitués par un mélange de charbon actif et de réactifs alcalins.

Élimination des particules solides

La poussière et le sable peuvent être partiellement éliminés si l'on fait passer l'air à travers des filtres constitués par un mélange de laine de verre et de substances plastiques compressées.

Par ailleurs, il faut veiller à dépoussiérer régulièrement les magasins à l'aide d'un aspirateur et non pas d'un plumeau, qui ne retire pas la poussière mais ne fait que la déplacer d'un endroit à un autre.

PROTECTION ARCHITECTURALE CONTRE LES INSECTES

chapitre intitulé : “Agents de détérioration”. Les uns se propagent par le sol et les murs, les autres par l’air ; chacun de ces modes de progression appelle des mesures de protection architecturale appropriées.

Il est cependant très difficile d’empêcher complètement les insectes de pénétrer dans les locaux de conservation, ne serait-ce que sous la forme d’œufs ou de larves microscopiques. La protection architecturale ne peut donc, dans ce cas particulier, être dissociée des mesures de désinfection exposées au chapitre consacré aux “Traitements d’urgence”.

Les insectes rampants

Il n’existe malheureusement pas de matériaux de revêtement qui éliminent radicalement les insectes rampants.

Les plus dangereux des insectes ravageurs d’archives et de bibliothèques sont les termites, qui sont lucifuges et se déplacent sous le sol, dans des galeries creusées dans le bois, dans les fissures du béton, etc.

Pour protéger les documents contre ces insectes, les bâtiments peuvent être surélevés sur pilotis de béton, chaque pilot étant lui-même entouré d’une rigole de béton à parois verticales. Des collerettes de métal entourent les passages des canalisations et les bouches d’aération, par où se propagent les insectes.

Au niveau des fondations, des vides sanitaires munis d’isolants chimiques à base de DDT éviteront l’invasion des termites.

Dans les terrains fortement infestés, on isolera le bâtiment par un fossé à parois verticales de béton, qu’on surveillera attentivement pour y déceler les traces caractéristiques des termites. En effet, ceux-ci, pour éviter la lumière du jour, se construisent des galeries de terre ou de débris organiques, qu’on repère facilement à la surface du béton, sous la forme de longues traînées brunâtres plus ou moins sinueuses. Dès que de telles galeries sont constatées, il faut procéder à une désinfection.

Les insectes volants

Certains des insectes ravageurs de bibliothèques et d’archives sont ailés à un stade de leur développement, et envahissent alors en volant les locaux de conservation, notamment la nuit. Contre eux, la précaution essentielle consiste évidemment à munir toutes les ouvertures (fenêtres ou bouches d’aération) de grillages à réseau très fin ; des tissus de nylon à fines mailles, tendus sur des cadres rigides, conviennent parfaitement.

Bien entendu, pendant la nuit, toutes les ouvertures d’une bibliothèque ou d’un dépôt d’archives doivent être fermées.

PROTECTION CONTRE LE FEU

La protection contre le risque d’incendie reste, malgré les progrès des méthodes et des matériaux de construction, l’une des préoccupations majeures lors de la construction

ou de l'aménagement de bâtiments destinés à la conservation des documents d'archives et des livres.

Pour la clarté de l'exposé, il convient de regrouper ici certains aspects de cette protection : la prévention de l'incendie (au niveau de la construction et des mesures de sécurité) ; la détection du feu ; les dispositifs d'évacuation du bâtiment ; et, enfin, l'extinction du feu.

La prévention du feu

Choix des matériaux de construction

Tout d'abord, il faut choisir avec soin les matériaux de construction. Dans tous les pays, ceux-ci sont classés officiellement selon leur degré de combustibilité et de résistance au feu. Les bâtiments d'archives et de bibliothèques doivent obligatoirement être construits en matériaux classés parmi les "incombustibles".

Murs, portes et planchers coupe-feu

Comme il a été dit plus haut, les magasins doivent être séparés des autres parties du bâtiment par des murs ou des planchers coupe-feu ; les portes de communication percées dans les murs coupe-feu doivent être conformes aux normes officielles relatives aux portes "coupe-feu 2 heures" et être munies de dispositifs de sécurité pour permettre l'évacuation des personnes. Les circulations verticales (ascenseurs et escaliers) doivent être enclouées dans des murs coupe-feu.

Une autre précaution élémentaire est la limitation des surfaces des salles de magasin, pour éviter que les incendies éventuels ne se propagent. Dans certains pays, la surface est limitée à 200 m² ; on peut aller sans inconvénients graves jusqu'à 400 m², mais il serait dangereux de dépasser cette surface sans murs coupe-feu pour la diviser¹.

Installation électrique

Toute l'installation électrique doit être sous tubes de sécurité, avec disjoncteurs et coupe-circuit automatiques. Des coupe-circuit manuels doivent être aménagés de façon à pouvoir couper l'électricité dans les magasins et dans les locaux de travail en dehors des heures de service. Un tableau de voyants lumineux, placé dans le local du surveillant, permet de savoir à tout moment quels sont les locaux où les lampes sont allumées.

Les appareils de photographie, photocopie, reliure/restauration, désinfection, etc., doivent être munis de prises reliées à la terre.

Les prises de courant disposées dans les magasins pour l'usage des aspirateurs doivent être situées au-dessus du sol (afin d'éviter tout risque de court-circuit par contact avec l'eau en cas de nettoyage humide) et munies de couvercles. Il faut éviter les prises de courant formant saillie, qui risquent d'être accrochées lors de manœuvres des chariots.

1. Rappelons qu'une surface de salle de 400 m² correspond à une capacité moyenne de 2 350 m de rayonnages.

Paratonnerre

La présence d'un paratonnerre est indispensable sur tous les bâtiments dépassant la hauteur moyenne des bâtiments environnants, surtout dans les régions où les orages sont fréquents.

Mesures de sécurité

Il faut signaler aussi (bien qu'il ne s'agisse pas de la construction mais plutôt de la discipline intérieure) le caractère indispensable de mesures de sécurité telles que l'interdiction absolue de fumer dans les locaux d'archives ou de bibliothèques, l'interdiction de toute flamme nue même en cas de panne d'électricité, l'interdiction d'amasser des papiers ou des matériaux combustibles sur le sol, etc.

Les produits dangereux tels que les produits chimiques inflammables utilisés pour les travaux de reliure, de restauration ou de photographie doivent être enfermés dans des armoires ou dans des pièces fermant à clef et munies de portes coupe-feu.

La détection du feu

Si, malgré les précautions prises, le feu vient à éclater, il faut qu'il soit immédiatement détecté.

En raison de la nature particulière des feux d'archives ou de bibliothèques — qui dégagent de la fumée avant que les flammes ne s'élèvent — les systèmes de détection automatique d'incendie les plus adaptés à ce cas particulier sont les détecteurs de fumée, soit à variation d'ionisation, soit par mesure optique de la lumière.

Les systèmes les plus perfectionnés associent la détection de la fumée à la détection de l'élévation de la température.

Des cellules électroniques fixées au plafond des salles de magasin et des locaux de travail déclenchent l'alarme en cas de dégagement de fumée, quelle qu'elle soit. L'alarme est matérialisée par une sonnerie d'alerte et par l'allumage d'un voyant lumineux sur un tableau, qui permet de localiser l'endroit exact du dégagement de fumée.

En général, le déclenchement de l'alarme entraîne la fermeture immédiate des portes coupe-feu et la mise en service des systèmes d'extinction automatique, s'ils existent.

Les dispositifs d'évacuation

Des dispositifs d'évacuation doivent être prévus tant pour les livres et les documents que pour le personnel. Outre les issues de secours conformes aux normes de sécurité, il est utile de prévoir des rampes (toboggans) pour l'évacuation rapide des livres et des documents, à condition qu'elles soient disposées de telle façon que leur utilisation ne gêne pas les manœuvres des pompiers.

