

MARCEL CHÊNE

## **Recherches de chimie appliquée à la papeterie**

*Annales de l'université de Grenoble*, tome 23 (1947-1948), p. 451-461

[http://www.numdam.org/item?id=AUG\\_1947-1948\\_\\_23\\_\\_451\\_0](http://www.numdam.org/item?id=AUG_1947-1948__23__451_0)

© Annales de l'université de Grenoble, 1947-1948, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales de l'université de Grenoble » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

## RECHERCHES DE CHIMIE APPLIQUÉE A LA PAPETERIE

par Marcel CHÉNE (Grenoble).

---

Je me propose d'exposer brièvement les recherches poursuivies depuis plusieurs années à l'École Française de Papeterie sur le collage du papier, tout en faisant quelques remarques qui dépassent le cadre de l'industrie papetière. On a insisté bien des fois sur l'intérêt d'une liaison entre les laboratoires et l'usine ; à l'École de papeterie cette liaison existe et les laboratoires de recherches ont à étudier des sujets d'ordre pratique. Cet exposé montrera la nécessité, pour le chercheur qui s'occupe de science appliquée, de garder aussi un contact très intime avec la recherche théorique.

L'opération curieuse et délicate du collage a pour but de donner au papier une certaine imperméabilité et de le rendre apte à l'écriture, « amoureux de l'encre » disaient les vieux papetiers. On sait que la papeterie utilise deux appareils principaux : la pile hollandaise et la machine. Dans la pile on introduit les matériaux cellulosiques avec 10 ou 20 fois leur poids d'eau ; ils sont broyés entre un cylindre à lames d'acier ou de bronze et la platine, pourvue aussi de lames taillées dans un métal ou la lave. Suivant le temps de pilage, la construction et le réglage de l'appareil, les fibres traitées, les transformations physico-chimiques de la cellulose sont plus ou moins profondes. Les qualités de la feuille dépendent dans une très large mesure de ce raffinage de la pâte ; par exemple on pourra obtenir sur machine, grâce au travail de la pile, un buvard bouffant ou un papier dur, genre calque. Le raffinage confère au papier, au prix d'une grande dépense d'énergie, une certaine hydrophobie. Mais pour la plupart des papiers d'écriture et d'impression on procède au collage « dans la masse, » en ajoutant au contenu de la pile une dispersion de colophane et des sels convenables.

Il suffit de faibles quantités de résine, de l'ordre de 1 pour 100 de la cellulose, et dans cette dispersion où la concentration en colophane est souvent inférieure au 1/1 000, la quasi-totalité de la résine vient se fixer en quelques minutes sur les fibres, auxquelles elle reste unie malgré les quantités considérables d'eau ultérieurement ajoutée et le travail de la machine à papier. Celui-ci consiste essentiellement à feutrer sur toile les fibres, étonnamment diluées à la sortie des piles, puis à éliminer la plus grande partie de cette eau par égouttage, succion, compression, séchage. Le collage est délicat, devant s'adapter à une multitude de produits finis et à de grandes variations des conditions de fabrication : qualité des eaux, des fibres, des résines, des charges, vitesse des machines...

Dans les anciennes usines à papier on employait uniquement le collage à la gélatine « en surface », le colleur était un des compagnons les mieux payés, son travail étant plein d'aléas.

L'introduction du collage à la résine, fut un sérieux progrès, malgré des échecs assez fréquents et parfois inexplicables. Peu à peu les techniques de la préparation des dispersions d'acides résiniques et de leur emploi se perfectionnèrent ; des recherches théoriques aidant, la papeterie était arrivée à un procédé universellement employé, donnant satisfaction à bien des points de vue puisqu'il était admis que la question du collage était résolue, au moins pratiquement. Voici ce procédé : on choisit un « lait de colle », résinate alcalin ou émulsion d'acides résiniques dans un résinate, on l'ajoute après le raffinage, puis on introduit du sulfate d'alumine en quantités suffisantes pour que ses produits d'hydrolyse rendent le contenu de la pile nettement acide, le pH devant être compris entre 4,5 et 5 environ.

