

Atelier scientifique MPS – L'analyse chimique – Partie 2 Préparation d'une colle – Séance 1

1 Préparation d'une colle

1.1 Une colle à partir de lait

Rappel : un adhésif doit mouiller les surfaces en contact, se solidifier et pouvoir supporter les tensions.

Pour préparer notre colle, le *principe actif* choisi ici est la caséine. La caséine est la protéine principale du lait. Les ions hydroxyde réagissent avec la caséine pour former les ions caséinate. Dans l'eau, le caséinate de sodium est dans l'état *colloïdal* : des particules solides dispersées dans un liquide, ici l'eau.

Si ensuite on remplace les ions sodium par des ions calcium, l'état physique du caséinate de calcium est différent : le solvant (eau) est dispersé dans un réseau solide.

1.2 Extraction de la caséine du lait

Nota bene : la seconde partie de la manipulation « Préparation de la colle » peut être débutée avant la fin des manipulations de cette première partie.

- Chauffer du lait à 40 °C. Placer 75 mL de ce lait chaud dans un grand bécher. Placer le tout sur un agitateur magnétique.
- À l'aide de l'éprouvette graduée, verser 3 mL d'acide acétique jusqu'à ce que le lait caille. Attention, précautions d'usage lors de la manipulation de l'acide !
- Vérifier alors le pH à l'aide du papier pH. Si le pH n'est

en dessous de 4,6, ajouter encore de l'acide éthanóique. Noter le résultat sur le compte-rendu.

- Filtrer la solution hétérogène sur un entonnoir simple muni d'un grand filtre. Récupérer le caillé dans un bécher.
- Ajouter alors 10 mL d'acétone au caillé. Agiter et essorer sur filtre büchner. Sécher sur papier absorbant.

1.3 Préparation de la colle

- Préparer deux petits morceaux carrés de carton de 5 cm de côté environ (deux morceaux chacun). Écrire votre nom et votre numéro de table sur l'un des morceaux.
- Dans un bécher, mélanger $m = 1,5$ g d'hydroxyde de calcium, $m' = 0,7$ g de carbonate de sodium et $m'' = 7$ g de caillé (formé principalement de caséine) obtenu lors des manipulations précédentes. Agiter jusqu'à obtention d'une pâte homogène, en ajoutant éventuellement de l'eau si besoin.

Remarque : on peut réaliser un mélange avec d'autres masses, l'essentiel est de respecter les proportions de chaque constituant !

- Réaliser un essai de collage avec les deux morceaux de carton. Joindre le résultat au compte-rendu.

Remarque : si le mélange n'a pas été réalisé correctement à la question précédente, il reste des grumeaux et la colle met du temps à sécher !

2 Réaliser un bon collage

2.1 Situation problème

« Dès l'âge de pierre, colles et adhésifs sont utilisés pour des décorations et pour sceller des contenants. Ils sont constitués de matière animale ou végétale, comme la colle d'os et de caséine, ainsi que de goudron, de poix ou de cire.

De nos jours, il existe une multitude de colles de compositions chimiques différentes : cyanoacrylate, époxydique, vinylique, etc., chacune étant plus ou moins bien adaptée à l'assemblage de matériaux spécifiques (bois, métal, verre, plastique, etc.) et à un usage particulier (décoration, sollicitation mécanique, immersion dans un liquide,

etc.). Ainsi, on n'utilisera pas la même colle pour recoller convenablement un vase brisé ou une semelle de chaussure. »

2.2 Analyse

Plusieurs mécanismes peuvent expliquer le phénomène d'adhésion :

L'adhésion mécanique La colle pénètre dans les aspérités du matériau, donnant lieu à plusieurs points d'ancrage mécanique après solidification. L'efficacité de cette adhésion dépend de la rugosité du matériau.

L'adhésion chimique Il peut se former, à l'interface colle/matériaux, des liaisons covalentes ou de type ionique lors de réactions chimiques.

L'adhésion par diffusion Il y a inter diffusion entre les deux surfaces : cela suppose la solubilité mutuelle des matériaux en contact. Ainsi, si adhésif et matériaux à coller sont composés de polymères compatibles, les chaînes macromoléculaires de l'adhésif vont diffuser à l'interface du matériau selon un mécanisme appelé reptation.