L'extinction du feu

L'extinction du feu se fait en plusieurs phases : d'abord l'extinction automatique, ensuite l'extinction manuelle par le personnel du service, enfin l'extinction assurée par les pompiers avec leur matériel spécialisé.

L'extinction automatique

Les dispositifs d'extinction automatique les plus connus sont les extincteurs automatiques à eau, dits "installations *sprinklers*". Ces installations comprennent essentiellement un réseau de canalisations d'eau sous pression placées au plafond des locaux à protéger et équipées de têtes de projection, ou *sprinklers*. Les magasins d'archives et de bibliothèques sont équipés de *sprinklers* dans certains pays (notamment aux États-Unis), mais dans d'autres (par exemple en France) l'usage de ces dispositifs est prohibé dans ce type de bâtiment en raison des risques d'inondation qu'ils présentent et des dégâts que l'eau peut causer aux documents et aux livres.

Un autre système d'extinction automatique consiste à lâcher dans les salles du gaz carbonique (CO_2), qui éteint le feu par absence d'oxygène. Ce système est utilisé notamment en URSS. Mais il nécessite de grosses réserves de gaz carbonique (plusieurs centaines de mètres cubes pour un bâtiment un peu important) et, de plus, il est dangereux pour le personnel de service en raison du risque d'asphyxie encouru si une personne se trouve dans une salle lorsque le gaz y est lâché par des canalisations spéciales.

Le meilleur mode d'extinction automatique est l'usage d'un gaz halogène (notamment le gaz Halon 1301), non toxique pour l'homme et qui éteint le feu en quelques secondes. Son seul inconvénient est son prix très élevé, qui oblige à limiter son emploi à des locaux ayant une surface assez restreinte.

L'extinction manuelle

Tout bâtiment d'archives ou de bibliothèque doit être muni d'extincteurs manuels d'un modèle agréé par les services de sécurité.

Les extincteurs existant dans le commerce sont essentiellement de quatre types : les extincteurs à eau pulvérisée, les extincteurs à mousse, les extincteurs à neige carbonique, les extincteurs à poudre.

Les premiers sont à éviter sur des feux d'archives ou de livres, en raison des dégâts que l'eau peut causer aux documents et aussi des risques de corrosion par les produits chimiques (alcools gras, huiles sulfonées, etc.), dont l'eau est généralement additionnée dans ces appareils.

Les extincteurs à mousse sont également à prohiber, car la mousse est composée de produits chimiques (bioxyde de carbone, sulfate d'alumine, etc.) qui sont dangereux pour les documents et les livres.

La neige carbonique est surtout utilisée pour éteindre les feux d'hydrocarbures ou d'appareillages électriques.

Les meilleurs extincteurs pour les feux d'archives et de bibliothèques sont donc les extincteurs à poudre sèche (bicarbonate de soude), qui présentent un minimum de

danger pour les documents et les livres. Cependant, il faut savoir qu'ils ont plutôt un effet de retardement que d'extinction proprement dite. Ils constituent donc un moyen de première intervention qui n'est réellement efficace que dans le début des incendies, lorsque le feu n'a pas encore eu le temps de se propager. Après usage des extincteurs à poudre, les documents et les livres doivent être soigneusement nettoyés pour enlever toute trace de la poudre déposée.

Lorsque le feu prend de l'ampleur, il ne faut pas hésiter (en attendant l'arrivée des pompiers, appelés dès la première alerte) à utiliser les "seaux-pompes", appareils portatifs projetant de l'eau sous pression à l'aide d'un tuyau flexible et dont tout service d'archives ou de bibliothèque doit être muni.

L'appel aux pompiers

L'appel aux pompiers est obligatoire pour tout feu dépassant les possibilités d'extinction manuelle immédiate. Pour permettre aux pompiers d'utiliser leur matériel spécialisé (lances d'incendie), les bâtiments doivent être munis de prises d'eau et de colonnes sèches conformes aux normes en vigueur dans chaque pays.

PROTECTION CONTRE LE VOL

La protection contre le vol, dans les dépôts d'archives et les bibliothèques, est en grande partie d'ordre disciplinaire plutôt que technique : surveillance des entrées et des salles de lecture, contrôle des visiteurs à l'entrée et à la sortie.

Cependant, quelques précautions indispensables doivent être prises au stade de la construction des bâtiments.

Les fenêtres du rez-de-chaussée et des étages facilement accessibles doivent être munies de dispositifs de protection : grilles, barreaux, volets métalliques et/ou vitres spéciales antibris.

On peut aussi installer des systèmes d'alarme avec déclenchement automatique en cas de bris de vitre, comme il en existe dans les banques par exemple, ou encore des systèmes à cellules photoélectriques ou à détection sonore, ultrasonique ou par radar ; mais ces systèmes sont très coûteux et d'un entretien délicat.

Dans les salles accessibles au public (salles d'exposition et de lecture notamment), des caméras de télévision en circuit fermé permettent d'assurer une surveillance permanente avec un personnel réduit. Les vitrines d'exposition peuvent être équipées de systèmes d'alarme en cas de bris ou d'effraction des serrures.

Pour protéger les documents ou les livres qui sont à la libre disposition du public (les ouvrages usuels, par exemple), on peut les munir de pastilles ou de rubans magnétisés qui déclenchent une alarme lorsqu'on tente de les faire passer à travers le faisceau de détection installé à la sortie.

L'accès des magasins doit être rigoureusement interdit au public ; c'est là une raison supplémentaire de bien isoler les magasins des locaux de travail.

Pour les documents les plus précieux ou les plus confidentiels, on peut aménager des chambres fortes avec murs et portes à l'épreuve du feu et de l'effraction. Il faut toutefois s'assurer que ces chambres fortes soient bien ventilées, faute de quoi on risque de voir y proliférer les champignons.

MOBILIER ET MATÉRIEL DE CONSERVATION

Il faut, en terminant ce chapitre, dire quelques mots des mobiliers et des matériels utilisés pour le rangement des livres et des documents d'archives. En effet, la bonne conservation de ceux-ci dépend en grande partie de leur choix.

Les rayonnages

Ils ont déjà été décrits plus haut.

Les livres de bibliothèque sont, en général, posés directement sur les rayonnages. Ils ne doivent pas être trop serrés, pour éviter la détérioration des reliures. Les livres non reliés et les brochures doivent être conservés dans des boîtes en carton ou dans des emboîtages spécialement conçus.

Liasses et boîtes d'archives

Au contraire, les documents d'archives (registres de comptabilité, registres d'état civil, atlas cadastraux) sont rarement reliés. La plupart d'entre eux sont simplement contenus dans des chemises en carton léger ou en papier fort. Pour leur conservation, il faut qu'ils soient protégés par des chemises en carton solide, avec des rabats enveloppant complètement la liasse de façon à la protéger contre la poussière et contre la lumière, ou, mieux encore, enfermés dans des boîtes en carton (dénommées simplement "boîtes d'archives").

Ces boîtes d'archives sont de plusieurs types et de plusieurs dimensions, selon les habitudes propres à chaque pays et aussi selon leur coût. Elles doivent être solides, munies d'une languette ou d'un anneau pour qu'on puisse les tirer aisément, et suffisamment grandes pour que les documents, à l'intérieur, ne soient pas déchirés sur les bords.

La qualité du matériau de ces boîtes est extrêmement importante pour la conservation des documents. Le carton doit être composé d'une pâte chimique de bois, totalement dépourvue de pâte mécanique. De plus, il doit être neutre ou légèrement alcalin. Le coût des boîtes ainsi faites est évidemment plus élevé et leur fabrication n'est pas courante (sauf aux États-Unis et dans quelques autres pays comme le Royaume-Uni); mais, en raison de leurs qualités pour la conservation, un effort particulier mérite d'être fait pour s'en procurer.

