

Utilisation de la Chambre d'humidification HC-5 et de la Table à basse pression¹

Les œuvres d'arts graphiques sont généralement constituées de matériaux organiques celluloseux représentant plus de 90% de leurs poids total. Ces matériaux sont dimensionnellement instables et sujets à de constants changements micro-dimensionnels, dus aux variations climatiques. Des tensions internes peuvent avoir des effets considérables, et les changements dimensionnels de l'ordre de 1/40e ne sont pas rares. A la longue, il en résultera une distorsion de l'œuvre et, pire encore, la formation de plis et de déformations. Ce n'est donc qu'une question de temps pour qu'apparaissent les premiers indices sérieux de vieillissement, tel qu'une diminution de la résistance mécanique ou de déchirures le long des bords du papier.

C'est en doublant l'œuvre souvent sur des matériaux semblables à l'original que l'on essaie en général de remédier à ce genre d'altérations. Mais, malheureusement, cela entraîne l'usage de nouveaux matériaux instables (colles de peaux, et d'autres colles à base de protéines) qui deviennent difficilement réversibles et sont particulièrement sensibles à l'attaque de micro-organismes. La dégradation inévitable de ces matériaux rend un nouveau doublage nécessaire et, de ce fait, bien des dessins ont dû être doublés à plusieurs reprises. Aujourd'hui, le restaurateur doit faire souvent face à des dégâts structurels, égratignures et amincissements, causés directement ou indirectement par des doublages antérieurs.

L'eau est l'un des facteurs de dégradation les plus fréquents pour les œuvres d'arts graphiques, mais de manière un peu paradoxale, c'est aussi le produit indéniablement le plus utilisé en restauration. L'humidification d'une œuvre est une étape délicate et indispensable lors d'un dédoublement ou d'un doublage, d'un nettoyage ou d'une remise à plat. Nous utilisons généralement pour cela un vaporisateur (des générateurs de vapeur chaude ou froide) et du GORE TEX[®]. De par leur caractère très hygroscopique, le papier ou le parchemin réagissent rapidement à ce type de traitement dont le restaurateur doit pouvoir contrôler parfaitement les conséquences afin de ne pas accentuer certaines déformations ou faiblesses (la présence d'un médium sensible à l'eau étant une source de difficultés supplémentaires). L'eau peut avoir des conséquences aussi désastreuses que bénéfiques, et c'est pourquoi la maîtrise de cet élément est aussi primordiale. La table à basse pression et la chambre

d'humidification HC-5 que nous présentons ici sont deux appareils dont l'utilisation combinée permet de répondre à cette nécessité.

La chambre d'humidification HC-5

La chambre d'humidification HC-5 est un appareil permettant de détendre le tissu fibreux des œuvres ou de faire gonfler les colles en toute sécurité, et de façon incomparablement moins «traumatisante» que toute autre méthode, en créant un environnement humide contrôlable. L'œuvre est visible en permanence à travers la vitre et à l'issue du traitement elle semble étonnamment peu humide car elle n'a absorbé que la quantité d'eau strictement nécessaire à sa détente. Ce faible apport d'humidité permet au restaurateur d'exécuter des travaux sur des œuvres qui ne supporteraient pas d'autres techniques d'humidification, de surcroît, les papiers humidifiés à l'aide de la chambre sont moins sujets à des distorsions que ceux humidifiés par d'autres méthodes. La longue durée du processus d'humidification (jusqu'à 24 heures) permet une pénétration parfaite des fibres du papier par l'humidité. De cette manière, le papier conserve une certaine résistance mécanique, évitant ainsi le risque de déchirure pendant les manipulations.

Hydrophilie et hydrophobie du papier

Pour des raisons à la fois chimiques et physiques, l'eau est un solvant très actif vis-à-vis du papier, car celui-ci est très hydrophile et poreux. La structure interne du papier est composée de couches de cellulose formant un réseau capillaire plus ou moins dense suivant la méthode de fabrication utilisée: Le papier est un matériau hétérogène, car les fibres de cellulose le constituant ne sont pas toutes de même taille, ni de même épaisseur, et comportent des zones cristallines et amorphes; les fibres très raffinées² sont plus hydrophiles mais aussi plus souples, ce qui permet d'obtenir un papier plus compact. Si les fibres sont plus raffinées, les plus grandes peuvent flocculer, c'est-à-dire, se mettre en paquets et donner au papier une structure irrégulière; un papier très calandré sera plus compact et donc moins poreux qu'un papier non calandré (une des différences essentielles entre le papier calque et le papier aquarelle); l'encollage, en se fixant sur la cellulose, va rendre le papier hydrophobe pour permettre aux techniques graphiques aqueuses de ne pas fuser.

