

LA CONSERVATION DES PHOTOGRAPHIES SUR SUPPORT VERRE

Bertrand Lavédrine

Pendant une centaine d'années, approximativement de 1850 à 1950, le verre est un matériau de prédilection pour la photographie. Transparent, plan, rigide, inerte, ses qualités le conduisent à être utilisé dans de multiples procédés négatifs et positifs. Supplanté après guerre par les polymères synthétiques, il reste encore irremplaçable pour certaines applications de photographie scientifique.

Les collections de photographies sur verre constituent le plus souvent des fonds photographiques de la plus grande importance tant par le nombre que par la qualité des images conservées. Délaisées ou ignorées dans le meilleur des cas, mutilées parfois, certaines collections ont connu par le passé un sort peu enviable. Aujourd'hui il s'agit de mettre en oeuvre des techniques de préservation appropriées à cette masse de documents. Pour ce faire il est nécessaire d'une part de bien identifier les différentes catégories d'images présentes dans la collection et, d'autre part, impératif d'appliquer les principes de la conservation préventive par le contrôle de l'environnement : choix de la température, de l'humidité, des contenants. Dans un deuxième temps, des traitements de conservation ou de stabilisation peuvent être envisagés sous la direction de restaurateurs spécialisés. Ces différents points vont être abordés.

I. La nature du verre, rappels technologiques sur la constitution et la fabrication du verre

Le verre courant est obtenu en refroidissant de la silice fondue suffisamment vite pour éviter qu'elle ne cristallise. L'augmentation importante de la viscosité du composé qui accompagne cette baisse de température n'autorise pas l'organisation des atomes entre eux pour donner une structure cristalline. La formation d'un verre est donc, avant tout, un phénomène cinétique. La température ambiante est suffisamment basse par rapport au point de fusion pour éviter tout réarrangement. Ce composé amorphe possède néanmoins certaines des propriétés d'un composé cristallin comme la fragilité et la dureté.

La silice est le principal constituant des verres domestiques. (Rappelons que, pour des usages particuliers on peut faire des verres à partir d'oxydes de bore, d'arsenic, de phosphore...). L'unité de base est majoritairement SiO_2 , d'autres composés sont introduits en quantité moindre mais jouent un rôle extrêmement important. L'addition d'oxydes de sodium ou de potassium permet d'abaisser considérablement le point de fusion qui passe de plus de 1700°C à moins de 900°C ! Ils présentent cependant l'inconvénient d'augmenter la solubilité du verre; pour y pallier on rajoute des stabilisants comme des oxydes de calcium, de magnésium, d'aluminium. La composition du verre est, de ce fait, assez complexe et il n'y a pas un verre mais une infinité de formulations possibles que l'on regroupe par famille :

- verres à la chaux sodée
- verres potassiques
- verres au plomb
- verres au borosilicate
- verres à l'aluminosilicate etc...

Cette complexité se retrouve dans les verres utilisés en photographie et conduira à un comportement différent dans le temps. Sur une même collection de négatifs au collodion sur plaques de verre au collodion datant du 19ème siècle, McCormick Goodhart² a trouvé des verres à la chaux sodée de compositions très diverses (tableau A) susceptibles d'expliquer certaines altérations.

L'analyse faite par S. Barger³ sur d'autres verres utilisés aux Etats-Unis pour la protection des daguerréotypes, révèle encore des différences de composition importantes comme on peut le voir dans le tableau B.

A cette hétérogénéité de composition, il faut ajouter certains défauts liés à la fabrication des verres au 19^{ème} siècle comme la présence de bulles, le manque de planéité, une épaisseur irrégulière... La qualité des verres s'est beaucoup améliorée à l'aube du 20^{ème} siècle, les nouvelles techniques de fabrication ont permis de produire des plaques avec une plus grande régularité dans la constitution chimique et avec des caractéristiques physiques très contrôlées.

II. Le verre support des photographies

1. Les négatifs

Utiliser le verre comme support a sans doute été une des préoccupations des pionniers de la photographie, comme le révèlent les expériences de John Herschel en 1839⁴. Quoi de plus légitime en effet que de remplacer la feuille de papier employée jusqu'alors pour les négatifs, par un matériau plus transparent, plus rigide, plus plat. La difficulté réside dans l'accrochage des sels photosensibles sur cette plaque : il faut trouver une substance transparente, se fixant sur le verre et n'abaissant pas trop la photosensibilité. On utilisera chronologiquement l'albumine, le collodion, la gélatine. Ces trois composés marquent les grandes périodes de l'histoire de la photographie.

Le procédé à l'albumine⁵ (1847-1860)

Dès 1847, Abel Niepce de Saint Victor réussit à sensibiliser une couche d'albumine (blanc d'oeuf) étendue sur une plaque de verre. Ce procédé, qui porte parfois le nom de Niepcéotypie ou Niepçotypie et qu'il ne faut pas confondre avec celui de son illustre cousin Nicéphore Niepce, représente le premier procédé négatif sur plaque de verre. Ces plaques négatives ont la même sensibilité que les calotypes mais produisent des clichés d'une grande finesse qui trouvent leur application dans la prise de vue de monuments ou de paysages.

La préparation de la couche albuminée est assez délicate et requiert de la part du photographe une certaine expérience. Une plaque de verre est méticuleusement polie puis recouverte d'un mélange d'albumine contenant de l'iodure et du bromure de potassium. Après séchage cette couche est sensibilisée par trempage dans une solution d'acide acétique et de nitrate d'argent, puis mise à nouveau à sécher. L'exposition dure de 5 à 30 minutes. La plaque est développée en la recouvrant, alternativement, d'une solution d'acide gallique, puis d'une solution de nitrate d'argent jusqu'à obtenir l'intensité désirée. Ce développement peut être fait plusieurs jours après la prise de vue, contrairement au procédé au collodion humide. La plaque est ensuite fixée et lavée. Ces clichés à l'albumine ne sont pas systématiquement vernis.

Le procédé au collodion sec et humide (1851-1885)

Suggérée par Gustave Legray mais appliquée avec succès par Frederick Scott Archer en 1851, l'utilisation du collodion marque une grande époque de l'histoire de la photographie qui s'étend approximativement jusque vers les années 1880-1890. Le collodion est un polymère de synthèse obtenu à partir de la cellulose par nitration. C'est du nitrate de cellulose dissous dans un solvant organique (éther, alcool, acétate d'éthyle...). La supériorité indéniable du procédé au collodion humide sur le procédé à l'albumine réside dans sa grande sensibilité qui permet "de compter les temps de pose non plus en minutes mais en secondes". En contrepartie il faut, impérativement, traiter la plaque dans les minutes qui suivent sa préparation et son insolation, pendant qu'il est encore humide; d'où l'appellation collodion humide. Ce handicap est minime pour la photographie en studio mais il devient aigu pour les premiers "reporters" qui sont contraints de transporter leur laboratoire sur les lieux de la prise de vue.

La préparation des plaques est similaire à celle décrite pour le procédé à l'albumine.