Meubles à plans, à rouleaux, etc.

Pour les documents de très grandes dimensions (cartes, plans, affiches, etc.), il existe des meubles spéciaux, soit à tiroirs (conservation à plat), soit à tringles (conservation verticale). Ces deux systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients ; la conservation verticale est préférable pour les très grands formats et la conservation horizontale pour les formats moyens.

Dans les meubles à tiroirs, il faut conserver les documents dans de grandes chemises en carton rigide, en évitant de trop les serrer à l'intérieur.

Pour les documents en rouleaux, on fabrique des rayonnages spéciaux formant gouttières, ou on utilise des tubes en carton que l'on ferme aux deux extrémités par des bouchons afin de les protéger de la poussière.

Meubles spéciaux

Il n'est pas possible de décrire ici en détail tous les meubles et matériels spéciaux conçus pour la conservation des documents de types particuliers — documents scellés, négatifs photographiques, films, microfilms, documents magnétiques, etc. — qui exigent des matériaux spécifiques. Retenons seulement que plus un document ou un livre est fragile et l'environnement agressif (humidité, sécheresse, pollution atmosphérique), plus les précautions de conservation doivent être sévères. L'économie réalisée aux dépens des équipements de conservation va toujours à l'encontre de la conservation elle-même.

Traitements d'urgence

Si la liste des agents de détérioration est longue, les moyens de les combattre, heureusement, sont nombreux et efficaces.

Dans le chapitre précédent, nous avons décrit les mesures à prendre pour protéger les documents contre les effets nuisibles de la lumière, de la température et de l'humidité et pour se prémunir contre le feu et le vol. Nous parlerons maintenant des mesures d'urgence qu'il faut connaître et appliquer en cas de sinistre.

L'ASSÈCHEMENT DES DOCUMENTS

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre sur les "Agents de détérioration", l'eau est l'un de ces agents qui provoque les dégâts les plus étendus. On doit donc faire appel le plus souvent à des "traitements de masse", soit pour assécher les documents inondés, soit pour en déshumidifier d'autres conservés dans de mauvaises conditions.

Jusqu'aux environs de 1970, on utilisait pour assécher les documents des procédés classiques tels que l'interfoliage (qui consiste à placer entre les pages d'un livre une ou deux feuilles de papier buvard), l'aspersion de talc, les radiations infrarouges, la ventilation d'air chaud, etc. Toutes ces techniques étaient très contestables et très lentes. Les documents, qui restaient ainsi gorgés d'eau pendant des semaines, voire même pendant des mois, se détérioraient rapidement. L'encre des manuscrits, très souvent soluble dans l'eau, disparaissait et la couche picturale des enluminures ruisselait le long du parchemin, entraînant un mélange de liants et de pigments. De plus, l'excès d'humidité favorisait la croissance de micro-organismes, et de nombreuses taches colorées apparaissaient en quelques jours sur les supports. Afin d'éviter de telles catastrophes, il fallut trouver une méthode d'assèchement très rapide. On fit alors appel à la congélation à -20°C . À cette très basse température, les micro-organismes ne peuvent pas se développer, et la solubilité des encres et des peintures est immédiatement stoppée. Les documents ainsi stabilisés peuvent attendre des années que leur restauration soit effectuée. Ce système présente néanmoins l'inconvénient de bloquer pendant de très longues périodes des installations frigorifiques. Pour résoudre cette difficulté, on utilise, afin d'assécher les documents congelés, une technique couramment employée dans l'industrie alimentaire pour déshydrater les végétaux : la lyophilisation. C'est un procédé qui utilise l'action combinée du froid et du vide ; l'eau est transformée en glace, puis sublimée par conversion directe de la phase solide à la phase gazeuse, sans jamais passer par la phase liquide. L'appareil à lyophiliser comprend une cuve de congélation, un condensateur qui piège les molécules d'eau et une pompe à vide permettant d'abaisser la pression, à l'intérieur de l'appareil, à

environ 10 mm de mercure. Ce système est aujourd'hui tout à fait au point, mais il nécessite l'emploi d'un lyophilisateur, appareil d'un prix élevé.

Signalons enfin que cette technique peut être employée avec succès lorsqu'il s'agit simplement d'assécher des documents très humides avant de les désinfecter. Dans ce cas, le traitement sera le même, mais les temps d'intervention seront plus courts.

LA DÉSINFECTION DES DOCUMENTS

Lorsqu'on est en présence de documents infestés, la première opération à entreprendre consiste évidemment à les retirer le plus rapidement possible des magasins où ils se trouvent afin de limiter au maximum les contaminations. C'est à ce moment-là seulement que l'on étudiera la nature exacte de l'altération à combattre (prélèvements et analyse) et le remède à y apporter.

On entend par désinfection l'ensemble des procédés par lesquels les éléments d'infection sont éliminés : pour les champignons, la désinfection n'est complète que si les spores sont détruites et, dans le cas des insectes, que si les larves et les œufs sont anéantis.

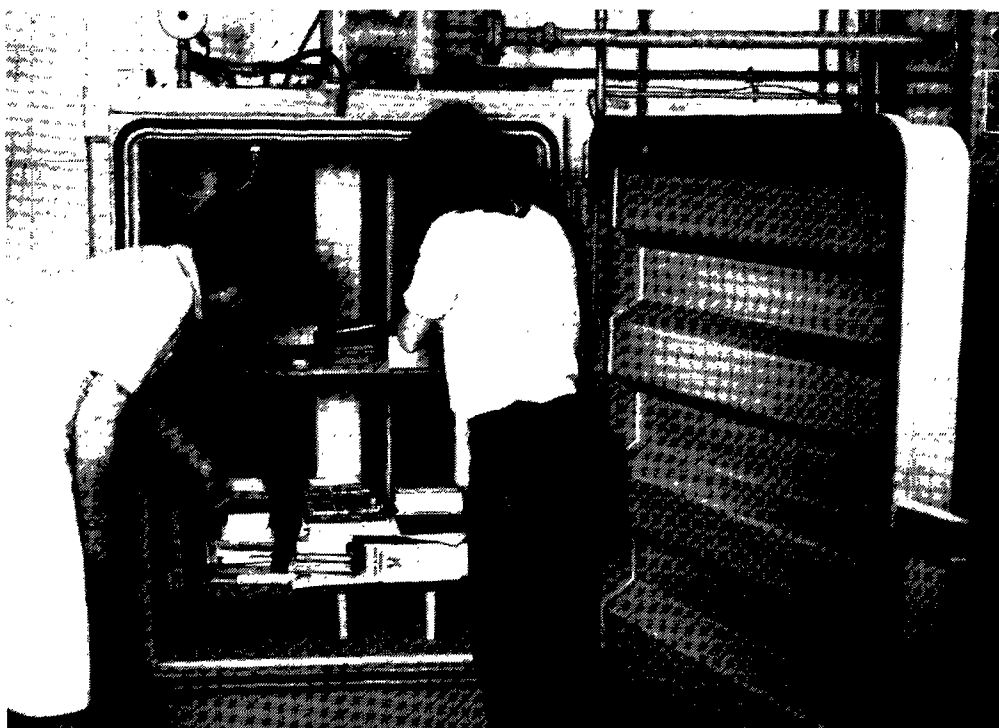
Lorsqu'on doit procéder à la désinfection des documents détériorés, il est indispensable de traiter également tous ceux qui les avoisinent, car les contaminations biologiques sont très rapides et difficilement décelables à l'œil.