¹ Ce texte est une synthèse de différents articles publiés par Olivier Masson ainsi qu'un extrait du mémoire de diplôme de Valérie Luquet (cf. références bibliographiques).

² Le raffinage se fait en milieu aqueux par l'action de lames et a pour objectif une fibrillation des fibres. La fibrillation fait apparaître un chevelu et entraîne même une séparation des fibrilles par le relâchement des liaisons internes les moins puissantes. Le chevelu accroît les possibilités de liaisons inter-fibres.

Les niveaux de liaisons de l'eau avec le papier

Lorsque l'on dépose une goutte d'eau à la surface d'un papier sec, celle-ci va se diffuser dans le papier de manière latérale et verticale par des phénomènes de capillarité et établir avec la cellulose une multitude de liaisons hydrogène. Selon James Cazey³, l'eau est tellement attirée par la cellulose, qu'un papier séché à 100° C contient encore entre 0,5 et 1% d'eau. L'eau est à l'origine de liaisons inter et intra moléculaires au sein de la cellulose. Ces liaisons vont lui conférer sa stabilité et permettre aussi à la chaîne de polymère de former des microfibrilles, puis des fibrilles et des fibres avant d'aboutir au tissu fibreux du papier. Selon la qualité des fibres, un papier peut contenir entre 15 et 30% d'eau dans une atmosphère saturée. L'eau est retenue dans le papier de différentes manières et on l'appellera «eau colloïdale», «eau capillaire», ou «eau excédentaire» suivant ce niveau de liaison:

L'eau colloïdale (environ 3 à 4% de l'eau contenue dans le papier) est fortement associée aux molécules de cellulose par des liaisons hydrogènes, et n'est pratiquement jamais touchée lors des traitements de restauration. En fait, cette eau n'a pas tout à fait les mêmes propriétés physico-chimiques que l'eau «libre». Elle présente une anormale haute densité, une température de solidification différente, n'agit pas comme un solvant, est pratiquement insensible aux traitements aqueux et ne possède pas la même tension de vapeur; l'eau capillaire ou retenue dans les capillaires par des liaisons hydrogènes. Le pourcentage d'eau capillaire dépend de l'humidité relative et correspond au point d'équilibre entre le papier et l'environnement. Il varie constamment lorsqu'il y a des changements climatiques car il y a sans cesse des échanges entre le papier et l'atmosphère. Lors d'une remise à plat c'est l'eau capillaire qui nous intéresse car c'est elle qui donne sa souplesse au papier.

L'eau d'excès apparaît dans le papier à partir du «point d'humidité critique» et correspond au point de saturation de la fibre. Ce niveau d'humidification est obtenu lorsque l'on baigne un papier ou que l'on pulvérise une grande quantité d'eau. Le papier devient alors transparent par modification de son indice de réfraction. L'eau, en pénétrant dans le papier, va en premier lieu hydrater les régions amorphes de la cellulose qui sont plus réactives, plus fragiles et plus faciles d'accès; les chaînes de polymère vont alors s'écarter et faciliter l'hydratation des autres régions. Cette hydratation va se traduire par un gonflement des fibres et une variation dimensionnelle de la feuille de papier.

Description de la chambre d'humidification HC-5

Dimensions: 158 x 108 x 55 cm. Boîtier en aluminium thermolaqué.

La chambre est munie d'une porte vitrée qui donne

accès à la grille en nylon. Elle est équipée d'un éclairage plafonnant. Les œuvres à traiter reposent sur la grille en nylon avec des buvards intermédiaires pour empêcher la vapeur de se condenser au contact de cette grille et la diriger vers l'œuvre. Le flux régulier d'air humide froid (vapeur froide) est produit par un humidificateur à ultrasons externe, raccordé par un tube flexible à la chambre. La vapeur froide circule autour des papiers en traitement, gonfle lentement les couches de colles et relaxe doucement le papier. Un hygromètre permet un contrôle parfait de l'humidité dans la chambre.