Le collodion sec (1855-1885)

Après la découverte du collodion humide les recherches se focalisent sur l'élaboration d'un procédé aussi sensible mais dont la mise en oeuvre ne soit pas limitée par des délais aussi brefs. Le principe est d'introduire des "préservateurs", substances hygroscopiques chargées de maintenir à l'intérieur du collodion une certaine humidité. De multiples formulations sont examinées et publiées, on conseille l'emploi de sucre, de miel, de tanin, de café, de thé, de dextrine(...).

En recouvrant la couche de collodion par une couche d'albumine, Taupenot réussit en 1855 à préparer des plaques donnant des images d'une grande finesse et pouvant être conservées plusieurs semaines avant leur utilisation. Cependant les résultats ne sont pas à la hauteur des espérances, la sensibilité reste toujours faible.

Un autre procédé, dérivé du collodion sec, s'il ne connaît pas un large succès, préfigure l'apparition des procédés industriels. Il s'agit de l'émulsion au collodion commercialisée par la Liverpool Dry Plate & Photographic Printing Company, en 1867. Jusqu'alors les plaques étaient enduites de collodion puis sensibilisées. L'innovation consiste à recouvrir, en une seule opération, la plaque de verre, de collodion contenant les sels sensibles.

Le procédé au gélatino bromure d'argent (1878-1940)

Utilisée, dès 1839, par Fox Talbot pour encoller ses papiers salés, la gélatine prend une place importante dans l'histoire de la photographie. Cependant, c'est seulement aux alentours de 1880 qu'elle devient le médium indispensable pour la préparation de surfaces sensibles. On doit à Richard Leach Maddox d'avoir préparé, en 1871, la première émulsion au gélatino bromure d'argent. Ce procédé est universellement adopté, après 1878, quand Benett découvre qu'en chauffant l'émulsion photosensible, pendant quelques heures, la sensibilité est augmentée de façon extraordinaire. La grande différence technologique dans la préparation réside dans l'utilisation d'une émulsion. Avec le procédé à l'albumine ou au collodion on opère en deux temps, d'abord la plaque est recouverte du polymère, celui-ci est ensuite sensibilisé par trempage. Dans le procédé au gélatino-bromure d'argent on recouvre la plaque de verre d'une solution tiède de gélatine qui contient en suspension les sels photosensibles. Celle-ci est préparée très simplement en ajoutant à la solution gélatine du bromure de potassium et du nitrate d'argent. Il se forme alors une suspension de couleur blanche constituée de bromure d'argent. Cette émulsion est chauffée quelques heures; pendant cette opération, appelée maturation, les cristaux de bromure d'argent se recombinaient entre eux et la sensibilité augmente. On laisse refroidir puis, une fois la gélatine prise en masse, elle est découpée en "nouilles" qui sont lavées à l'eau froide afin d'éliminer les produits résiduels solubles. L'émulsion est refondue puis coulée sur des plaques de verre. Ces plaques sont ensuite découpées à des formats standardisés : 6x9, 9x12, 13x18, 18x24... Après la prise de vue, elles sont développées, fixées et lavées, parfois vernies et retouchées.

La plaque au gélatino bromure d'argent allie une sensibilité accrue à une simplicité d'utilisation inégalée. Ces émulsions sont sensibilisées à un domaine spectral beaucoup plus large que ne l'étaient les plaques au collodion... Alors qu'une plaque de verre au collodion humide doit être exposée et traitée dans les minutes qui suivent sa préparation, la plaque de verre au gélatino-bromure d'argent peut se conserver pendant de longues périodes avant d'être utilisée. On peut donc en fabriquer, stocker et distribuer dans le monde entier sans que leurs caractéristiques se modifient. Des sociétés comme les Etablissements Lumière (France), Agfa (Allemagne), Eastman (USA), Ilford (G.B.)...se développent rapidement.

2. Les positifs

La première photographie positive sur verre est réalisée en 1822 par Nicéphore Niepce et semble être une reproduction d'une gravure représentant le pape Pie VII. Cette plaque, offerte

à l'époque au Général Poncet, fut accidentellement détruite. Il faut cependant attendre l'invention du négatif sur plaque de verre, pour que le positif sur verre connaisse un large développement. A cette époque, Blanquart-Evrard, Lemoine et d'autres notent qu'une image négative peut apparaître positive sous certaines conditions d'observation; ainsi lorsqu'on place un négatif à l'albumine sur un fond noir, il apparaît positif. On nomme ce genre d'images "amphitypes" car elles sont à la fois négatives et positives. Cette technique est reprise, en 1854, par James Ambrose Cutting pour être appliquée à des négatifs au collodion. Ainsi naissent les ambrotypes.

L'ambrotypie (1854-1880)

Il n'y a pas de grandes différences technologiques entre la préparation d'un ambrotype et celle d'un cliché sur verre au collodion. A la prise de vue l'image est sous exposée. Ensuite elle est développée dans un révélateur acidifié avec de l'acide nitrique puis fixée et lavée. Une autre méthode consiste à traiter la plaque, au sortir du bain de révélateur par une solution de chlorure mercurique. Celui-ci réagit avec l'argent pour former du chlorure d'argent et du chlorure mercurieux. Ces deux précipités insolubles ont une couleur blanche, et confèrent à l'image des reflets grisâtres.

En présentant le cliché sur un fond sombre (couche de laque noire appliquée sur le dos du cliché, ou velours noir), il apparaît en positif. Les visages, les vêtements et bijoux peuvent être retouchés avec de l'aquarelle ou des pigments dispersés dans une résine.

Les vues de lanterne magique et les vues stéréoscopiques

Les vues sur verre destinées à la projection sont bien antérieures à la découverte de la photographie. Dès le 17ème siècle, on utilise dans les cours d'Europe des images peintes sur verre pour les projeter avec des lanternes magiques. L'utilisation de clichés photographiques est à l'origine d'un renouveau de cette technique qui trouve de larges applications pédagogiques ou distrayantes. Généralement pour confectionner ces images, la plaque négative est tirée par contact sur une nouvelle plaque de verre albuminée ou collodionnée. Plus tard, à l'époque des plaques de verre au gélatino-bromure d'argent, on trouve dans le commerce des plaques spécialement conçues à cet usage. Ces vues sont ensuite couvertes par un passe-partout en papier noir, doublées d'une plaque de verre et scellées à l'aide d'une bande de papier gommé. L'obtention d'épreuves stéréoscopiques se fait suivant le même schéma, cependant elles sont rarement doublées. Ces épreuves sont parfois virées en sépia ou teintées.

Les photographies couleurs interférencielles (1891-1895)

C'est en 1891 que le physicien Gabriel Lippman fixe les premières photographies couleurs directement, par une méthode interférencielle. Une plaque de verre au gélatino-bromure d'argent est exposée par le dos, l'émulsion étant en contact avec du mercure. Lors de l'insolation, les rayons lumineux traversent la couche sensible et viennent se réfléchir sur le mercure. Il se crée alors un phénomène d'interférence entre la lumière incidente et la lumière réfléchie, des ondes stationnaires se forment et les noeuds de ces vibrations impressionnent l'émulsion suivant un réseau propre à chaque longueur d'onde. Après développement, lorsqu'on observe le négatif par réflexion, sous une incidence convenable, la lumière va se diffracter sur ces dépôts d'argent et recréer l'impression colorée. Ce procédé qui suscite beaucoup d'espoir, n'a que peu d'application. Malgré les recherches des frères Lumière qui parviennent à améliorer considérablement ce procédé et commercialisent des plaques spécialement conçues à cet usage, les inconvénients du procédé restent un lourd handicap: le temps d'exposition est long (plusieurs minutes), l'image est unique et, pour l'observer, il faut la faire miroiter. Ce type de photographies est donc relativement rare.