Pour choisir une technique de désinfection, il faut toujours s'assurer au préalable non seulement de l'efficacité des produits utilisés, mais aussi de leur innocuité vis-à-vis des constituants, car un très grand nombre de produits utilisés à cet effet sont toxiques pour le personnel et nocifs pour le papier, les encres, le parchemin, etc. Une des grandes difficultés soulevées par la désinfection des documents d'archives (difficulté qui est souvent méconnue dans les publicités des firmes commerciales de désinfection) résulte de la pénétration des champignons et des insectes au cœur des liasses et registres. C'est ce qui explique qu'aucun traitement de surface n'est suffisant dans ce cas particulier, et c'est également ce qui justifie la préférence donnée aux procédés de désinfection en autoclave sous vide, grâce auxquels les gaz désinfectants pénètrent dans toutes les cavités des documents contaminés.

Parmi les nombreux traitements qui ont été expérimentés par le Centre de recherches sur la conservation des documents graphiques à Paris nous décrivons ici uniquement ceux qui répondent aux besoins des archives.

Traitement mixte : fongicide, bactéricide et insecticide

Seul l'oxyde d'éthylène ($\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2$) répond à toutes ces conditions. C'est un gaz incolore, à odeur aromatique, utilisé depuis longtemps comme insecticide et bactéricide. Il y a quelques années, nous avons mis en évidence ses propriétés fongicides. Ce gaz offre donc toutes les garanties requises pour la désinfection des documents d'archives. Il peut, de plus, être employé sous vide, ce qui lui donne un pouvoir pénétrant excellent et permet au conservateur de placer des archives soit telles quelles, soit dans des caisses



fermées et de disposer les caisses entassées à l'intérieur d'un autoclave (fig. 27). De ce fait, l'oxyde d'éthylène a été de nombreuses fois utilisé dans les traitements de masse et, en particulier, lors des sinistres de Florence et Lisbonne.

L'oxyde d'éthylène doit être utilisé en mélange avec de l'azote ou du Fréon 12. On crée à l'intérieur de l'autoclave un vide suffisant pour obtenir une pression comprise entre 10 et 60 mm de mercure. On introduit le mélange gazeux de manière à obtenir une concentration en oxyde d'éthylène de 500 g/m^3 . L'opération qui dure six heures est réalisée à 24° et à 50 % d'humidité relative au minimum. La désinfection terminée, on effectue deux rinçages, en extrayant le mélange introduit à l'aide d'un dispositif à faire le vide et en le remplaçant par de l'air.

Malheureusement, les services d'archives n'ont pas toujours la possibilité d'utiliser ces autoclaves et doivent donc recourir à d'autres techniques, moins pratiques mais néanmoins efficaces dans une certaine mesure.

Traitement exclusivement fongicide

Le formol (HCHO), ou mieux l'aldéhyde formique, est un liquide incolore, très volatil, qui a une odeur irritante. Ses propriétés fongicides et bactéricides sont connues depuis longtemps. Pour désinfecter les documents, la difficulté réside dans la pénétration du gaz entre les feuillets ou au cœur des liasses et des registres.

On utilise une "étuve", armoire hermétiquement close et munie de rayonnages à claire-voie, sur lesquels les documents sont rangés ouverts (les registres debout, feuillets écartés, les liasses étalées). L'aldéhyde formique (solution du commerce à 40 %) est vaporisé dans l'étuve à raison de 250 g/m^3 , ainsi qu'une quantité égale de vapeur d'eau. Le traitement s'effectue à 30°C et dure de vingt-quatre à soixante-douze heures. Les documents doivent rester dans l'étuve de deux à quatre jours suivant l'importance des dégâts.

Ce procédé offre évidemment, par rapport au traitement sous vide, l'avantage d'être beaucoup moins coûteux. L'étuve peut être réalisée de façon presque artisanale, à la seule condition qu'elle ait une clôture hermétique. Toutefois, la durée du traitement est longue et convient moins, par conséquent, pour la désinfection de masses importantes de documents. Il est indispensable de réaliser des prélèvements de contrôle en fin d'opération. Néanmoins, ce traitement est déconseillé pour les parchemins, qui risquent de se rétracter.

Traitement exclusivement insecticide

Le lindane (HCH), ou isomère gamma de l'hexachlorocyclohexane ($C_6H_6Cl_6$), se présente sous la forme d'une poudre blanche sublimable, qui a une odeur caractéristique de moisi. Seul l'isomère gamma possède une action insecticide ; les autres isomères (alpha, bêta, delta) non insecticides risquent d'altérer, en les oxydant, les métaux et en particulier les dorures. Pour cette raison, lorsqu'on désire utiliser l'HCH pour la désinfection, il est obligatoire de prendre l'isomère gamma pur, ou lindane.

On sublime, à l'aide d'un réchaud électrique, le lindane à la dose de $1,5 \text{ g/m}^3$. Les documents sont disposés ouverts dans une pièce dont les portes et les fenêtres sont hermétiquement closes. Dans un premier temps, le lindane se liquéfie, puis il se sublime sous la forme d'une très importante fumée blanche. Lorsqu'il n'apparaît plus de fumée (une demi-heure à une heure), on coupe le courant et on laisse la fumée se déposer pendant vingt-quatre heures. Une très fine pellicule invisible, ayant le pouvoir de tuer les insectes et les larves, se dépose sur les documents.

Le bromure de méthyle (CH_3Br), liquide bouillant à 4°C et dont le pouvoir insecticide fut découvert en 1929, s'emploie, comme l'oxyde d'éthylène, sous vide. Il n'a cependant pas les propriétés fongicides et bactéricides de ce dernier ; c'est pourquoi le Centre de recherches sur la conservation des documents graphiques ne le prescrit que très rarement.

En dehors de ces traitements, un grand nombre d'autres techniques sont employées dans différents pays, mais, à notre avis, aucune n'est satisfaisante. Ce sont les suivantes :

Pour le *traitement fongicide*, on utilise du thymol, soit en sublimation, soit par imprégnation sur du papier buvard avec une solution alcoolique à 10 %. On insère les buvards traités entre les feuilles des liasses et des registres. Cette technique est particulièrement dangereuse, car il est toujours déconseillé de laisser longtemps les documents en contact avec des produits chimiques. De plus, les propriétés fongicides du thymol sont faibles. L'utilisation du courant à haute fréquence et du rayonnement ultraviolet, assez efficaces, s'est révélée extrêmement dangereuse pour le papier.

Pour le *traitement insecticide*, on utilise le DDT, le chloroforme et le paradichlorobenzène, dont l'action est insuffisante.

Le traitement des documents attaqués par les champignons, les bactéries et les insectes doit être obligatoirement associé à des mesures préventives (nettoyage et application répétée de produits antiseptiques).

Il est bien évident cependant, que, si nous sommes aujourd'hui en mesure de proposer aux conservateurs un grand nombre de remèdes pour combattre les agents biologiques de détérioration, il faut, pour les appliquer, disposer de crédits suffisants. Les traitements décrits ne sont pas onéreux par eux-mêmes, mais, ne pouvant en aucun cas être effectués sur place, ils nécessitent tous une manipulation plus ou moins importante des documents : mise en caisses des archives (dans le cas de l'oxyde d'éthylène), et transfert jusqu'à l'autoclave le plus proche ; aération et disposition des liasses sur des tables, dans les autres cas ; nettoyage des magasins et des étagères, etc. Toutes ces opérations sont longues, fastidieuses et font appel à un personnel important.

LA DÉSINFECTION ET LA DÉSINSECTISATION DES MAGASINS

Pour de multiples raisons, un développement massif de micro-organismes peut se produire sur les murs, les plafonds, le sol ou les étagères d'un magasin. De même, il peut y avoir une invasion d'insectes, de provenances diverses. Il faut alors intervenir d'une façon efficace et rapide, en ayant au préalable débarrassé le local de tous les documents qu'il contient. Ceux-ci seront traités séparément suivant les instructions décrites dans la section précédente.