Je ne dirai que quelques mots des multiples théories du collage, elles ont utilisé plus ou moins heureusement les ressources de la science afin d'expliquer les phénomènes chimiques, l'adsorption, la non-mouillabilité. Pour les inventeurs du procédé, les frères ILLIG (1806), la résine dissoute dans la soude est précipitée sur les fibres par l'acidité du sulfate d'alumine. Comme on ne put remplacer le sulfate par un acide on admit, après les travaux de BERZELIUS sur la colophane, la précipitation de résinate d'alumine. Mais on ne tarda pas à affirmer qu'en milieu acide les résinates insolubles doivent être décomposés et se recouvrir de résine libre.

ORIOLI, fabricant à Pontcharra expliquait autrement le rôle du sulfate d'alumine : il se transforme en sulfate basique qui est le véri-

table agent de collage. Pour d'autres auteurs, l'hydrolyse du sulfate va jusqu'à la mise en liberté d'alumine.

A l'époque d'ORIOLI, WURSTER<sup>(1)</sup> publia un travail expérimental, dans lequel il remit au premier plan l'importance de la résine libre, travail qui conduisit SCHWALBE à admettre l'existence dans le bain de collage de particules de résines entourées d'une pellicule inorganique. L'utilisation de résinates alcalins, susceptibles de libérer par hydrolyse la résine à l'état finement divisé fut alors très en honneur.

Plus récemment B. WIEGER<sup>(2)</sup> apporta un fait nouveau : une dispersion mécanique de résine est impropre au collage, elle devient efficace si au moins 5 pour 100 des acides résiniques sont introduits à l'état de résinate alcalin. Cet auteur considérait que le collage résulte de la simple obstruction des capillaires du papier par des granules relativement gros. il introduisit dans la technique les dispersions mécaniques de résine maintenant très utilisées. A côté du rôle important qu'il fallut attribuer aux métaux alcalins apportés par les résinates, les théories chimiques durent tenir compte des sels dissous dans les eaux et du contenu minéral des fibres, car il a été démontré que les celluloses absorbent de l'aluminium et d'autres métaux en proportion de leur teneur en cendres.

Entre temps, les théories ioniques et la chimie colloïdale s'étaient développées. LORENTZ<sup>(3)</sup> appliquant leurs acquisitions au collage du papier, affirma que l'alumine joue le rôle d'un « ciment électro-positif », entre les fibres et la résine, colloïdes négatifs. A la suite des publications de Jean PERRIN sur le mécanisme de l'électrisation de contact et les solutions colloïdales, THIRIET et DELCROIX poursuivirent une série d'expériences, dont la conclusion est la suivante<sup>(4)</sup> : « Il existe un intervalle de  $pH$  dans lequel les charges de la cellulose et de la résine sont de signes contraires, il y a alors attraction entre la résine chargée positivement et la cellulose chargée négativement. En dehors de cet intervalle les charges des deux corps sont de même signe et il y a répulsion. » Le rôle du sulfate d'alumine qui, par hydrolyse donne de l'acide sulfurique est expliqué à la lumière de la théorie des ions. Un résultat appréciable de ces travaux fut la généralisation des mesures de  $pH$  pour

(1) WURSTER, *Le collage des papiers*, Paris (1878).

(2) WIEGER, *Paper Trade Journal*, août 1935.

(3) LORENTZ, *Le Papier*, 1923, p. 453 ; *Le Papier*, 1933, p. 53.