Les diapositives couleurs

Les premières diapositives en couleurs datent de la fin du 19^{ème} siècle. Leur préparation est assez délicate et s'inspire des travaux de Louis Ducos du Hauron (1837-1920). Le sujet est photographié trois fois en noir et blanc, successivement à travers les filtres bleu, vert et rouge. Le négatif obtenu derrière le filtre bleu est tiré sur un papier à la gélatine bichromatée teintée en jaune, celui correspondant au filtre vert est tiré sur un papier dont la gélatine est teintée en magenta et le dernier, sur une gélatine teintée en cyan. Ces trois images colorées sont décollées de leur support papier et superposées. Le report minutieux des trois positifs monochromes, sur un même support opaque ou transparent, reproduit le modèle en couleurs. L'existence de ce type de vues reste assez limitée. Elles sont aisément différenciées des procédés couleurs à réseau qui apparaissent par la suite car elles sont moins denses, les couleurs sont plus saturées et l'observation au microscope ne révèle aucune trame ou réseau.

Les diapositives couleurs à réseau

L'interposition entre la plaque de verre et la couche sensible d'une mosaïque trichrome va donner naissance à une première génération de diapositives couleurs, qui connaît ses heures de gloire avec la plaque autochrome. Le 25 août 1894, l'Irlandais John Joly dépose un brevet sur un nouveau procédé de photographies en couleurs. On expose un négatif noir et blanc derrière une multitude de filtres microscopiques bleus, verts, rouges réunis en une mosaïque. Une diapositive est faite à partir du négatif. Si on observe la diapositive à travers la mosaïque, les couleurs sont restituées. De nombreux brevets basés sur ce principe sont déposés jusqu'en 1938; parmi eux citons les plus célèbres: Dufaycolor, Finlaycolor, Agfacolor et aussi les Autochromes. Avec ce dernier apparaît le premier procédé de photographie couleurs, vraiment populaire. Le succès de la plaque autochrome est incontestable et il se prolonge pendant plus de trente ans. C'est grâce à plusieurs années d'efforts de Louis et Auguste Lumière que la société Lumière peut commercialiser, en 1907, les premières plaques autochromes. Il existe cinq formats de plaques: (4,5x10,5), (6x13), (9x12), (13x18), (18x24cm). La couleur est recréée par l'intermédiaire d'un réseau de féculés de pomme de terre (6000 à 7000 au mm²) teintées en orangé, violet et vert, obturées sélectivement par le dépôt d'argent.

III. La conservation préventive

Les conditions de conservation: nature des contenants, magasins d'archives, conditions climatiques, manipulations, sont des maillons essentiels qui jouent un rôle déterminant dans la vie d'une photographie. Les photographies sur support verre, comme toute photographie, doivent être manipulées avec des gants, la transpiration pouvant, laisser des traces. Si elles sont très poussiéreuses, on les nettoie délicatement à l'aide d'un pinceau doux à condition que l'image ne présente aucun décollement ou écaillage. S'il ne comporte pas de trace de retouches, le côté verre est traité avec un chiffon propre imprégné d'un mélange eau-alcool. Un soin particulier doit être pris avec les négatifs au collodion, l'utilisation d'un solvant organique peut en effet dissoudre la couche image. L'intervention d'un personnel non spécialisé ne doit pas aller au-delà de ces traitements. Aucune immersion de ces images ne doit être tentée, les opérations plus poussées se faisant sous la responsabilité d'un restaurateur de photographies.

1. Les conditions de conservation

Le contrôle des conditions thermohygrométriques et de l'environnement permet d'assurer, à lui seul, la sauvegarde de la plupart des documents.

L'humidité

L'humidité relative est un des facteurs primordiaux; en effet une humidité trop importante conduit à des développements de micro organismes, favorise les attaques chimiques dans la couche image (sulfuration) ainsi que la corrosion de certains verres. Une humidité relative trop basse, inférieure à 25 %, induit des tensions très importantes dans les couches de gélatine, tensions qui peuvent produire un décollement.

Les variations importantes d'humidité relative sont aussi néfastes. L'humidité recommandée se situe aux alentours de 35% H.R., avec une marge de variation de plus ou moins 3% H.R.

Le suivi des variations d'humidité relative se fait à l'aide d'un hygromètre. Si les conditions naturelles ne sont pas favorables, il est nécessaire de climatiser les locaux d'archivage.

La température

L'augmentation de la température accélère les réactions de dégradation des matériaux. La température recommandée pour l'archivage ne doit pas dépasser 21°C, avec une variation limitée à $\pm 2^\circ\text{C}$. Cependant il peut être bénéfique de conserver certains procédés fragiles, comme les négatifs sur plaque de verre au collodion, à des températures comprises entre 16 et 18°C.

La lumière

Les courtes durées d'exposition généralement requises pour le tirage de négatifs sur plaque de verre ne sont pas de nature à produire des altérations, il faut cependant mettre en garde contre l'action néfaste que peut avoir une irradiation prolongée, en particulier sur des plaques au collodion ou des plaques autochromes. De surcroît, à l'action des radiations U.V. et visibles peut s'ajouter un échauffement superficiel qui dessèche la couche de gélatine provoquant décollement et craquelures.

La pollution

L'air est chargé en gaz polluants (anhydride sulfureux, oxydes d'azote, ozone, peroxydes) provenant essentiellement de la circulation automobile et des échappements industriels, mais ils sont générés aussi par des matériaux de mauvaise qualité : plastiques, bois, peintures à l'huile, vernis ou produits d'entretien. Les photocopieurs, les imprimantes laser libèrent de l'ozone repérable à son odeur caractéristique.

Tous ces produits sont extrêmement agressifs vis-à-vis de l'argent. Il est enfin recommandé de filtrer l'air pour le débarrasser des particules minérales et organiques en suspension qui peuvent se déposer sur les images et avoir une action destructrice.