Un ventilateur situé dans l'enceinte augmente l'énergie cinétique des molécules d'eau, réduit le phénomène de condensation et favorise une répartition homogène de la vapeur autour des objets. Afin de garantir la stabilité du climat il est conseillé de régler le ventilateur à une petite vitesse de rotation. Une vitesse excessive causerait un refroidissement de la température et une condensation de l'eau au plafond de la chambre. Pour prévenir cette éventualité, un système de chauffage a été installé au plafond. Il est prévu pour être réglé à une température minimale, afin de ne pas sécher la surface des objets. Une température trop élevée conduit à une réduction de l'humidité relative et il ne serait alors plus possible d'humidifier un papier suffisamment pour réussir le traitement prévu. Il est également conseillé de laisser la lumière éteinte durant le fonctionnement pour ne pas élever la température dans l'enceinte.

Une hydratation entraîne généralement une dilatation plus ou moins importante de la matière, or les matériaux constitutifs d'une œuvre n'ont pas tous le même caractère hydrophile, et une humidification trop rapide peut avoir des conséquences désastreuses. L'hygromètre permet de réaliser une humidification très lente, progressive et programmée en fonction de la vitesse d'hydratation de chacun des constituants de l'œuvre (support, adhésifs, liants, pigments, etc.) et en s'alignant sur la plus lente. L'hygromètre est donc un gage de sécurité pour le restaurateur car il lui permet de sélectionner un certain taux d'humidité et de le conserver indéfiniment. Pour éviter la condensation d'eau, il est conseillé d'augmenter graduellement et lentement l'humidité dans la chambre (mais on peut aussi augmenter progressivement la vitesse de rotation du ventilateur).

Vérification du réglage

Une humidité relative de 100% peut être atteinte en 12 minutes environ. La bonne répartition de l'humidité, grâce au flux d'air, a été testée à l'aide de papier filtre imprégnés de sels de chlorure de cobalt. Les papiers traités de cette manière sont de couleur bleue à l'état sec et virent au rose dès que l'humidité relative augmente. Les tests démontrés rendent une augmentation régulière de l'humidité d'un bout à l'autre de la chambre.

3 Cf. références bibliographiques

Humidification d'un papier

La vapeur produite par l'appareil à ultrasons migre à l'intérieur du papier, est adsorbée sur les parois des pores et forme une couche monomoléculaire avant de se condenser dans les étranglements et de remplir les capillaires. L'eau liquide remplit d'abord les plus gros pores mais ici c'est l'inverse qui se produit (la vapeur se condense d'abord dans les capillaires les plus fins), et la quantité d'eau apportée par ce type d'humidification est bien inférieure aux méthodes traditionnelles. Il n'y a pas d'eau en excès puisqu'en fait le papier se met en équilibre avec l'humidité relative proche de la saturation. Le papier se détend et devient plus plastique; ses variations dimensionnelles sont inférieures à celles induites par une humidification sous forme liquide.

Lors d'une humidification plus traditionnelle le papier atteint son point d'humidité critique et contient de l'eau en excès. Le séchage à l'air libre d'un papier gorgé d'eau peut être décomposé en trois phases, à commencer par l'évaporation de l'eau excédentaire à la surface du papier. Cette étape est rapide et peut être accélérée suivant l'humidité, la température et la vitesse de circulation de l'air ambiant. La brillance puis la relative transparence du papier sont caractéristiques de cette étape. A partir du point critique d'humidité, la vitesse d'évaporation diminue. L'eau s'évapore à partir de l'intérieur du papier et non plus de sa surface; les molécules doivent donc fournir encore plus d'énergie pour s'échapper du liquide car le tissu fibreux se referme et la pression capillaire augmente. La vitesse d'évaporation à ce stade dépend des conditions extérieures, mais aussi du caractère plus ou moins hydrophile du papier. C'est à cette étape que le papier a tendance à gondoler, car il ne sèche pas de façon homogène et que les fibres se réorganisent suivant une série de tensions induites par ce séchage.