Par ailleurs, lorsque les magasins ont contenu des archives ou des livres moisies ou infestés par des insectes, on procédera également à leur désinfection avant de remettre en place les objets traités.

Cette désinfection sera différente selon qu'il s'agira d'une pollution due à des micro-organismes ou à des insectes.

Locaux envahis par des micro-organismes

Deux méthodes peuvent être appliquées :

La pulvérisation à l'aide d'un compresseur à air comprimé de Caequartyl BE, qui est un bromure de lauryl-diméthylcarbétoxyméthyl d'ammonium. On l'utilise en solution alcoolique à 10 % (afin de ne pas réhumidifier l'atmosphère par une pulvérisation de solution aqueuse), à raison de $5 \text{ cm}^3/\text{m}^3$.

Pour limiter les risques d'incendie, on utilise de l'alcool dénaturé à 70 % dans de l'eau. Ce produit étant irritant pour les muqueuses, le port d'un masque est indispensable pendant toute l'opération. Utilisé en pulvérisation, il a fait ses preuves depuis près de dix ans dans différentes bibliothèques et archives.

On nébulisera un composé organique du bore, le décahydrate de diborolactate de triéthanolammonium, avec un appareil du type *swing fog*. Cette dernière méthode a l'avantage de disperser le produit très finement et, de ce fait, la concentration en produit actif peut être moindre et son efficacité plus grande.

Dans les deux cas, les étagères seront lessivées avec une éponge imbibée de la même solution de Caequartyl BE.

Locaux envahis par des insectes

On aura recours à une sublimation de lindane à la dose de $1,5 \text{ g/m}^3$. Il faudra prévoir également des injections de xylophène SOR dans les étagères si celles-ci sont en bois et rongées par les insectes.

Signalons enfin que tous les traitements décrits sont valables uniquement pour combattre micro-organismes et insectes, mais seront insuffisants pour anéantir les rongeurs. Dans ce cas précis, la seule solution consiste à faire appel à une entreprise spécialisée de dératisation.

Les principes de la restauration

Lorsque des documents d'une valeur historique ou artistique inestimable ont été endommagés par des agents de détérioration, on doit intervenir afin de leur rendre un aspect et une solidité aussi proches que possible de l'état d'origine, sans en modifier pour autant la valeur documentaire ou artistique.

Pour effectuer une opération de la sorte, on doit absolument faire appel à des spécialistes : les restaurateurs.

Les premiers travaux de restauration des œuvres d'art ont vu le jour au XVIII^e siècle, mais il a fallu attendre le XIX^e siècle, avec l'essor des grandes collections privées, puis publiques, pour assister au plein épanouissement de cet art. Toutefois, à cette époque, le restaurateur travaillait, comme l'artiste, d'une façon intuitive et empirique. Il était généralement isolé et utilisait des recettes dont il gardait jalousement le secret. Depuis une cinquantaine d'années, de nombreux laboratoires se sont développés et ont transformé fondamentalement ce métier. C'est ainsi que des connaissances scientifiques, technologiques et historiques sont venues compléter l'expérience artisanale et artistique du restaurateur. Actuellement, la restauration ne peut être conçue autrement que comme le travail d'une équipe dans laquelle le restaurateur tient un rôle primordial. Il doit y avoir symbiose entre le conservateur, le restaurateur et le scientifique, chacun d'eux ayant leurs responsabilités propres.

Le conservateur, seul responsable des collections, fixe les grandes lignes des travaux en précisant le but à atteindre et en définissant très exactement les limites de ces opérations. Il confie l'œuvre au restaurateur de son choix dont "la main guidée par l'intelligence, la sensibilité et le respect absolu de l'œuvre"¹ en assure la préservation. Enfin, le scientifique prescrit les procédés à employer et donne des conseils sur le choix des produits.

Étant donné la variété et la complexité des techniques mises en œuvre pour la restauration, leur exposé nécessiterait un développement beaucoup plus détaillé que le présent manuel ne l'autorise. Une description sommaire, et par conséquent incomplète, pouvant se révéler dangereuse, voire même catastrophique, nous avons préféré nous borner à exposer ici quelques règles de base. Les conservateurs d'archives, bibliothèques ou musées désirant se procurer une documentation plus complète peuvent s'adresser aux institutions spécialisées (voir annexe 2), qui les aideront à planifier leur politique générale de conservation et de restauration de leurs fonds.

1. Paul Coremans, "La formation des restaurateurs", p. 7 d'une communication présentée à la septième Conférence générale de l'Icom, en octobre 1965.

DÉFINITION DE L'OPPORTUNITÉ D'UNE RESTAURATION

Les principes de la restauration sont universels et très rigoureux : "Restaurer, c'est permettre la conservation et la consultation d'un ouvrage dans des conditions normales, par un apport minimal d'éléments neufs et un respect quasi absolu des éléments anciens, l'ensemble redevenant solide et restant esthétique." (Jean Moor, 1956.)

Le conservateur doit déterminer si la restauration d'un document est nécessaire ou si l'on peut conserver l'objet dans son état "dégradé" en le retirant définitivement de la consultation et en l'entreposant dans un magasin aux conditions climatiques convenables.

En effet, si les traitements de sauvegarde (assèchement, désinfection, etc.) sont indispensables et doivent être appliqués très rapidement, il n'en est pas de même pour les traitements de restauration. S'il est nécessaire de restaurer un ouvrage qui doit être communiqué ou exposé, cela ne l'est pas lorsque cet ouvrage peut être remplacé par un microfilm ou par un autre exemplaire identique mais en bon état.

Lorsque le conservateur décide de faire appel à un procédé de restauration, il doit s'entourer de beaucoup de précautions, tout particulièrement dans le choix du restaurateur qui lui semble le plus apte à réaliser le travail, ce choix devant être défini en fonction de la nature même de l'objet et des problèmes qu'il pose.

Il ne faut jamais oublier qu'une restauration mal menée, au lieu d'augmenter la longévité du document, peut entraîner, à plus ou moins long terme, sa destruction complète.

RESPECT DE L'AUTHENTICITÉ DU DOCUMENT

Le maintien de l'originalité du document doit être le souci majeur du restaurateur. L'objet ne sera ni embelli, ni modifié, mais simplement maintenu en l'état, en arrêtant ou en éliminant les processus de détérioration et en le consolidant d'une manière efficace et peu visible. Cependant, afin d'éviter toute falsification, les parties manquantes seront remplacées par des matériaux de même nature, d'une façon discrète, mais apparente; aucune partie détériorée ne peut être retirée pour de simples raisons esthétiques, car l'intégrité du document s'en trouverait compromise.

On ne doit en aucun cas retoucher le tracé d'un dessin ou d'une enluminure, ni récrire un texte dont une partie aurait été détachée, sous peine d'en modifier l'authenticité.

La lisibilité d'un texte ne doit pas être altérée; il est donc indispensable de choisir des matériaux fins, souples et extrêmement transparents pour renforcer les manuscrits.

ÉTUDE DU DOCUMENT A RESTAURER

Il faut analyser à la fois tous les constituants du document et les aspects de sa détérioration, afin d'avoir recours aux techniques de restauration les mieux adaptées aux problèmes. Tous ces renseignements figureront sur une fiche technique qui sera ultérieurement complétée par la description des différents traitements qu'on aura fait subir au document. Un maximum d'informations sera consigné sur cette fiche, qui devra être accompagnée de photographies avant et après restauration. On notera aussi la nature du support (avec les résultats des analyses lorsque celles-ci ont été effectuées) et du tracé, la solubilité dans l'eau et les solvants organiques des différents constituants de l'écriture et des illustrations.

S'il s'agit d'un livre, la description de la reliure sera faite avec précision. Avant de le dérelier, on aura soin de noter l'ordre des cahiers et des pages si la numérotation a été effacée.