2. Le choix des contenants

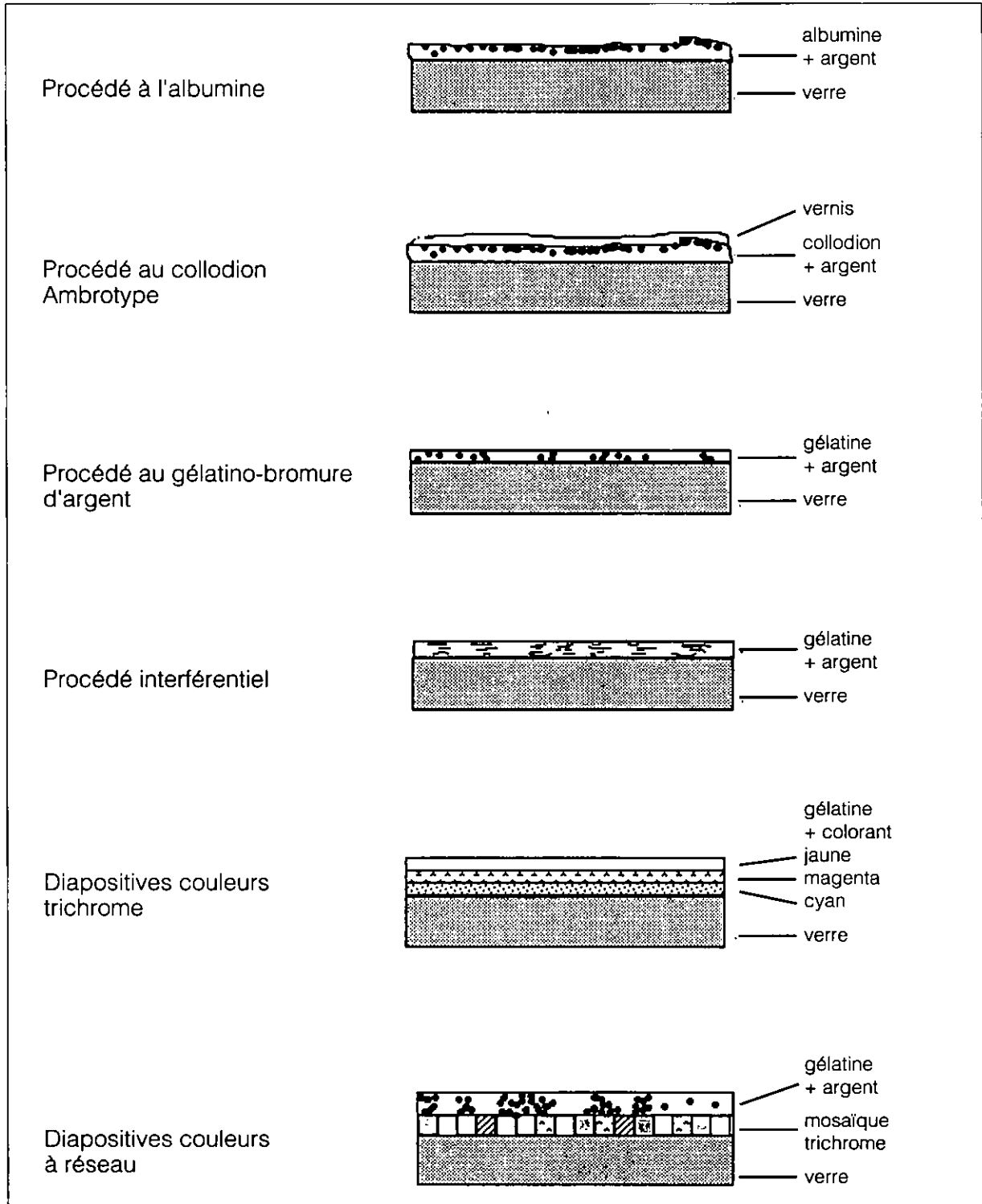
Les photographies ne doivent jamais être conservées dans les boîtes d'origine vendues avec les surfaces sensibles. Celles-ci sont constituées de carton de mauvaise qualité.

Les boîtes et pochettes

Le papier est un des matériaux le plus sûr à employer pour la conservation des photographies sur verre. Cependant n'importe quel type de papier ne peut convenir; ainsi, le papier cristal encore couramment utilisé de nos jours, n'offre pas les garanties nécessaires pour l'archivage de longue durée.

Il est recommandé l'emploi d'un papier chimiquement stable, à base de fibres de coton ou de pâte à papier dont le pourcentage en alpha-cellulose est supérieur à 87 %. Il ne doit contenir ni colorants ni produits susceptibles d'endommager l'image par migration ou en se décomposant.

Représentation schématique des différents types de photographies sur verre



Il est impératif qu'il ne contienne pas d'impuretés chimiques, en particulier des dérivés sulfurés, de la lignine ou des peroxydes. Son encollage est neutre. Ce sont des papiers dits permanents. Pour limiter l'acidification au cours du temps, les fabricants introduisent dans la pâte de certains papiers permanents un tampon basique, généralement du carbonate de calcium, qui neutralisera les dérivés acides. Ces papiers à réserve alcaline de 2 à 3% (en poids), ont un pH situé aux alentours de 8. Leur emploi est tout à fait recommandé pour le conditionnement des photographies sur plaque de verre.

Chaque plaque est protégée par une pochette. Selon le format des documents et leur fragilité, il est possible de choisir entre différents modèles ouverts sur un ou deux côtés, avec ou sans rabats. Pour les plaques de verre, la meilleure solution consiste à opter pour des pochettes à quatre volets. Les enveloppes contenant les plaques peuvent être rassemblées par petites quantités, à plat, dans des boîtes en carton, métal ou plastique qui ne sont pas fermées de façon étanche afin d'autoriser un renouvellement de l'air. Il est cependant conseillé de ranger ces plaques de verre verticalement, posées sur leur plus grand chant, par petit nombre, dans des casiers.

Pour inscrire des indications sur la pochette, on se sert de crayon à papier ou d'encre de Chine. Certains photographes avaient l'habitude de référencer leurs négatifs sur plaque de verre en grattant l'émulsion avec un scalpel. Ces négatifs présentent, aujourd'hui, des décollements de gélatine qui prennent naissance à ces endroits. Cette méthode de marquage a heureusement disparu. Il existe des marqueurs adaptés pour les négatifs. Les indications sont portées côté verre, sur le bord.

Les plastiques

De nombreuses matières plastiques sont inadaptées à la conservation des photographies parce qu'elles sont susceptibles de se dégrader et de libérer des produits nocifs comme des plastifiants, des dérivés chlorés ou nitrés. Pour cette raison, le chlorure de polyvinyle (P.V.C.) est prohibé en conservation parce qu'il libère de l'acide chlorhydrique et renferme, souvent, trop de plastifiants. Plusieurs altérations provoquées par ces pochettes ont été signalées. Elles se caractérisent par le dépôt de gouttelettes huileuses à la surface des diapositives. Les polymères synthétiques préconisés sont le polyester, le polyéthylène, le polypropylène. Cependant ces plastiques sont hermétiques. Il peut se produire, en cas de refroidissement de l'atmosphère, une condensation à l'intérieur de l'enveloppe. On peut observer alors un développement de microorganismes et un collage de la couche de gélatine sur le plastique.

Le Tyvek est un non-tissé en polyéthylène. Il est opaque, ressemble à du papier mais offre une plus grande résistance à la déchirure. Il peut être utilisé pour la conservation des photographies et sa surface rugueuse limite les effets d'adhérence.

Le mobilier

Pour les armoires et les étagères il est préférable d'éviter le bois qui peut produire des émanations susceptibles d'endommager les photographies. Plusieurs types de métaux peuvent avantageusement le remplacer: le métal chromé, l'aluminium anodisé et le fer recouvert d'une couche de peinture cuite au four ou d'une peinture époxydique. Ce type de peinture est particulièrement résistant, de plus il ne dégage pas de solvant.