L'évaporation devient quasiment nulle et correspond à la mise en équilibre du papier avec l'humidité relative. L'humidification en chambre d'humidification n'apporte pas d'eau en excès, est beaucoup plus homogène et moins brusque. La première étape de séchage décrite précédemment n'existe donc pas pour les papiers humidifiés par cette méthode. Le papier aura également moins tendance à se déformer durant le séchage, surtout si celui-ci est ralenti et s'effectue en atmosphère contrôlée.

Si l'on veut que le papier absorbe une quantité importante d'eau il ne suffit pas que le taux d'humidité relative soit élevé, il faut aussi que la saturation de l'enceinte le soit, or celle-ci est liée à la température. Si la pièce où se trouve la chambre est trop froide, la quantité maximale de vapeur d'eau que pourra contenir l'enceinte risque d'être insuffisante pour réaliser une bonne humidification et une certaine quantité de vapeur pourra se condenser si le débit de l'appareil à ultrasons est trop fort. La température d'utilisation optimale de la chambre d'humidification se situe donc entre 17 et 22°

C à l'extérieur de l'enceinte.

Bien que la circulation d'air dans la chambre d'humidification soit régulière, il se peut que parfois, la surface supérieure de l'œuvre soit plus humide, spécialement si l'œuvre repose sur des papiers buvard. Cette différence d'humidification peut être une aide pour le restaurateur. Selon la nature de l'œuvre et les problèmes de conservation, l'objet peut être placé face en haut ou face en bas sur des papiers buvards. Pour protéger des surfaces très fragiles (par exemple une gouache qui est susceptible de dégorger), on peut fixer l'œuvre le long des bords, face en bas, sur un buvard. On évitera ainsi un contact direct de la couche picturale avec l'humidité.

Le dédoubleage après humidification

Une fois la colle du doublage complètement ramollie, on peut procéder au dédoubleage de l'œuvre. Le support peut être séparé de l'original, en introduisant un scalpel ou une spatule en Téflon entre le support et l'œuvre, si possible face en haut pour éviter tout endommagement de la surface. Le dédoubleage doit être fait sans interruption, pour éviter une réactivation et un séchage de la colle ancienne.

Dans bien des cas, il est possible de procéder au dédoubleage tout en préservant le papier de support car celui-ci garde une résistance suffisante malgré le haut degré d'humidité nécessaire pour ramollir des colles tenaces. Il convient toutefois de faire attention à ce que la capacité d'expansion du support ne soit pas supérieure à celle de l'original. Il y aurait alors un risque de rupture du papier, en particulier si celui-ci n'est collé que le long des bords du support. Dans ce cas, il faudra amincir le support mécaniquement avant humidification.

Bien que généralement toutes les colles solubles à l'eau puissent être ramollies dans la chambre d'humidification, certaines colles peuvent s'avérer particulièrement résistantes. Il peut alors être utile d'employer le système de chauffage pendant les dernières heures du processus d'humidification ou un appareil à vapeur chaude (type Steamy) lors du dédoubleage.

Nettoyage de piqûres

Le nettoyage de piqûres sur des dessins à la craie-pastel peut poser de nombreux problèmes. On commencera par humidifier l'œuvre pendant environ 6-8 heures, avant de la traiter sur table à basse pression. Une fois les fibres gonflées, le dessin est posé face en haut sur la table à basse pression et légèrement aspiré pendant quelques minutes. Les taches vont alors passer de l'œuvre humide dans les couches de buvard se trouvant en dessous. L'œuvre encore humide doit être ensuite replacée dans la chambre d'humidification. Pendant ce temps, les buvards seront remplacés. Puis on recommence cette procédure plusieurs fois si nécessaire. Il est important de ne

jamais laisser sécher complètement l'œuvre afin de ne pas interrompre le processus de nettoyage. Si on interrompt trop tôt le traitement, les pigments risquent de s'imprégner dans le papier plus fortement et seront ensuite plus difficilement solubles.