(4) THIRIET et DELCROIX, *Le Papier*, 1924, p. 911 ; *Le Papier*, 1925, p. 1231.

contrôler l'opération du collage. Mais OSTWALD ne tarda pas à donner une théorie différente de l'origine et du rôle des forces électrostatiques, le signe même des colloïdes dans l'intervalle de  $pH$  préconisé (4,5 à 5,0) ayant été contesté par LORENTZ puis par MICHAELIS. Le caractère amphotère de la cellulose fut discuté par divers auteurs qui démontrèrent que le point isoélectrique est différent suivant que la cellulose a été obtenue par les procédés acides ou les procédés alcalins,

Le mécanisme du mouillage de la cellulose et du cheminement capillaire des liquides dans le papier buvard, avait fait l'objet de divers travaux, auxquels j'ai pu apporter une contribution<sup>(5)</sup>; j'ai exposé ailleurs<sup>(6)</sup> leurs conclusions assez concordantes. Les contradictions réapparaissent dans l'explication de l'hydrophobie du papier collé: à l'opposé de WIEGER plusieurs auteurs admettent qu'un bon collage résulte de la fixation régulière sur les fibres de très petites particules solides; les bases expérimentales paraissent assez fragiles reposant sur des examens microscopiques que nous n'avons pu vérifier. L'emploi de moyens d'observation plus puissants, notamment du microscope électronique, devrait faire avancer nos connaissances à ce point de vue et l'étude des conditions de semi-mouillabilité du papier dans la voie tracée par DEVAUX<sup>(7)</sup>, pourrait réserver des surprises, puisqu'il suffit d'une couche monomoléculaire d'une substance hydrophobe pour faire disparaître la mouillabilité.

Les contradictions des théories s'expliquent par la complexité des phénomènes, SUTERMEISTER<sup>(8)</sup> énumère 23 facteurs intervenant dans le collage. Il est assez remarquable que le même procédé, dont le contrôle est simple, ait pu être appliqué à la plupart des fabrications. Le collage au  $pH$  4,5-5 était devenu une sorte de credo pour la papeterie, où tout fut organisé pour le travail en milieu acide, depuis les piles jusqu'aux appareils de récupération des fibres dans les eaux résiduaires.

\*  
\* \*

Il y a pourtant de sérieux inconvénients à fabriquer le papier en milieu acide. La corrosion des organes de machines, malgré un

<sup>(5)</sup> M. CHÈNE, *Conférence à la Maison de la Chimie*, 1943 (fascicule 1041).

<sup>(6)</sup> M. CHÈNE, *Procès-verbaux de la Société Scientifique du Dauphiné*, n° 177, octobre 1943.

<sup>(7)</sup> H. DEVAUX, *J. phys. et Rad.*, 1923, p. 293.

<sup>(8)</sup> SUTERMEISTER, *Am. Deyestuff Rep.*, 1924, p. 513.

large emploi de matériaux résistants : bronzes, aciers inoxydables, céramique, n'avait pas échappé aux papetiers. Mon attention fut attirée sur un inconvénient non moins grave — la possibilité d'attaquer les fibres — par les études sur la constitution et la structure de la cellulose. Ce chapitre de la science a pris un développement considérable, il suffit d'évoquer les longs travaux de l'École de Haworth, les séries de recherches de DESMAROUX et de ses collaborateurs ou de CHAMPETIER et de ses élèves, les études aux rayons X de MAYER et MARK, de M. MATHIEU, de FREY-WISLING... les mesures physico-chimiques des Écoles de STAUNDINGER ou de SWEDBERG, les observations microscopiques de BALLS, VIDAL... ou ultra-microscopiques comme celles de HESS. Il est maintenant généralement admis que la cellulose est une substance à molécules géantes, constituées de groupes anhydroglucoses réunis par des valences primaires. Des forces moins grandes relient transversalement les chaînes moléculaires et l'arrangement régulier des groupes glucoses dans certains domaines forme des cristallites, séparés par des régions amorphes. A leur tour les cristallites forment des fibrilles qui sont diversement et merveilleusement disposées dans les fibres. Les fibres offrent des résistances à la traction étonnantes, qui dépendent étroitement de la longueur des chaînes moléculaires. Or les acides étendus attaquent la cellulose, donnant des hydro-celluloses à chaînes plus ou moins courtes.