3. L'entreposage

L'aire d'entreposage doit être assez spacieuse pour placer rationnellement les collections et les manipuler sans risque. L'espace est cependant volontairement limité pour pouvoir circonscrire tout sinistre et contrôler efficacement les conditions thermohygro-métriques en cas

de climatisation. Dans ce cas le local d'entreposage est séparé des locaux par un sas d'accès. Les collections doivent faire l'objet d'inspections régulières. L'équipement contre l'incendie doit prendre en considération la spécificité des matériaux conservés (cf. Les mesures d'urgences).

4. Les mesures d'urgence

Inondation

Une inondation produit de graves dommages. Qu'elles soient au collodion ou à la gélatine, les plaques supportent mal une immersion prolongée. Il est impératif de prendre des mesures préventives drastiques comme celles de déplacer les collections hors de lieux inondables, de supprimer le passage des tuyaux d'eau ou de vapeur dans la pièce, de remplacer les systèmes d'extinction automatiques à eau (sprinkler) par des systèmes à gaz inerte (halon, dioxyde de carbone, Inergen...).

Si les plaques sont inondées par des eaux sales, il faut les rincer avec de l'eau froide (moins de 15°C), éventuellement contenant un agent mouillant (Kodak photo-flo) et les laisser sécher à l'air libre, à plat. En aucun cas, il ne faut laisser sécher les images par paquet ou dans leur pochette, il serait difficile par la suite de les séparer. Il est probable que la quantité de documents inondés soit telle que les opérations de séchage, à l'air libre, réclament trop de place. Il faut alors les congeler et les traiter petit à petit par décongélation et séchage à l'air. Cependant les négatifs au collodion, les autochromes, les diapositives couleurs ne doivent pas être congelés s'ils ont survécu à l'inondation. La lyophilisation⁶, le séchage par micro-ondes⁷ ont été expérimentés mais les résultats ne sont pas totalement satisfaisants.

Traitement des locaux infestés par les microorganismes

Les documents sont évacués pour être traités en autoclave (cf. altérations biologiques).

Pendant que l'aire d'entreposage est vide on peut procéder à sa désinfection. Il y a peu de temps encore on utilisait à cette fin une pulvérisation de Caequaryl BE⁸. Aujourd'hui ce produit n'est plus commercialisé et de nouvelles techniques, comme la nébulisation de formaldéhyde, sont à l'étude⁹. Les insectes sont éliminés par une sublimation de lindane à raison de 1,5 g/m³, ou de fluorure de sulfuryl¹⁰.

5. Le contretypage des images en noir et blanc¹¹

Pour un usage répété, un prêt, on substituera un contretype à l'original qui risque d'être brisé au cours de fréquentes manipulations. Les plaques devant subir des restaurations délicates doivent être systématiquement dupliquées.

Avant la duplication, l'original est soigneusement nettoyé.

Il est préférable de copier les documents par contact, on limite ainsi les défauts que pourrait introduire un intermédiaire optique comme un agrandisseur. Cette copie conserve le format de l'original. Cependant le tirage par contact demandant une certaine pression du négatif contre le plan-film pour obtenir une netteté parfaite, on utilise un châssis-presse ou un châssis pneumatique. Certaines plaques de verre anciennes gauches, fragilisées ou fêlées peuvent se briser sous l'effet de la pression. Une couche au collodion boursoufflée ou écaillée risque également d'être endommagée. Il est alors souhaitable d'utiliser un agrandisseur.

La surface sensible doit avoir un grain fin et un grand pouvoir séparateur. La duplication en deux étapes permet une meilleure qualité de reproduction, la gamme des tonalités de gris restituée est beaucoup plus étendue, et la perte de définition très minime. Bien qu'elle soit d'un coût supérieur à l'utilisation d'un film autositif, cette méthode est particulièrement recommandée pour les négatifs anciens. On réalise d'abord un intermédiaire par contact (sur plan-film

polyester) qui a des tonalités inversées puis on le duplique, à son tour, pour obtenir une copie aux mêmes tonalités que l'original. Les films utilisés pour la duplication sont développés selon les indications des fabricants. Pour leur assurer une bonne conservation, ils sont fixés dans un fixateur "rapide", puis lavés abondamment à l'eau courante en utilisant éventuellement un auxiliaire de lavage. Enfin, la résistance de l'image à la pollution est accrue par un bain de virage à l'or, au sélénium ou au sulfure.

IV. Les altérations et les techniques d'intervention

1. Altérations du verre

Altérations physiques (cassures et fêlures)

Les grands handicaps du verre au niveau de la conservation sont le poids et la fragilité. De nombreuses plaques ont été cassées par maladresse, inattention, stockage inadéquat ou manipulations dans des locaux trop exigus. Le tirage par contact de négatifs anciens à l'aide d'un châssis-presse manuel ou pneumatique trop puissant amène parfois la rupture des négatifs sur plaque de verre insuffisamment plans. Les plaques fêlées sont très délicates à traiter, le seul fait de les manipuler risquant à tout moment de prolonger la fêlure et de conduire à la cassure.

Traitement des plaques cassées

Différentes interventions sont possibles, elles ont comme unique but de ne pas risquer, à l'avenir, de perdre ou de recasser les morceaux. Pour cela on redonne un semblant d'unité au document par une technique de remontage adaptée (doublage, passe-partout) ou par recollage.

Enfin il existe une dernière technique très périlleuse applicable uniquement aux procédés au gélatino-bromure d'argent : le pelliculage.

En attente de tout traitement, il est conseillé de rassembler les morceaux afin de réaliser un duplicata soit par contact, soit en les plaçant sur un plaque de verre dans le passe-vues d'un agrandisseur. Le duplicata obtenu peut être ensuite retouché afin d'estomper la marque de la cassure. Chaque morceau est, ensuite, enveloppé dans du papier japon et l'ensemble est conservé dans une boîte sur laquelle on inscrit visiblement "attention plaque cassée".

Le remontage sous passe-partout est plus long à réaliser. Dans un carton, de même épaisseur que le verre, on évide des parties suivant la forme de chaque morceau. Le carton évidé est contrecollé sur un carton plein de même dimension. Les fragments de la plaque de verre sont enchâssés dans les parties ajourées. Une couverture en carton est ajoutée pour maintenir les morceaux¹². Un montage analogue mais plus simple a été appliqué aux Archives Nationales¹³ (USA). Les morceaux sont déposés sur un carton de façon à reconstituer l'image en prenant soin, cependant, de les espacer d'environ un centimètre. Sur le périmètre on colle des bandes de carton de même épaisseur que la plaque. De petits morceaux de ce même carton sont régulièrement collés dans les interstices en butée contre la tranche de chaque pièce de verre. Chaque fragment est ainsi prévenu contre tout déplacement latéral. L'ensemble est protégé par une couverture cartonnée. Ces montages sont rangés à plat dans des boîtes sur lesquelles est clairement indiqué "attention plaques cassées, manipuler à plat".

Doublage des plaques cassées

C'est une technique ancienne appliquée aux plaques cassées et fêlées. Elle consiste à maintenir les morceaux entre deux plaques de verre découpées aux mêmes dimensions. L'ensemble est maintenu en sertissant les bords avec un ruban adhésif. Ce montage a l'inconvénient de ne pas favoriser le renouvellement de l'air. Certains produits de décomposition

peuvent être emprisonnés et accélérer la dégradation des images (procédé au collodion). Un refroidissement brutal peut, de surcroît, produire à l'intérieur du montage une condensation qui sera à l'origine d'un développement de microorganismes ou d'un collage de la gélatine sur le verre de doublage (procédé au gélatino-bromure).