Changement de la valeur des couleurs

Les couleurs en médium aqueux traditionnelles contiennent des liants comme la gomme arabique, le blanc d'œuf, la gélatine, le jaune d'œuf, etc., ainsi que des plastifiants, tels que le miel, susceptibles de se déshydrater en vieillissant. Les couleurs deviennent alors parfois plus ternes et mates. Dans certains cas, un traitement en chambre d'humidification peut régénérer ces types de liants ou de plastifiants, rendant ainsi les couleurs plus brillantes et plus riches⁴. On ne peut pas dire combien cette régénération des couleurs se maintiendra. Suivant les conditions de conservation de l'œuvre, les couleurs pâliront certainement à nouveau à plus ou moins long terme.

Récapitulatif des avantages de la chambre d'humidification

1. La quantité d'humidité peut être contrôlée exactement.
2. L'humidité agit uniformément sur le papier. Elle ne mouille pas la surface de l'œuvre, mais pénètre les fibres du papier en profondeur et de manière régulière, évitant ainsi des tensions et des déformations.
3. Des tensions inégales et des déformations dans le papier peuvent être traitées pendant l'humidification.
4. Le traitement peut être interrompu à tout moment en cas de danger pour l'œuvre (migration des couleurs, etc.).
5. Les objets délicats (pastels ou autres couleurs contenant un faible pourcentage de liant) peuvent être gardés face en l'air pendant le traitement sans que la surface soit en contact avec quoi que ce soit. Ceci est également très appréciable pour des couches picturales contenant un fort pourcentage de liant.
6. L'œuvre peut être observée pendant le traitement à travers la porte vitrée.
7. Le dédoubleage (séparation d'un support auxiliaire) est une des interventions les plus importantes qui puissent être exécutées en toute sécurité à l'aide de la chambre d'humidification.

La Table à basse pression Lascaux

Dissolution d'une auréole

Lorsqu'une œuvre présente des taches solubles, il est possible de les dissoudre en les baignant ou en intervenant ponctuellement. Ces traitements sont toujours

envisagés et adaptés au cas par cas, suivant l'état de l'œuvre. Même si les traitements ponctuels semblent de prime abord moins drastiques, il ne faut pas oublier qu'une goutte d'eau déposée au centre d'une tache risque de former une auréole en diffusant les produits dissous vers les limites externes de la zone humidifiée. La table aspirante est un outil précieux qui permet de limiter ce risque.

Une tache se compose de matériaux plus ou moins solubles qui bouchent les pores du papier. Un solvant adéquat déposé à la surface du papier va se diffuser par capillarité, et solubiliser les produits constituant la tache. Le solvant va migrer dans toutes les dimensions de la feuille de papier, des parties humides vers les parties sèches, mais va très vite être bloqué dans la dimension verticale qui est bien inférieure à la dimension latérale. La stratification horizontale des fibres dans le papier favorise également cette diffusion latérale. Plus on continue à rajouter du solvant, plus celui-ci va dissoudre la tache, mais aussi se propager au-delà de la zone tachée. La goutte de solvant va d'abord sécher à sa périphérie car c'est dans cette région que la surface d'échange est la plus importante avec l'air, et les produits dissous vont rester là où le liquide les aura entraînés, en provoquant une auréole. Le choix d'un solvant n'est donc pas simplement lié à son aptitude à dissoudre une tache mais aussi à sa capacité à pénétrer dans le papier pour drainer les produits dissous et à s'évaporer rapidement pour ne pas provoquer d'auréole.

Action de la table aspirante sur la circulation d'un liquide dans le papier

Une œuvre déposée sur une table aspirante en fonctionnement se trouve à la limite de deux milieux dont les pressions sont différentes, car la pompe à vide crée une dépression dans la cuve de la table. L'air se déplace des régions de hautes pressions (pression atmosphérique) vers les régions de basses pressions (pompe à vide). Si l'on pratique un traitement aqueux ponctuel sur une œuvre, la pression de l'air extérieur va donc pousser le liquide à travers celle-ci vers la pompe à vide. Grâce à la table aspirante et à la force nécessairement appliquée sur le papier, le flux d'air va limiter la diffusion latérale du solvant et lui permettre de pénétrer dans les plus petits capillaires. Le risque de créer une auréole est fortement réduit car les produits à éliminer sont entraînés vers la table aspirante (à condition que la vitesse avec laquelle le solvant est déposé ne soit pas excessive).