Une description très minutieuse de l'état de conservation des documents et de la nature de leur dégradation doit être effectuée, feuillet par feuillet. Enfin, il est nécessaire de s'assurer, lors d'une détérioration biologique, que tous les micro-organismes ont bien été détruits par des traitements spécifiques.

CHOIX DES PROCÉDÉS DE RESTAURATION

La masse considérable des documents à restaurer et le peu de moyens financiers généralement mis à la disposition des organismes de conservation impliquent un choix rationnel des techniques à mettre en œuvre.

Tous les traitements de restauration sont onéreux, car, d'une part, le temps passé pour restaurer l'œuvre est toujours considérable et, d'autre part, les matériaux employés, d'une qualité exceptionnelle, sont extrêmement chers.

La valeur du document guidera donc le restaurateur dans le choix des procédés à utiliser. En effet, il n'est pas possible d'appliquer le même traitement à un livre précieux mais de grande diffusion et à un exemplaire unique irremplaçable. Il existe toute une panoplie de procédés et de produits dont le prix de revient varie dans des proportions de 1 à 10.

Si, par exemple, on peut utiliser des procédés mécaniques relativement rapides pour certains documents tels que les périodiques ou les liasses d'archives administratives, il est indispensable de faire appel à des procédés artisanaux, donc manuels et très coûteux, pour le renforcement de manuscrits précieux.

Cependant, d'autres critères guideront le restaurateur : la nature des matériaux constituant le document et la nature des agents de détérioration. En effet, on ne traitera pas de la même manière des documents endommagés par l'humidité et d'autres qui auraient été partiellement calcinés au cours d'un incendie. En fait, il n'y a pas de panacée et chaque document pose un problème spécifique qui doit être étudié séparément avec soin, prudence et ingéniosité.

LES IMPÉRATIFS DE LA RESTAURATION

Quatre critères fondamentaux doivent toujours être présents à l'esprit du restaurateur.

L'efficacité et la permanence du traitement

Tout comme le chirurgien avant une intervention, le restaurateur doit se demander si la technique et le produit qu'il compte utiliser donneront des résultats positifs et permanents. Trop souvent, des travaux menés avec des produits mal adaptés aux problèmes entraînent des résultats qui, à première vue, paraissent excellents mais s'avèrent à la longue inefficaces, voire même désastreux.

Cela est particulièrement fréquent au cours des opérations de nettoyage et de blanchiment des papiers. C'est vrai également lorsqu'il s'agit de renforcement du papier qui, mal exécuté, ne dure que très peu de temps et peut entraîner, au bout de quelques années, le dédoubleage du document lui-même.

La liste des méfaits de ce genre est longue et nous ne la donnerons pas ici, mais nous tenons à souligner le fait qu'il est nécessaire de s'assurer du comportement dans le temps de tel ou tel composé avant de l'employer. Cette indication sera fournie par les laboratoires qui, grâce à des méthodes de vieillissement accéléré, auront éprouvé l'efficacité et la permanence des différents produits pouvant être utilisés pour la restauration.

L'innocuité et la stabilité des produits

Dans la gamme importante des produits et des techniques répondant aux critères d'efficacité et de permanence, il faut choisir ceux qui donnent le maximum de garanties d'innocuité et de stabilité.

C'est ainsi que des règles absolues se sont établies :

Des produits particulièrement agressifs tels que les acides, les bases fortes, doivent être prohibés et remplacés par d'autres aussi efficaces mais dont l'action est plus lente.

Si l'emploi de réactifs chimiques est nécessaire, il faut s'assurer que ceux-ci sont totalement éliminés après traitement par lavage à l'eau courante. Dans le cas contraire, ces produits peuvent continuer à réagir sur les documents (surtout si les conditions de conservation sont mauvaises) et les détruire complètement en quelques années. L'exemple du blanchiment des papiers est particulièrement frappant. Le produit utilisé est généralement un oxydant à base de chlore. Celui-ci a un effet rapide et énergétique. On doit arrêter son action en utilisant des "anti-chlore" qui, à leur tour, devront être éliminés par lavage prolongé à l'eau courante pure et déminéralisée. Si des traces de chlore subsistent, il y aura toujours, à plus ou moins long terme, une destruction complète de la cellulose, ce qui entraînera un effritement irrémédiable du papier.

Le seul cas où les produits chimiques doivent rester en contact permanent avec les documents est celui de la désacidification. En effet, il est alors nécessaire de réincorporer dans le papier des substances chimiques capables non seulement de neutraliser l'acidité

excessive du milieu, mais aussi de lutter contre les agressions acides de l'environnement. Pour cela, on utilisera certains sels alcalins qui auront le pouvoir de protéger à long terme le document.

Si des livres reliés doivent être traités par des réactifs chimiques, il est indispensable de les dérelier avant le traitement afin de pouvoir éliminer ensuite ces substances par immersion des feuilles dans l'eau courante. On ne peut en aucun cas effectuer cette opération par simple tamponnage avec un coton imbibé d'eau, ce procédé étant totalement inefficace pour l'élimination complète des produits chimiques utilisés lors du traitement.

Avant d'utiliser des produits synthétiques, on s'assurera de leur stabilité. Il faut connaître leur comportement à l'égard de l'humidité, de la température et de la lumière et éliminer ceux qui risquent de présenter certaines modifications physiques (couleur, élasticité, résistance mécanique) ou chimiques (décomposition ou polymérisation). C'est ainsi qu'on éliminera définitivement les produits à base de chlorure de vinyle, qui, comme on le sait, se décomposent lentement en dégageant des vapeurs de chlore très corrosives. Le choix d'une pellicule auto-adhésive pour le renforcement d'un papier ou pour une restauration ponctuelle doit être fait avec beaucoup de minutie, car un mauvais matériau peut entraîner des dégâts importants : jaunissement, rigidité, opacité du document, mauvaise réversibilité. De nombreux livres ont été définitivement perdus à la suite d'un usage abusif d'une bande auto-adhésive à base de chlorure de vinyle qui non seulement se décomposait et s'effritait, mais laissait sur le papier des traces très inesthétiques qu'il était quelquefois impossible de supprimer.

Il faudra également s'assurer que les produits employés ne sont pas auto-inflammables (c'est le cas des nitrates de cellulose) et que leurs produits de combustion ne dégagent pas de substances toxiques pour l'homme.

L'innocuité des procédés d'application

Si un corps chimique appliqué dans certaines conditions donne de bons résultats, appliqué différemment, il peut avoir des effets défavorables. Plusieurs facteurs sont à considérer : d'une part, la pureté, la qualité et les concentrations des produits; d'autre part, la température à laquelle a été réalisé le traitement et la durée de celui-ci.

Nous prendrons comme exemple la désinfection à l'oxyde d'éthylène, qui, utilisé comme nous l'avons prescrit plus haut, donne des résultats excellents pour tous les documents graphiques. Il est bien évident que si l'on modifie l'un des paramètres (température, concentration ou durée du traitement), les effets obtenus seront très différents : si les concentrations sont trop faibles et la température trop basse, le traitement sera inefficace alors que si l'on augmente la durée du traitement ou si l'on opère à une température trop élevée, l'oxyde d'éthylène endommagera l'objet d'une façon plus ou moins prononcée.

On peut citer également le cas d'un blanchiment chimique des papiers. En effet, un produit ayant fait la preuve de son efficacité et de son innocuité dans certaines conditions peut devenir corrosif et destructif si les concentrations et les durées d'emploi sont modifiées. Nous pensons en particulier au problème trop souvent rencontré des "taches rebelles". Mieux vaut dans ce cas se borner à nettoyer partiellement l'œuvre, même s'il

reste quelques taches, plutôt que de vouloir à tout prix lui rendre son éclat en augmentant les concentrations des produits et les durées de traitement. Une telle imprudence provoquera forcément un jour ou l'autre des catastrophes irréversibles.