Recollage des morceaux

Il existe, aujourd'hui, à la disposition des restaurateurs, de nombreux adhésifs pour le verre. Les plus couramment appliqués pour la restauration d'objets en verre sont :

- les époxydes
- les acryliques
- les cyano-acrylique
- les polyorganosiloxanes (silicones)

Dans la famille des polyorganosiloxanes existent d'excellents adhésifs pour le verre. Leur structure chimique est proche de celle du verre, ils allient une bonne adhérence à une excellente durabilité. Leur viscosité importante les rend cependant difficiles à mettre en oeuvre pour la restauration des photographies sur plaque de verre. L'enduction des bords des morceaux de la plaque conduit toujours à un dépôt excessif lors de l'assemblage, le surplus déborde et vient se répandre sur l'image. Une quantité résiduelle d'adhésif trop importante crée un joint souple. Enfin aucune étude n'a encore été consacrée à l'influence des sous-produits de réaction, en général de l'acide acétique, sur l'image photographique.

Toutes ces raisons font que les polyorganosiloxanes sont écartés pour la restauration des photographies. Quant aux résines cyano-acryliques, elles n'ont pas une grande stabilité dans le temps et le joint peut se rompre de façon imprévue. Seules les résines époxydiques allient une facilité de mise en oeuvre et une bonne durabilité malgré leur tendance à jaunir dans le temps. Deux marques d'adhésifs ont été préconisées pour les négatifs sur plaque de verre¹⁴: l'Ablebond 342-1 et l'HX Tal-nyl 1.

Les morceaux à recoller sont maintenus en appliquant, côté verre, des petits morceaux de bande adhésive (3M n° 810), d'un à deux millimètres de largeur, collés perpendiculairement à la brisure, tous les centimètres. La colle est ensuite déposée ponctuellement, à intervalle régulier sur le côté verre. La colle migre par capillarité entre les fragments de plaque. Après environ une heure la colle superflue est éliminée du verre en passant un coton tige imprégné d'acétone. La plaque est laissée plusieurs jours à sécher à l'air ; enfin, les morceaux de ruban adhésif sont éliminés.

Pendant les opérations de recollage, la plaque est maintenue le plus verticalement possible, sur un petit chevalet, de sorte que la colle ne déborde pas du côté image.

L'utilisation de colles époxydiques en photographie est cependant peu répandue en raison du caractère irréversible de l'intervention.

Transposition de l'image

La transposition, appelée plus couramment pelliculage, est connue depuis que la photographie sur verre existe et de nombreuses méthodes ont été décrites dans la littérature¹⁵. Ce traitement est uniquement applicable aux négatifs ou positifs au gélatino-bromure d'argent. On tanne d'abord le négatif dans une solution de formol dilué au vingtième puis on décolle la couche image dans une solution d'acide fluorhydrique à environ 0,1%. Après rinçage, l'image est reconstituée sur un non-tissé en polyester que l'on a humidifié, puis celle-ci est transférée sur une plaque de verre gélatinée, pendant que la gélatine est encore tiède. On élimine alors le non-tissé et on laisse sécher à l'air. Cependant, même si les morceaux d'image ont été soigneusement mis bord à bord, on observe, au cours du séchage, une légère rétraction de l'image qui se traduit par l'apparition d'un réseau de fissures que seule la retouche permet de

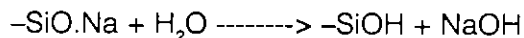
masquer. Une autre technique a été appliquée par I. Galambos¹⁶. Les morceaux de plaque sont réunis, côté émulsion vers le haut, sur une plaque de verre, de même dimension, enduite de vaseline. Les fentes sont comblées avec une solution de gélatine tiède à 3 %. Après séchage, on enduit la surface de la plaque d'une couche de gélatine. On laisse sécher puis on procède au pelliculage suivi du transfert sur une nouvelle plaque de verre tel que décrit précédemment. Ce mode opératoire permet d'éviter l'étape délicate de la reconstitution de l'image à partir des morceaux de gélatine décollés. Néanmoins toutes ces techniques d'intervention sont très périlleuses. Si elles sont décrites, elles ne sont que très rarement appliquées. L'image est soumise à des conditions très drastiques, les résultats sont hasardeux et peuvent conduire à une perte totale de l'image.

Restauration des plaques fêlées

Parfois le support verre est fêlé, voire cassé, sans que l'image soit touchée. Ces plaques sont, bien entendu, les plus fragiles car tout faux mouvement peut rompre la fine pellicule qui maintient, à elle seule, la cohésion de l'ensemble. Il faut soit doubler la plaque, soit appliquer sur le verre un ruban adhésif de consolidation le long de la fêlure.

Altérations chimiques du verre

Les verres utilisés jadis en photographie ne sont pas toujours stables chimiquement. L'adjonction d'une quantité trop importante de soude lors de la fabrication pour abaisser le point de fusion, les rend sensibles aux variations de l'humidité. On observe une dissolution du verre qui se produit en deux étapes. Le sodium est extrait du verre, substitué par un proton, et se dépose en surface sous forme d'hydroxyde.



Ce dépôt de soude accroît considérablement le pH, lorsque celui-ci est suffisamment élevé (supérieur à 9), le verre est attaqué : il y a rupture dans le réseau de liaisons Si-O et formation de gel de silice. La vitesse de cette attaque double à chaque augmentation d'une unité de pH ou une augmentation de 10°C de la température¹⁷. Ces altérations se traduisent par une opacification ou par des dépôts blanchâtres, parfois visqueux et surnommés transpiration du verre. L'analyse a révélé entre autres la présence de gel de silice, de silicate de sodium¹⁸.

Il semble exister une étroite corrélation entre la dégradation du support verre et certaines altérations de l'image. Les négatifs au collodion dont le support verre se révèle stable ne présente pas de signe particulier d'altération de l'image ou du vernis¹⁹ tandis que sur les verres trop riches en soude on note un jaunissement du vernis, sans doute dû à une réaction de saponification²⁰, et l'adhésion de la couche image est réduite : il apparaît des craquelures et des décollements.

3. Quelques altérations de la couche image

Il n'est pas possible d'aborder toutes les altérations qui apparaissent sur les divers procédés précités. Nous nous limiterons aux plus courantes, visibles sur les procédés au collodion et au gélatino-bromure d'argent. Il est tout d'abord indispensable de différencier ces deux procédés. La couleur de la couche image qui est généralement plus chaude sur les plaques au collodion est un indice révélateur mais pas toujours suffisant. C. McCabe²¹ a en effet identifié dans les collections de nombreuses plaques au collodion présentant les mêmes colorations que les plaques au gélatino-bromure. Il faut donc un peu d'expérience et se fier à plusieurs indices (tableau C).

Altérations physiques

Très localisés sur des plaques au collodion (boursoufflures, écaillages), les décollements de la couche image sont parfois spectaculaires sur des plaques au gélatino-bromure d'argent.