Phénomènes de capillarité dans le papier

La propension d'un liquide à pénétrer dans le tissu fibreux du papier dépend de sa tension superficielle, de la pression atmosphérique et du diamètre des capillaires du papier. La mouillabilité d'un liquide vis-à-vis d'un papier quant à elle, peut varier grandement en

⁴ Cf. M.K. Weidner, 1993 et A.F. Maheux et W McWilliams, 1995.

fonction d'un encollage hydrophile ou hydrophobe mais plus la tension superficielle d'un fluide est grande, plus il aura tendance à se rassembler en goutte et plus difficilement il mouillera un solide. La diminution de la tension superficielle facilite le mouillage mais, d'après la loi de Jurin⁵, cela défavorise la migration capillaire. D'une manière assez logique, un flux d'air ou de liquide traverse un matériau poreux par les pores les plus larges préférentiellement, or selon Stefan Michalski, 90% de ce flux passerait à travers seulement 1% des pores du papier. Le papier serait donc constitué d'une très importante quantité de capillaires difficilement accessibles aux solvants. L'eau, en revanche, comme nous l'avons vu précédemment, en hydratant les régions amorphes, provoque un gonflement des fibres et écarte les chaînes ce qui permet d'hydrater des zones inaccessibles. Ce processus n'est pas instantané et le gonflement des fibres entraîne aussi un rétrécissement des capillaires, ce qui rend plus difficile la circulation de l'eau et surcomprime l'air se trouvant dans les plus petits capillaires. Grâce à la basse pression, le liquide se diffuse dans les plus gros pores mais il sera aussi poussé dans les capillaires les plus fins si la force de dépression est supérieure à la pression capillaire. La force de dépression exercée par une pompe à vide est de 30 mm Hg⁶. En général, le niveau de dépression nécessaire en fonction de la porosité des papiers se situe entre 7,5 et 25 mm Hg. Timothy Vitale donne une méthode afin de mesurer la porosité des papiers et une série de courbes permettant d'ajuster la puissance de dépression en fonction de la porosité du papier et de la tension superficielle du solvant utilisé. Plus la porosité sera élevée, moins la dépression nécessaire sera forte et plus le temps de traitement sera court. Le rôle des buvards ou papiers filtres que nous plaçons entre l'œuvre et la table aspirante est très important. Les buvards ne servent pas simplement à éviter que la structure de la plaque inox ne marque l'œuvre, mais surtout ils participent aux phénomènes de capillarité en «pompe» eux aussi les liquides et les produits de dégradation (à condition de les changer régulièrement dès qu'ils sont saturés). Les buvards intermédiaires agissent comme un matériau poreux de récupération des solvants ou de l'eau puis de transfert vers la table aspirante par évaporation. Cette évaporation est d'autant plus rapide que la pression régnant à l'intérieur de la cuve est inférieure à 1 atm. Afin de protéger le moteur de l'humidité il est recommandé d'utiliser un système de siphon entre la table et la pompe pour que la vapeur s'y condense.

5 Loi de Jurin: « La hauteur à laquelle s'élève un liquide dans un tube capillaire varie en raison inverse du rayon du tube à l'endroit où s'arrête le liquide et en proportion directe de la tension superficielle.»

6 30 mm Hg = 1 atmosphère = 1013 mbars = 1,033 kg/cm².

Le phénomène de l'évaporation de l'eau

L'état liquide est un état désordonné et condensé de la matière. L'état gazeux est lui aussi désordonné, mais non condensé. Il est directement influencé par la température et la pression: un gaz se dilate lorsqu'on élève sa température, et se condense lorsqu'on le comprime. Cela signifie qu'à quantité de matière égale, l'état gazeux possède une énergie plus grande que l'état liquide (énergie cinétique et énergie potentielle liée au travail nécessaire pour séparer les molécules). On peut caractériser un liquide par sa température d'ébullition à une pression donnée. Ainsi, à 1 atm, l'eau bout et s'évapore à une température constante de 100° C, mais sous une pression réduite cette température d'ébullition diminue elle aussi.