L'acidité du collage, à laquelle les papetiers attribuaient d'ailleurs l'altération lente de certains papiers, n'était-elle pas suffisante pour attaquer la cellulose et affaiblir par suite le papier dès la fabrication? L'examen des caractéristiques de feuilles collées montre des abaissements très notables de résistances à la traction, à l'éclatement, au pliage, à la déchirure, par rapport à des feuilles témoins sans collage. Ainsi, tandis que l'industrie des celluloses s'efforce, non sans difficultés, d'extraire les fibres végétales en conservant leur maximum de résistance, la papeterie avait été amenée à les traiter de telle sorte que leur affaiblissement se fait sentir sérieusement dans les qualités du papier. Je fus conduit à l'idée que le problème du collage n'était pas entièrement résolu, qu'il serait intéressant d'approfondir la connaissance des phénomènes et de faire varier les conditions de l'opération.

La première question à examiner me parut être celle du mouillage. Les fibres de cellulose bien purifiée sont mouillables par

l'eau<sup>(9)</sup>. La juxtaposition des éléments de la feuille de papier forme des canaux dont j'ai étudié la disposition, tandis que la structure des fibres et fibrilles conduit à considérer des canalicules beaucoup plus fins. Le cheminement capillaire des liquides s'effectue de proche en proche et rapidement dans les espaces extra-fibrillaires, puis il y a imbibition profonde et plus lente de la cellulose ; des mesures d'ascension capillaire m'ont permis de donner l'ordre de grandeur du diamètre moyen des canaux responsables du cheminement rapide de l'encre en surface et dans l'épaisseur des feuilles non collées<sup>(8)</sup>.

Par les dimensions de leurs micelles et leurs propriétés hydrophobes, d'autres colloïdes que la résine, notamment des colloïdes minéraux, semblaient devoir convenir pour coller le papier. J'ai essayé d'abord la silice, en raison d'un fait bien connu des analystes et sur lequel H. LE CHATELIER avait attiré l'attention : la difficulté de filtrer les solutions de silicates. L'emploi des solutions de silicates alcalins, d'ailleurs déjà utilisées en papeterie pour d'autres fins que le seul collage, ne me donna pas de résultats bien satisfaisants. Étudiant ensuite l'utilisation des aluminates solubles, j'ai constaté que leurs produits d'hydrolyse confèrent aux feuilles une hydrophobie notable. L'emploi simultané des silicates et des aluminates me donna, au laboratoire, des résultats intéressants. A l'époque de ces recherches, 1941-42, l'industrie française fut privée de résine par les réquisitions. Le procédé que j'avais étudié et que nous pûmes adapter à la fabrication industrielle<sup>(10)</sup> rendit des services aux papetiers.

Intéressants à bien des points de vue ces colloïdes minéraux ne donnaient cependant pas de très bon collages comme la résine, et notre procédé comportait encore le travail en milieu acide. Un de nos élèves étudiait les liqueurs résiduelles d'extraction de la cellulose par les procédés à la soude, que les grosses usines dessèchent en vue de récupérer l'alcali et de brûler la lignine, tandis que les usines plus modestes les rejettent dans les rivières. Ce sont des milieux riches en substances à l'état colloïdal, qui se montrèrent efficaces pour le collage mais ne pouvaient donner, utilisées à l'état brut, que des papiers très colorés. Les recherches furent dirigées vers l'étude de la coagulation par les sels minéraux et de la rétention par la cellulose des produits coagulés. Deux sels se montrèrent

(9) J. E. FOOTE, *Paper Trade J.* 109, 14, 1939, p. 40.

(10) M. ARIBERT et M. CHÈNE, *Le Papier*, 1941, n° 10, p. 275.

particulièrement actifs : le chlorure de calcium pour la coagulation, l'aluminate de sodium pour la fixation sur les fibres, en milieu alcalin. Cette fixation de colloïdes sur la cellulose, *en milieu alcalin*, m'apparut comme un résultat important et je fis étudier l'emploi de la résine papetière dans les mêmes conditions. Nos essais furent assez heureux pour aboutir à un nouveau procédé de collage en milieu alcalin. Je le publiai immédiatement <sup>(11)</sup> car il permettait des économies de résine ; son étude détaillée devait faire l'objet de la thèse de R. PETERI <sup>(12)</sup>. Il consiste à ajouter dans les piles de l'aluminate de sodium, de la colophane sous les formes habituelles à la papeterie puis des sels alcalino-terreux.