La réversibilité des opérations

Enfin, toute restauration doit être réversible sans risquer d'endommager le document. On doit pouvoir, à tout moment, récupérer celui-ci dans son état primitif si la restauration ne donne pas les résultats escomptés ou si des techniques plus modernes peuvent remplacer avantageusement les premières. On s'assurera donc, avant d'entreprendre un traitement, que les produits utilisés sont facilement éliminables.

Pour conclure ce chapitre, nous dirons que la restauration est un art qui obéit à des lois très strictes devant être appliquées par un technicien expérimenté et bien informé qui a, par-dessus tout, le respect de l'œuvre.

Il est quelquefois difficile de trouver la personne satisfaisant à toutes ces exigences et, dans beaucoup de cas, le conservateur aura intérêt à s'adresser à de grandes institutions qui possèdent des ateliers et des laboratoires travaillant en étroite collaboration.

Enfin, il est utile de souligner qu'un document restauré ne doit pas être remis dans les locaux d'origine si les conditions climatiques ne sont pas conformes aux normes d'une bonne conservation.

Bibliographie sommaire

- Banza, Helmut. Conservation and restoration workshops working for libraries. *IFLA journal*, vol. 1, n° 3, 1975, p. 210-220.
- Bell, Lionel; Faye. *La conception des bâtiments d'archives en pays tropical*. Paris, Unesco, 1979. (Documentation, bibliothèques et archives : études et recherches, 9.)
- Christian, John F.; Finnegan, Shonnie. On planning an archives. *American archivist* (États-Unis d'Amérique), 37, 1974, p. 573-578.
- La préservation des biens culturels*. Paris, Unesco, 1969. (Musées et monuments, XI).
- Cunha, George Martin; Cunha, Dorothy Grant. *Conservation of library materials* (2^e éd.). Metuchen, The Scarecrow Press Inc., 1971-1972. 2 vol.
- ; Tucker, Norman Paul (dir. publ.). *Library and archives conservation: the Boston Athenaeum's 1971 Seminar on the Application of Chemical and Physical Methods to the Conservation of Library and Archival Materials*. Boston, The Library of the Boston Athenaeum, 1972.
- Direction des musées de France. *Prévention et sécurité dans les musées*. Paris, Comité technique consultatif de la sécurité, 1977.
- Duchemin, Michel. *Les bâtiments et équipements d'archives*. Paris, Conseil international des archives, 1966. Édition anglaise : *Archive buildings and equipment*. Munich, Verlag Dokumentation, 1977. (ICA handbook series, 1.)
- Flieder, Françoise. *La conservation des documents graphiques : recherches expérimentales*. Paris, Eyrolles, 1969.
- ; Duchemin, Michel. La désinfection des documents d'archives attaqués par les micro-organismes et les insectes. *La gazette des archives*, n° 87, 4^e trimestre 1974.
- ; Leclerc, Françoise; Chahine, Claire. *Effets de la lyophilisation sur le comportement mécanique et chimique du papier, du cuir et du parchemin*. Zagreb, Icom, 1978.
- Gallo, Fausta; Gallo, Pietro. Désinfection des livres avec l'oxyde d'éthylène et le formaldéhyde. *Bollettino dell'Istituto di patologia del libro* (Italie), Anno XXX, Gennaio-Giugno 1971, fasc. I-II.
- Guichen, Gaël de. *Climat dans le musée : mesure, fiches techniques/Climate in museums : measurement, technical cards*. Rome, ICCROM, 1980.
- ICCROM. *International index on training in conservation of cultural property, 1978*. Rome, Centre international d'études pour la conservation et la restauration des biens culturels, 1978.
- IIC. *Climatology, conference on museums*. Londres, IIC, 1967.
- . *Conservation of paintings and the graphic arts*. Lisbonne, IIC, 1972.
- Kathpalia, Yash Pal. *Conservation et restauration des documents d'archives*. Paris, Unesco, 1973. (Documentation, bibliothèques et archives : études et recherches, 3.) (Existe également en anglais.)
- Lafontaine, R. H. *Appareils recommandés pour la vérification des conditions ambiantes dans les musées et les dépôts d'archives*. Ottawa, Canadian Conservation Institute, 1975.
- MacLeod, K. J. *L'éclairage des musées*. ICC, avril 1975.
- . *L'humidité relative dans les musées : importance, mesure et régulation*. ICC, avril 1975.
- Manual for fire protection for archives and records centers*. Boston, National Fire Protection Association, 1972. (NFPA Standard n° 232-AM.)
- Pérotin, Yves (dir. publ.). *Manuel d'archivistique tropicale*. Paris - La Haye, Mouton, 1966. (Existe également en anglais.)

- Plenderleith, Harold James; Philippot, P. Climatologie et conservation dans les musées. *Museum*, vol. XIII, n° 4, 1960. (Existe également en anglais.)
———; Werner, Anthony. *The conservation of antiquities and works of art* (2^e éd.), Londres, Oxford University Press, 1971.
Salvaging and restoring records damaged by fire and water. Washington, D. C., United States Federal Fire Council, 1963. (Recommendation practices, 2.)
Thomson, Garry. *The museum environment*. Londres, Butterworth, 1978.
Urbani, Giovanni. *Problemi di conservazione*. Bologne, Editrice compositore, 1974.

Annexes

1. Composition de quelques variétés de papier

Papier journal

Il contient au moins 80 % de pâte mécanique écrue et 20 % de pâte chimique écrue. Il est caractérisé par son bas prix, sa très bonne absorption des encres d'impression, mais aussi par sa mauvaise conservation dans le temps.

Papier magazine

Sa constitution est très proche de celle du papier journal, mais il contient un peu moins de pâte mécanique.

Papiers d'édition

Papiers d'édition courante

Ils sont en général faits à partir de pâtes chimiques blanchies avec un mélange en proportions variables de résineux et de feuillus et parfois de paille. Ils peuvent recevoir des traitements de surface tels que le satinage, c'est-à-dire un lissage de surface, ou le gaufrage, qui donne des dessins en relief sur une face, ou le couchage, qui consiste à enduire la surface du papier d'un mélange de charges minérales et de liant, et à le lisser. Ces papiers sont de bonne qualité.

Papiers d'édition de luxe et fiduciaires (billets de banque)

Ils contiennent des pâtes de chiffon en proportions importantes pouvant aller jusqu'à 100 %. Ils sont encollés en milieu neutre. Ce sont les papiers qui résistent le mieux aux atteintes du temps et qui ont le plus de pérennité.

Papiers d'écriture

Ils sont généralement semblables aux papiers d'édition courante, mais contiennent un fort pourcentage de charges et sont très encollés pour permettre l'écriture à la plume.

Papiers d'emballage

Papiers kraft

Ils sont constitués de 100 % de pâte chimique écrue très raffinée. Ils ont une résistance mécanique remarquable, mais la présence de lignine dans la pâte les rend sensibles à la lumière et à la température : ils peuvent donc se dégrader, brunir, devenir cassants et peut-être dégager des produits nocifs pour les autres documents.

Papier cristal

Il est composé de pâte chimique blanchie très raffinée et calandree (passée dans des rouleaux très lourds et très lisses), ce qui lui donne sa transparence. Le raffinage très poussé de la pâte dégradant en partie la cellulose, la conservation de ce papier ne sera pas très bonne. Le papier calque est fait à partir de papier cristal, par trempage dans des huiles ou des essences d'origine végétale.

Papiers minces

Papier peluré

Il est fabriqué avec les mêmes pâtes que les papiers d'édition courante ; mais il est beaucoup plus fin. Il est utilisé comme double pour machine à écrire ou comme support de carbones.