Le point d'ébullition entraîne le passage de l'état liquide à l'état gazeux par évaporation, mais l'évaporation intervient également à des températures inférieures à la température d'ébullition car, s'il existe un espace libre au-delà de la surface du liquide, il est toujours occupé par une quantité plus ou moins grande du gaz correspondant. Les molécules possédant une énergie cinétique suffisante peuvent s'échapper de la surface du liquide en s'évaporant. Un liquide peut être défini par sa tension de vapeur saturante car les liquides sont plus ou moins volatils. La vitesse d'évaporation d'un liquide dépend donc de plusieurs facteurs:

- de la tension de vapeur
- de la température qui peut limiter le refroidissement du liquide lors de l'évaporation et maintenir ainsi une valeur constante moyenne de l'énergie cinétique des molécules
- de la pression
- de la surface du liquide, car plus elle est grande et plus le nombre de molécules susceptibles de s'échapper en un temps donné est élevé
- de l'agitation de l'air, qui empêche l'accumulation de vapeur au voisinage du liquide et accélère sa dilution dans l'atmosphère, car il ne peut se produire de retours de molécules dans le liquide

Suivant la taille de la table aspirante, il existe deux modes d'aspiration: vertical ou latéral. Pour les grandes tables il est préférable que l'aspiration se fasse de manière latérale à la périphérie de la table. Ainsi, l'aspiration est mieux répartie et crée un mouvement d'air rasant qui va accélérer l'évaporation et faciliter le séchage du papier.

Remplacement de la plaque en aluminium par une plaque de polyéthylène poreux

En remplaçant la plaque aluminium perforée d'une table aspirante par une plaque de polyéthylène poreux les performances de cette table aspirante sont améliorées de manière sensible. La surface de cette plaque est beaucoup plus lisse que celle en inox, car la taille de ses pores est de 250 µm contre 1 mm pour les trous de la plaque inox. Comme nous l'avons vu précédemment, la vitesse d'évaporation dépend de la surfa-

ce du liquide, or cette «surface d'évaporation», ainsi que la quantité de liquide qu'elle peut absorber, est bien plus importante avec la plaque de polyéthylène qu'avec la plaque métallique. Lors d'une opération de pulpage, il suffit de laisser en marche la pompe à vide à une douzaine de secondes, car la succion exercée alors par la plaque de polyéthylène seule (la pompe à vide n'étant plus en fonction) reste suffisamment efficace. Réduire ainsi la durée de la pompe à vide en fonction est très important pour limiter le risque que les micro-particules polluantes qui se trouvent dans l'atmosphère ne viennent se fixer à la surface de l'œuvre (si l'on veut laisser sécher un dessin sur la table en fonctionnement, il est d'ailleurs préférable de le protéger par un GORE TEX® pour filtrer ces particules).

Transformation de la table aspirante en «table de dédoublement»

Comme l'a montré Marilyn Kemp Weidner⁷, la table à basse pression peut être très utile pour effectuer un dédoublement mais grâce à la plaque de polyéthylène, la table aspirante peut au également servir de «table de dédoublement». Nous avons vu qu'il est fréquemment nécessaire d'humidifier une œuvre lors d'un dédoublement de façon à ramollir la vieille colle afin de séparer l'œuvre de son papier de dédoublement. Ainsi, après avoir humidifié l'œuvre dans la chambre d'humidification, l'œuvre est déposée sur la table aspirante² dont la cuve a été préalablement raccordée à un humidificateur à ultrasons à la place de la pompe à vide. Le restaurateur dispose ainsi d'une surface de travail rigide, lisse et diffusant une vapeur qui maintient l'œuvre humide durant l'opération. La vapeur peut être concentrée au niveau de l'œuvre en plaçant une feuille de Hostaphan tout autour.

Olivier Masson

Restaurateur privé d'œuvres d'art sur papier
Zeltweg 40, CH-8032 Zurich

Valérie Luquet

Restauratrice privée d'œuvres d'art sur papier
12 place de la Libération, F-86310 Saint-Savin

Références bibliographiques

Caldaro (N.), "Tests on the effects of the use of ultrasound in the humidification of paper", *The Book and Paper Group Annual*, A.I.C.-B.P.G., 1992, pp. 1-20.
Cazey (J.), *Pulp and Paper*, New York, Interscience publishers, 2ème édition, 1960.
Boissonas (P.B.) et Percival-Prescott (W.), "Some alternatives to lining", *Preprints de la conférence de l'ICOM*, Copenhague, 1984.
Bartelt (E.), "Praktische Erfahrungen bei der Restaurie-

rung von Miniaturen", *Maltechnik-Restaur*, n° 2, 1980.
Futernick (R.), "Leaf casting on suction table", *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 22, n° 2, 1983, pp. 82-91.