Ils sont dus à une préparation défectueuse ou à l'emploi d'un verre de mauvaise qualité. Les conditions climatiques jouent néanmoins un rôle important en particulier sur les procédés à la gélatine. Lorsque l'humidité relative augmente, la couche de gélatine se dilate en épaisseur, elle a aussi tendance à se dilater latéralement exerçant ainsi une tension latérale au niveau de son attache sur le verre. Lorsque l'humidité relative diminue, la gélatine se contracte et des tensions inverses s'opèrent à l'interface verre-gélatine. Ce cisaillement répété finit par produire le décollement de la couche image. Ces décollements sont amorcés à des endroits déjà fragilisés de l'image: rayures, bords de la plaque, et ils se propagent parfois de façon concentrique "en escargot" comme cela a été noté sur certaines plaques d'Atget. Lorsque le décollement de l'image est limité à de petites plages, la plaque est doublée par un autre verre. Ce doublage peut s'avérer délicat; si l'atmosphère est trop sèche, les morceaux de gélatine ont tendance à s'enrouler. Pour y parvenir il faut se placer dans une atmosphère plus humide. On prend alors soin de ne pas sceller les deux plaques de façon trop étanche afin d'éviter une condensation à l'intérieur du montage. Certaines interventions plus radicales comme le pelliculage et le transfert sur un nouveau support ont été décrites.

Sur les autochromes la couche image est très prompte à se détacher du support; il suffit d'observer le bord de plaques qui n'ont pas été vernies, la plupart présentent des amorces de décollement. Aucun traitement n'a encore pu être préconisé étant donné la structure complexe de ces plaques, la meilleure protection consiste à doubler la plaque.

Les rayures et abrasions menacent particulièrement les plaques au collodion et à l'albumine. Les couches sont peu épaisses et friables.

Altérations chimiques

L'argent s'oxyde très facilement lorsqu'il est en contact avec des gaz polluants, des impuretés ou des produits résiduels. Ces attaques locales ou sur toute la surface du négatif se traduisent par une décoloration et un affaiblissement. Dans les plaques au collodion, le vernis protège l'image contre ce type d'agression; il suffit d'observer des plaques non vernies, l'argent est très attaqué. Les images au gélatino-bromure sont rarement vernies, la gélatine assurant en partie cette fonction protectrice.

La sulfuration

Certaines taches sont dues à des sels résiduels aux traitements, en particulier les sels de fixateurs non éliminés au lavage. L'attaque de l'image ne se fait qu'en présence d'humidité. Le processus se déroule en plusieurs étapes: d'abord le thiosulfate se décompose en acide sulfureux et en soufre. Celui-ci se combine à l'argent pour former du sulfure d'argent noir qui se transforme à son tour, sous l'influence de l'humidité, en une variété allotropique jaune. La sulfuration se traduit donc par un jaunissement des parties sombres du négatif. Ces altérations sont rares sur les plaques au collodion, d'une part parce qu'elles étaient souvent fixées à l'aide de solutions de cyanure; et d'autre part, la couche de collodion étant très fine et hydrophobe, elle retient très peu de produits.

Une autre altération est conséquente à l'emploi d'un bain de fixage usagé. Il reste alors dans l'émulsion des complexes argentithiosulfates non solubles qui se décomposent en sulfure d'argent et en thiosulfate. Les parties claires de l'image se couvrent de taches; par ailleurs l'argent métallique est attaqué.

Un traitement par "blanchiment-redéveloppement" peut redonner à l'image son aspect primitif, il peut aussi conduire à sa destruction ! L'image argentique est d'abord oxydée par le bain de blanchiment, puis développée.

Le miroir d'argent

L'apparition, sur les négatifs au gélatino-bromure d'argent, d'un miroir d'argent est très fréquente. C'est une couche d'argent métallique formée d'atomes d'argent qui se sont détachés des filaments, ont migré et se sont redéposés en surface. Les mauvaises conditions de conservation et l'humidité en sont les principales responsables. Les peroxydes dégagés par les contenants de médiocre qualité provoquent également l'apparition de taches microscopiques rougeâtres. Le miroir d'argent se forme dans les endroits les plus denses en argent (zones sombres). Lorsqu'on observe la plaque en lumière réfléchie, il apparaît avec des reflets bleutés tandis qu'en lumière transmise c'est un voile jaune.

Cette couche très fine peut être éliminée par abrasion ou chimiquement. Plusieurs traitements dont celui au thiosulfate d'ammonium, à la thiourée, ou encore à l'iode alcoolique ont été étudiés. Aucun de ces traitements n'est pleinement satisfaisant car ils s'opèrent en milieu aqueux, ce qui peut endommager les négatifs sur plaque de verre à plus ou moins long terme. Il n'est donc pas souhaitable d'intervenir sur ces plaques d'autant que, bien souvent, cette altération n'empêche pas de faire un bon tirage.

Les traitements correctifs

Les conditions aléatoires de prises de vues ont souvent conduit les photographes à pratiquer des traitements chimiques pour corriger la densité des négatifs. En effet, les durées d'exposition étaient déterminées empiriquement et les négatifs que l'on obtenait n'étaient pas assez denses pour permettre un bon tirage. Le photographe appliquait aux négatifs au gélatino-bromure un traitement de renforcement. Le renforcement à l'iodure mercurique ou au chlorure mercurique est très simple d'emploi mais l'image intensifiée se conserve mal et prend une coloration jaune intense ou blanchâtre.

Si ces altérations sont spectaculaires, elles n'empêchent pas d'obtenir des tirages et des duplicata de bonne qualité. Il n'est donc pas souhaitable de restaurer chimiquement ces négatifs.

Des méthodes de restauration par blanchiment-redéveloppement ont été appliquées. Comme il a été signalé précédemment ces méthodes ne sont pas sans dangers, certains négatifs supportent mal l'immersion dans les bains de révélateurs trop alcalins. La couche image se dilate et se détache au cours du traitement.

Altérations biologiques

Les procédés à base de gélatines constituent un milieu de prédilection pour le développement des microorganismes qui prolifèrent en détruisant l'image. Un excès d'humidité prolongé (supérieure à 60% H.R.) favorise leur prolifération au détriment de la gélatine. Une remise en atmosphère sèche va arrêter leur développement; cependant ces microorganismes sont toujours vivants et prompts à se développer si les conditions redeviennent favorables.

La stérilisation des documents peut se faire dans un autoclave avec un gaz comme l'oxyde d'éthylène. D'autres composés comme le fluorosilicate de zinc et l'hyamine 1622 (Röhm et Hass) ont été conseillés pour traiter les tirages noir et blanc mais l'oxyde d'éthylène est le plus efficace. Ce composé est un fongicide, bactéricide et insecticide puissant, il est aussi très dangereux pour l'homme et la manipulation en est sévèrement réglementée, voire interdite dans certains pays. Les documents sont enfermés dans une enceinte où le vide est créé. Un mélange d'azote (72,5%) et d'oxyde d'éthylène (27,5%) est alors injecté, l'exposition à ce gaz dure six heures à 24°C, 50% H.R. L'oxyde d'éthylène est ensuite évacué et on rince les documents à l'air afin d'éliminer tout résidu de gaz toxique. Des masses importantes de documents sont ainsi traités sans que l'on ait à les sortir de leur emballage. L'oxyde d'éthylène ne semble avoir aucun effet néfaste sur les documents photographiques sur verre.