Papier bible

Les qualités classiques sont faites à partir de lin ou de chanvre et servent à imprimer les textes religieux et d'autres textes particulièrement denses (par exemple les ouvrages de la collection "La Pléiade").

2. Principaux centres de conservation et ateliers de restauration

Parmi les nombreux ateliers de restauration d'archives et de bibliothèques existant dans le monde, nous en avons sélectionné quelques-uns dont voici la liste.

Allemagne (République fédérale d')

Bayrisches Hauptstaatsarchiv
D-8 München 2, Postfach 200507
Bayrische Staatsbibliothek
Institut für Buch- und
Handschriftenrestaurierung
D-8 München 34, Ludwigstr. 16
Niedersächsische Staats- und
Universitätsbibliothek
Göttingen

Australie

Institute for the Conservation of Cultural
Material (ICCM)
Research School of Pacific Studies
The Australian National University
Canberra, ACT 2600

Autriche

Österreichische Nationalbibliothek
Institut für Restaurierung
Josefsplatz 1
A-1014 Wien

Belgique

Archives générales du Royaume
2, rue de Ruysbroeck
B-1000 Bruxelles
Bibliothèque royale
4, boulevard de l'Empereur
B-1000 Bruxelles

Brésil

Arquivo Nacional do Brasil
Praça da Republica 26
Rio de Janeiro

Canada

Institut canadien de conservation (ICC)
1030 Chemin Innes
Ottawa, Ontario K1A 0M8
Public Archives and National Library
of Canada
395 Wellington Street
Ottawa, Ontario K1A 0N3

Danemark

Det Kongelige Bibliotek
Havnegade 37 D3
1058 København K

Égypte

Papyrus Institute
3, Nile avenue, Giza
Cairo

Espagne

Centro Nacional de Restauración de
Libros y Documentos
Serrano 115
Madrid 6

États-Unis d'Amérique

Conservation Center
Institute of Fine Arts
New York University
1 East 78th Street
New York, NY 10021
The Library of Congress
Washington, DC 20540
The Newberry Library
60 West Walton Street
Chicago, IL 60610

Finlande

Helsinki University Library
Box 312
Helsinki 17

France

Archives nationales
60, rue des Francs-Bourgeois
75141 Paris Cedex 03
Bibliothèque nationale
Service Conservation et Restauration
58, rue de Richelieu
75002 Paris
Centre de recherche sur la conservation
des documents graphiques
36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire
75005 Paris

Hongrie

Bibliothèque nationale
Rosenberg h.p. 4-6
H 1954 Budapest

Inde

National Archives of India
11-A/37, WEA
Karol Bagh
New Delhi - 16005
National Museum of India
New Delhi

Irlande

Library Trinity College
University of Dublin
Dublin 2

Israël

Department of Restoration
Jewish National and University Library
P.O.B. 503
91000 Jerusalem

Italie

Biblioteca Nazionale Centrale
Piazza Cavallereggi 1
Firenze
Centro Fotoriproduzione,
Legatoria, Restauro
Archivio Centrale di Stato di Roma
Piazzale degli Archivi
Roma
Istituto Centrale di Patologia del Libro
Via Milano 76
00184 Roma

Japon

Imperial Household Agency
Archives and Mausoleum Division
1-1, Chiyoda
Chiyoda-ku
Tokyo

Malaisie

National Archives of Malaysia
Bangunan Persekutan
Jalan Sultan
Petaling Jaya

Mexique

Instituto Nacional de Antropología e
Historia (INAH)
Ex-Convento de Churubusco
México 21

Norvège

National Gallery Oslo
Rikarkivet,
Postboks 10
Kringsja
Oslo 8

Pays-Bas

Central Research Laboratory for
Objects of Art and Science
Gabriel Metsustraat 8
Amsterdam 2
Algemeen Rijksarchief
POB 90520
NL 2509 LM Den Haag

Pologne

Laboratoire central de la conservation
des manuscrits
Długa
Warszawa
Faculty of Conservation and Restoration
of Historic and Artistic Works
Academy of Fine Arts
Krakowskie Przedmiescie 5
Warszawa

Royaume-Uni

National Library of Scotland
George IV Bridge
Edinburgh
British Library
Gt Russell Street
London WC1
Public Record Office
Ruskin Avenue
Kew, Richmond
Surrey TW9 4 DU
Victoria and Albert Museum
South Kensington
London SW7 2RL

Sénégal

Archives du Sénégal
Immeuble administratif
Avenue Roume

Suède

Kungliga Biblioteket
Stockholm

Tchécoslovaquie

Statni Knihovna CSR
Klementinum 190
Praha 1

URSS

Bibliothèque Lénine
Prospekt Kalinina dom 3
Moskva
Bibliothèque publique Saltykov-Shchedrin
Sadovaya 18
Leningrad 191069
Laboratoire central de recherche d'État
pour la conservation et la restauration
des biens de musées (WCNILKR)
10, Khrestyanskaya pl.
Moskva I 172, 109172

Uruguay

Biblioteca Nacional del Uruguay
Avenida 18 de Julio 1790
Montevideo

Yougoslavie

Narodna Biblioteka
Belgrade

3. Quelques organismes internationaux spécialisés dans la conservation des biens culturels

CIA

Conseil international des archives
60, rue des Francs-Bourgeois
75141 Paris Cedex 03
France

FIAB

Fédération internationale des
associations de bibliothécaires
Netherlands Congress Building
BP 9128
Den Haag
Pays-Bas

ICCROM

Centre international d'études pour la
conservation et la restauration des
biens culturels
Via di San Michele 13
00153 Roma
Italie

Icom

Conseil international des musées
Comité pour la conservation
Maison de l'Unesco
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15
France

IIC

International institute for Conservation
of Historic and Artistic Works
6, Buckingham Street
London WC2N 6BA
Royaume-Uni

4. *Quelques périodiques traitant des problèmes relatifs à la conservation et à la restauration des documents graphiques*

- Art and archaeology technical abstracts.* International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 6 Buckingham Street, London WC2N 6BA, Royaume-Uni.
- Bollettino dell'Istituto Centrale di Patologia del Libro.* Via Milano 76, 00184 Roma, Italie.
- Conservation administration news.* University of Wyoming Libraries, Box 3334, University Station, Laramie, WY 82071, États-Unis d'Amérique.
- The conservator.* United Kingdom Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Millbank, The State Gallery, London SW1P 4RG, Royaume-Uni.
- ICCM bulletin.* Institute for the Conservation of Cultural Material, Canberra College of Advanced Education, School of Applied Science, P.O. Box 1, Belconnen, ACT 2616, Australie.
- IIC bulletin.* International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 6 Buckingham Street, London WC2N 6BA, Royaume-Uni.
- Journal de l'Institut canadien de conservation/Journal of the Canadian Conservation Institute.* Institut Canadien de conservation, Musées nationaux du Canada, 1030 Chemin Innes, Ottawa, Ontario K1A 0M8, Canada.
- Journal of the American Institute for Conservation.* American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 1522 K Street, N.W., Suite 804, Washington DC 20005, États-Unis d'Amérique.
- Maltechnik restauro.* Verlag Georg D.W. Callwey KG, Streitfeldstrasse 35, 8000 München 80, République fédérale d'Allemagne.
- Nouvelles de l'Icom.* Conseil international des musées, Maison de l'Unesco, 1, rue Miollis, 75732 Paris Cedex 15, France.
- The paper conservator.* Journal of the Institute of Paper Conservation, P.O. Box 17, London WC1N 2PE, Royaume-Uni.
- Restaurator : International journal for the preservation of library and archival material.* Munksgaard International Publishers, 35 Nørre Søgade, DK-1370 Copenhagen K, Danemark.
- Studies in conservation.* International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 6 Buckingham Street, London WC2N 6BA, Royaume-Uni.