Keyes (K.), "Japanese print conservation, an overview", *IIC Conference*, Kyoto, 1988.

Keyes (K.), "Some practical methods for the treatment with moisture of moisture-sensitive works on paper", *ext. de Conservation of historic and artistic work on paper*, congrès à Ottawa, 1988, pp. 99-107.

Luquet (V.), "Restauration du parchemin: comblage de lacunes avec du parchemin reconstitué", *mémoire de fin d'études*, Paris, ENP-IFROA, 1998 (consultable à la bibliothèque de l'IFROA et partiellement sur Internet: www.ifrance.com/2PG/extraitme.htm).

Maheux (A. F.), MacWilliams (W.), "The use of the ultrasonic mister for the consolidation of a flaking gouache painting on paper", *The Book and Paper Group Annual*, A.I.C.-B.P.G., vol. 14, 1995.

Masson (O.), Percival-Prescott (W.), "The use of the Lascaux humidification chamber in the treatment of works on paper", *Paper Conservation News*, n° 43, 1987, pp. 4-7.

Masson (O.), Percival-Prescott (W.), "L'Utilisation de la chambre d'humidification HC-5 pour le traitement d'œuvres sur papier", *extr. de Traitement des supports, travaux interdisciplinaires, Conservation-restauration des biens culturels, Journées d'études de l'A.R.A.A.F.U.*, Paris, 1989, pp. 207-212.

Michalski (S.), "Suction table, history and behaviour", *extr. de Preprints of the 9th annual meeting of the A.I.C.*, Washington, 1981, pp. 129-136.

Michalski (S.), "The suction table: a physical model", *extr. de Preprints of the 12th annual meeting of the A.I.C.*, Los Angeles, 1984, pp. 102-111.

Monier (V.), *Etude sur le séchage des papiers anciens*, *Mémoire de fin d'études*, Paris, I.F.R.O.A., 1992, (consultable à la bibliothèque de l'I.F.R.O.A.).

Perkinson (R.), "Design and construction of a suction table", *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 20, n° 1-2, fall 1980/spring 1981, pp. 36-40.

Purinton (N.), Filter (S.), "Gore-Tex: an introduction to the material and treatments", *The Book and Paper Group Annual of the A.I.C.*, vol. 11, 1992, pp. 141-155.

Vitale (T.), "Observations on the theory, use, and fabrication of the fritted glass bead, small suction disk device", *The Paper Conservator*, vol. 12, 1988, pp. 47-67.

Vitale (T.), "Effects of water on the mechanical properties of paper and their relationship to the treatment of paper", *extr. de Materials issues in art and archeology III, Materials research society symposium proceedings*, vol. 267, Pittsburgh, 1992, pp. 397-428.

Weidner (M. K.), "A vacuum table of use in conservation", *Bulletin of the American Institute for Conservation*, vol. 20, n° 1-2, 1974, pp. 115-122.

Weidner (M. K.), "The suction table: a ten year review

⁷ Cf. M.K. Weidner, 1985.

of its development", extr. de Preprints of the 12th annual meeting of the A.I.C., Los Angeles, 1984, pp. 94-101.

Weidner (M. K.), "Water treatments and their uses within a moisture chamber on the suction table", extr. de Preprints of the 13th annual meeting of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Los Angeles, 1985, pp. 127-139.

Weidner (M. K.), Zachary (S.), "The system: moisture chamber/suction table/ultrasonic humidifier/air filter", extr. de Congrès de l'American Institute for Conservation, 1988, pp. 109-115.

Weidner (M. K.), "Treatment of water sensitive and friable media using suction and ultrasonic mist", The Book and Paper Group Annual, A.I.C.-B.P.G., vol. 12, 1993, pp. 75-84.