Une fois les microorganismes tués, il est nécessaire d'éliminer leurs traces. Malheureusement, il existe très peu de traitements adaptés aux photographies anciennes. Le développement des champignons dégrade et rend soluble la gélatine, aussi est-il dangereux de soumettre l'image à un traitement aqueux. Il est parfois possible d'éliminer les traces en frottant délicatement avec un coton sec ou imprégner d'un solvant (trichloro 1, 1, 1 éthane). Cependant il est impératif de faire un essai sur le bord de l'image car le solvant peut réagir, en particulier si la photographie a été vernie.

Plaques à la gélatine collées entre elles

Une humidité excessive ou une inondation accidentelle peut avoir conduit à la formation de "briques". Les plaques sont collées entre elles et parfois même avec leur pochette. Le premier réflexe est trop souvent de tenter une immersion pour les séparer, immersion qui s'avère très dangereuse lorsqu'il y a eu développement de microorganismes : les images se dissolvent ! La seule tentative de sauvetage qui puisse être appliquée consiste à placer l'ensemble pendant plusieurs jours dans une enceinte où règne une humidité élevée proche de 86 %H.R.(obtenue à l'aide d'une solution saturée en chlorure de potassium). Périodiquement on tente de les écarter les unes des autres, si besoin est en insérant des cales en carton. Lorsque des morceaux de pochette restent collés sur la gélatine, on peut tenter de les en séparer en humidifiant légèrement le papier avec un coton imprégné d'eau distillée.

Tableau A

Composition des verres (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
réf:NPG 1993:69	70,2	0,6	0,1	0,2	15,9	0,3	11,0
réf:NPG 546:20	73,3	0,9	0,1	0,3	9,8	1,3	13,2
réf:NPG 3168:109	72,1	0,8	0,1	0,3	9,9	1,9	12,8
réf:NPG 5330:186	74,9	—	—	—	5,8	0,1	18,3
réf:NPG 5306:186	71,1	0,2	0,1	0,2	9,0	0,4	16,8

Tableau B

Composition des verres (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	PbO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
réf:19-76	56,3	0,68	29,4	0,01	<0,05	7,67	2,30
réf:19-XXX	72,2	1,89	3,10	0,08	5,10	2,52	13,8
réf:19-V	65,9	1,47	0,15	0,07	10,7	19,2	1,73
réf:19-18	66,1	0,97	0,24	0,22	8,57	21,1	12,2
réf:NPG 5306:186	71,9	1,21	<0,05	0,07	13,7	0,09	11,8

Tableau C

<i>verre</i>	procédé au collodion	procédé à la gélatine
formats	variés, parfois plusieurs vues par plaques.	standardisés: 6x9, 9x12, 13x18, 18x24 cm...
épaisseur	verres épais découpe peu précise	verres fins, découpe régulière
<i>image</i>		
couleur	tons chauds: crème à gris neutre	tons froids
aspect	verniss, traces sur les bords	parfois verniss

NOTES

1. Z. Goffer, *Archeological chemistry*, New York, John Wiley and Sohns, 1980, pp. 136-140.
2. M. H. McCormick-Goodhart, "An Analysis of Image Deterioration in Wet-Plate Negatives from the Mathew Brady Studios". *Journal of Imaging Science and Technology*, 36, n°3, mai-juin 1992, pp.297-305.

3. S. Barger, D. K. Smith, W.B. White. "Characterization of corrosion products on old protective glass, especially daguerreotype cover glasses". *Journal of Materials Science*, 24, 1989, pp.1343-1356.
4. B. Coe, *Les premiers siècles de la photographie*. Lausanne, Edita S.A., 1977. p.30.
5. E de Valicourt, *Nouveau manuel complet de photographie sur métal, sur papier et sur verre*, Nouvelle édition, Tome 2, Manuels-Roret, Paris, 1862. pp.93-117.
6. K.B. Hendriks, B. Lesser, "Disaster preparedness and recovery : Photographic Materials". *American Archivist*, 46, 1, Winter 1983, pp.52-68.
7. M. Gillet, C. Garnier, "The Use of Microwaves for Drying Flood Damaged Photographic Materials". *Topics in Photographic Preservation*, A.I.C. Photographic Materials Group vol.3, 1989, pp. 46-51.
8. F. Flieder, "Les agents de détérioration des images photographiques et les moyens d'y remédier". *Actes du colloque Conservation et restauration du patrimoine photographique*, Direction des affaires culturelles de la ville de Paris, Paris-audiovisuel, 1985, pp.58-65.
9. "Patrimoine culturel et altérations biologiques". *Actes des journées d'études de la S.F.I.I.C.* Poitiers, 17 et 18 novembre 1988.
10. C.C. Bard, D.F. Kopperl, "Treating Insect and Microorganism Infestation of Photographic Collections". *Second International Symposium : The Stability and Preservation of Photographic Images*. August 25-28, 1985. The public Archives of Canada and the Delta Ottawa Hotel, Ottawa, Ontario Canada. S.P.S.E.
11. K.B. Hendriks et al., "The Duplication of Historical Black-and-White Negatives". *The Journal of Imaging Technology*, vol.12, n°4, August 1986, pp. 185-199.
D. Munson, "Duplication of Glass Negatives". *Picturescope*, Spring 1982, pp.19-23.
A.B. Newman, "Research Update B/W Duplication Method". *American Institute for Conservation*, Photographic Materials Group. Abstracts from the Fifth Annual Winter Meeting. Philadelphia, PA February 1 & 2, 1985, p.15.
12. T.J. Collings, "The Storage of Glass Negative". *PhotographiConservation*, Vol.3, n°1, March 1981, pp.1-3.
13. C. McCabe, "Preservation of 19th-Century Negatives in the National Archives". *Journal for American Institute of Conservation*, 30, 1991, pp.41-73.
14. M. Gillet, N. Kennedy, C. Garnier, "Recherche d'adhésifs adaptés à la réparation des clichés sur verre brisé". *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation 1986-1987*. Paris, Archives nationales, la Documentation française, 1988. pp.139-149.
15. M. Gillet, C Garnier, F. Flieder. "Les négatifs sur plaque de verre : conservation et restauration". *Les documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation 1984-1985*. Paris, Archives nationales, 1986, pp.207-242.
16. I. Galambos, "La Conservation et la restauration des matériaux photographiques et des microfilms". *Muzeum*, vol. 20, n°4, 1975. pp.209-220.
17. Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical technology*, 3ème ed., vol.11, 1980 p.842.
18. *Op. cit*, Barger et al. (1989).
19. C. McCabe, "Glass Plate Negatives : The Importance of Relative Humidity in Storage". *Sauvegarde et conservation des photographies, dessins, imprimés et manuscrits, Actes des journées internationales d'études de l'ARSAG*, Paris 30 septembre au 4 octobre 1991, pp.36-44.
20. *Op. cit.*, M. H. McCormick-Goodhart (1992).
21. *Op. cit.*, C. McCabe, (march, 1991).