Le procédé n'est pas coûteux, il donne des papiers neutres ou légèrement alcalins, nettement plus résistants que les papiers acides collés par la méthode courante ; il est utilisable avec les eaux très dures, il permet l'emploi de charges et autres produits attaqués par les acides. En milieu alcalin, le raffinage est accéléré. Des papetiers nous demandèrent des essais industriels qui donnèrent satisfaction. Au point de vue de la production chimique la substitution de l'aluminate de soude au sulfate d'alumine présentait pour notre industrie le grand intérêt d'économiser l'acide sulfurique donc le soufre d'importation et nous fûmes largement aidés par les Sociétés chimiques pour diffuser le procédé.

Cette diffusion rencontra des difficultés dont les plus grandes furent la pénurie extrême dans laquelle nos industries se trouvaient placées vers 1943 ; la lutte contre des difficultés majeures reléguait au second plan l'amélioration des procédés de collage. L'attention des papetiers français était cependant attirée sur l'emploi des aluminates et la possibilité de coller à des *pH* élevés.

Ici je dois ouvrir une parenthèse, dont on pourra tirer des remarques sur le rôle de la bibliographie dans la recherche. Nos travaux de laboratoire sur le collage alcalin furent effectués en 1942-43 ; on n'a pas oublié dans quelles conditions il fallait travailler à cette époque, les échanges de correspondance notamment étaient très difficiles à l'intérieur de la France et inexistantes avec l'étranger. Nous ne pûmes faire qu'une bibliographie très incomplète et nous n'eûmes connaissance de travaux américains antérieurs sur l'emploi de l'aluminate de soude que plus tard. Leurs

<sup>(11)</sup> M. CHÈNE, *Collage en milieu alcalin. Chimie et Industrie*, 50-1-43, p. 16. *Le Papier*, octobre 1943, p. 257.

<sup>(12)</sup> R. PETERI, *Contribution à l'étude de l'encollage*, en cours de publication.

conclusions étaient assez différentes des nôtres : ils considéraient l'aluminate comme un adjuvant du sulfate d'alumine, à introduire en fin de collage pour amener le  $pH$  à des valeurs comprises entre 5 et 6. L'introduction d'aluminate au début de la fabrication, qui est ensuite conduite entièrement en milieu légèrement alcalin, était plus audacieuse et R. PETERI a montré que les phénomènes chimiques dans la pile sont bien différents dans les deux procédés. Le sulfate d'alumine forme en milieu acide une série de sulfates basiques qui s'unissent à la cellulose avant de fixer la résine, tandis que dans le collage alcalin les produits d'hydrolyse de l'aluminate donnent avec la résine des complexes qui se fixent sur les fibres. Notre procédé parut même un peu trop audacieux, spécialement par l'emploi de sels de calcium solubles, les eaux dures étant considérées comme un obstacle au collage. Les  $pH$  supérieurs à 7 ne conviennent d'ailleurs pas à toutes les fabrications et nous eûmes notamment quelques difficultés à la récupération dans certains décanteurs.

Dans l'étude de l'évolution des liqueurs noires au contact des fibres nous avons vérifié que les sels alcalino-terreux peuvent être remplacés par d'autres électrolytes et notamment par le sulfate d'alumine, si familier aux papetiers. Des essais de laboratoire montrèrent que ce remplacement pouvait permettre d'assouplir notre procédé tout en utilisant les possibilités qu'offre l'emploi des aluminates. Je fus conduit à une méthode de collage qui diffère peu, en apparence, du procédé habituel et qui n'offre pas ses inconvénients. Elle consiste à introduire au moment du chargement des piles un peu d'aluminate, qui se dissout et s'hydrolyse rapidement rendant le milieu alcalin, puis après le raffinage et comme dans le procédé courant, la résine, enfin du sulfate d'alumine en faibles quantités pour amener le  $pH$  entre 6,5 et 7,2 suivant les cas. Après une vingtaine d'essais industriels, dont certains furent poursuivis pendant 6 mois, dans sept papeteries différentes, travaillant dans les conditions les plus diverses, je publiai la méthode et ses résultats<sup>(13)</sup>. Le succès fut net en France et dans certains pays étrangers, et la méthode fut adoptée par plusieurs usines tandis que nombre d'autres effectuaient des essais. Au Congrès de Chimie Industrielle de 1946 je pus faire connaître<sup>(14)</sup> les résultats satisfaisants obtenus par les papetiers qui avaient utilisé la méthode depuis près de deux ans et au Congrès

<sup>(13)</sup> M. CHÈNE, *La Papeterie*, n° 7, 1945, p. 186.

<sup>(14)</sup> M. CHÈNE, Communication au 20<sup>e</sup> Congrès de Ch. Ind. Section 14. Paris, 1946.

de l'Association des Techniciens de l'Industrie Papetière tenu en 1947 je disposai d'un ensemble de résultats industriels comparatifs montrant le rôle néfaste de l'acidité sur les qualités des papiers et cartons et les améliorations des qualités des feuilles que permet d'obtenir le collage à des  $pH$  élevés<sup>(15)</sup>. Un exemple suffit à en donner une idée. Un papier Afnor 111/2 fut collé au  $pH$  5 en pile, puis, dans une seconde fabrication, au  $pH$  7, les autres conditions restant inchangées. L'augmentation de la longueur de rupture fut de 20 pour 100 (c'est la longueur d'une feuille de papier qui se romprait sous son poids — expression de la charge de rupture qui tient compte de l'épaisseur de la feuille), celle de la résistance au pliage de plus de 100 pour 100. Après un étuvage de 72 heures, considéré comme équivalent à un vieillissement de plusieurs décades, les chutes de résistance au pliage furent respectivement de 25 pour 100 et 10 pour 100.

Il n'est pas sans intérêt de comparer ces résultats avec ceux qu'avaient obtenus des auteurs anglais<sup>(16)</sup> dans le domaine des textiles. Ils préparaient des hydrocelluloses par deux méthodes, trempage du coton dans des acides étendus ou action de la chaleur sur du coton imprégné de petites quantités d'acides et étudiaient l'affaiblissement des fils et des étoffes. Dans la fabrication du papier collé en milieu acide on produit successivement ces deux sortes d'attaque des fibres celluloses : « plongée acide » dans les piles, chauffage de la feuille encore imprégnée des acides d'hydrolyse du sulfate à la sécherie. Par coïncidence les conditions expérimentales de certaines expériences de BIRTWELL, CLIBBENS et GEACKE : concentration de l'acide sulfurique, rapport des poids de solutions et de fibres, températures, sont voisines de celles qui se trouvent réalisées au cours de la fabrication du papier. Les chutes des caractéristiques de leurs étoffes et fils de coton sont du même ordre que celles que nous avons notées pour les papiers.

Quant aux conclusions concernant le vieillissement des papiers acides elles trouvent une confirmation autorisée dans une communication faite par l'ingénieur suédois, GOSTA HALL<sup>(17)</sup>. Commentant les études faites pendant la guerre sur la permanence des papiers et cartons il écrit : « L'alun (sulfate d'alumine) ou plus exactement l'acidité

<sup>(15)</sup> M. CHÈNE, Communication au Congrès de l'A. T. I. P. Paris, 1947.

<sup>(16)</sup> C. BIRTWELL, D. A. CLIBBENS, A. GEACKE, *British Cotton Ind. Research Assoc.*, 1925. *J. Text. Inst.* 1926-17-145.

causée par l'alun ajouté pour le collage s'est montré l'ennemi n° 1 de la permanence des papiers. Plus la quantité d'alun était grande plus le papier se détériorait rapidement. »

Nous pensons avoir fourni à la papeterie, par l'emploi d'un peu d'aluminate de soude au début de la fabrication une méthode qui permet de lutter fort simplement contre l'acidité du papier, tout en présentant d'autres avantages.

\*  
\* \*

Je vais dire quelques mots d'une autre recherche, qui se relie directement aux précédentes, et qui nous a déjà donné des résultats au laboratoire; elle concerne l'emploi de résines synthétiques. Ces produits permettent notamment de fabriquer des papiers et cartons présentant de très bonnes caractéristiques à l'état sec et une extraordinaire résistance à l'état mouillé; cartes qui résistent à la pluie, emballages cartons qu'on peut laisser séjourner dans l'eau, nappes, serviettes de toilette, etc... En outre, l'emploi de telles résines dans certaines sortes courantes donne la possibilité de réduire le poids des papiers et d'utiliser des fibres moins chères, donc de réaliser des économies de cellulose, matériau dont la pénurie se fait durement sentir en France.

L'emploi en papeterie des résines obtenues par condensation de la mélamine (triamide cyanurique, dérivée de la cyanamide) avec la formaldéhyde (il y a formation de triméthylolmélamine) a été mis au point par une Société suisse. Ces résines se polymérisent en donnant des édifices moléculaires à trois dimensions, sortes de réseaux auxquels on peut attribuer la grande résistance à l'état mouillé des papiers. D'après les brevets qui en protègent l'emploi on doit les ajouter, convenablement polymérisées en milieu aqueux, dans les piles, avant d'introduire la colle résineuse habituelle, puis du sulfate d'alumine pour amener le pH vers 4,5. Des auteurs américains signalent que les résistances des papiers diminuent si on élève le pH en pile<sup>(17)</sup>.

Il me parut intéressant d'essayer avec les résines synthétiques, de travailler en milieu neutre ou alcalin et d'utiliser les résultats que nous avaient donnés, avec d'autres colloïdes, les sels alcalino-terreux

(17) GOSTA HALL, *Svensk Pap. Tid.*, n° spécial, 1946.

(18) G. G. LANDES et C. S. MAXWELL, Meeting T. A. P. I., février 1945.

et les aluminates solubles. Les acides, produisant, dans les conditions de la fabrication du papier une dépolymérisation de la cellulose, qui n'exclut d'ailleurs pas un affaiblissement des liaisons entre chaînes, d'autres hauts polymères peuvent être sensibles aux mêmes actions. Nos essais de laboratoire montrent qu'il doit bien en être ainsi pour diverses résines synthétiques et spécialement pour les résines de triméthylolmélamine. Nous avons fabriqué, avec les pâtes cellulosiques les plus variées, des feuilles témoins collées ou non à la colophane, des feuilles traitées à la résine de mélamine suivant le procédé préconisé par les Suisses et les Américains et par ailleurs des feuilles préparées avec addition de résines synthétiques et de sels alcalino-terreux collées ou non suivant la méthode à l'aluminate. L'avantage de travailler au  $pH7$  s'est révélé considérable; dans les conditions de nos essais les accroissements de longueur de rupture des feuilles ont dépassé largement 20 pour 100 à l'état sec ou mouillé, les résistances au pliage ont atteint des valeurs étonnantes, surtout après addition de sels alcalino-terreux. Ces résultats s'interprètent en admettant que l'acidité affecte les macro-molécules de cellulose et aussi celles de la résine synthétique, et que les sels alcalino-terreux jouent un rôle dans la polymérisation et le durcissement de la résine. Nous allons essayer de vérifier nos essais à l'échelle industrielle. Outre leur intérêt pratique, ils posent des problèmes théoriques concernant les hauts polymères synthétiques.

Il serait certes très exagéré de conclure qu'il suffit de prendre le contre-pied de certaines idées admises dans la technique pour engager des recherches appliquées. Contentons-nous de réaffirmer qu'il n'y a pas de frontières entre la science appliquée et la science pure.

(Parvenu aux Annales le 25 septembre 1947.)

---