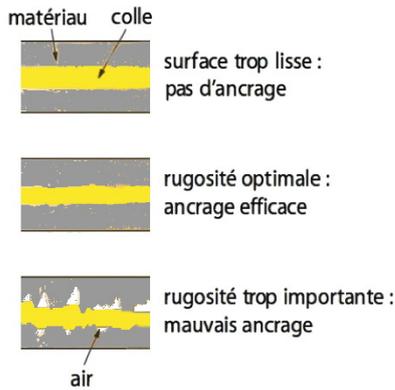


FIG. 1 – Influence de la rugosité sur l'adhésion.



FIG. 2 – Inter diffusion de polymères.

L'adhésion physique Dans tous les cas, l'adhésif crée des liaisons électrostatiques intermoléculaires de type interactions de Van der Waals avec le matériau. Elles sont traduites par l'aptitude de l'adhésif à mouiller le matériau : l'adhésif doit pouvoir s'étaler, occuper la plus grande surface possible sur le substrat. Cet étalement est évalué par l'angle de contact θ_c , défini sur ci-dessous.

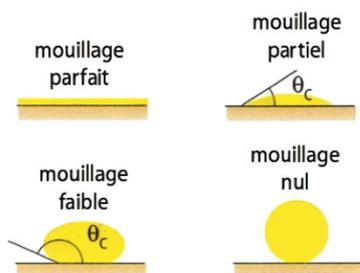


FIG. 3 – Différents cas de mouillage d'un liquide sur un matériau solide en fonction de l'angle de contact (ou angle de mouillage) θ_c .

2.3 Questions

a. Qu'est-ce qu'une liaison covalente ? ionique ? De Van der Waals ?

.....

b. Parmi ces liaisons, quelles sont les moins « solides » ?

.....

 c. Peut-on en conclure que l'adhésion physique a moins d'importance dans le collage que l'adhésion chimique ?

.....
 d. Pourquoi est-il souhaitable de poncer les matériaux avant assemblage ?

.....

e. Qu'est-ce qu'un polymère ?

.....

f. Pour avoir un bon mouillage, l'angle de contact doit-il être plutôt de 10° ou de 80° ?

.....

g. Conclusion : existe-t-il des colles capables de coller tous les matériaux ?

.....

h. Chercher dans une encyclopédie des informations sur les notions listées (niveau scientifique minimum « Seconde » s'il-vous plaît).

Formulation

.....

État colloïdal

.....

Chaux vive

.....

Chaux éteinte

.....

Caillé du lait

.....

Protéine du lait

.....

Colle

.....

i. Écrire les formules chimiques des espèces listées

Oxyde de calcium

Hydroxyde de calcium

Carbonate de calcium

Carbonate de sodium.

j. Pourquoi trouve-t-on le nom de « chaux éteinte » pour l'hydroxyde de calcium ?

.....

.....

.....

k. Le cahier des charges précise : « un adhésif doit mouiller les surfaces en contact, se solidifier... ». À l'aide des explications données en introduction, expliquer comment la caséine de calcium mouille les surfaces à coller, et comment on arrive à une solidification relativement rapide.

.....

.....

.....

.....

Réponses

a. Qu'est-ce qu'une liaison covalente ? Ionique ? De Van der Waals ?

b. Parmi ces liaisons, quelles sont les moins « solides » ?

c. Peut-on en conclure que l'adhésion physique a moins d'importance dans le collage que l'adhésion chimique ?

d. Pourquoi est-il souhaitable de poncer les matériaux avant assemblage ?

Afin de réaliser le bon état de surface : ni trop rugueux, ni pas assez (voir la figure 1).

e. Qu'est-ce qu'un polymère ?

Une macromolécule formée par l'assemblage ou répétition d'une molécule de base, appelée monomère.

f. Pour avoir un bon mouillage, l'angle de contact doit-il être plutôt de 10 °C ou de 80 °C ?

Plutôt 10 °C.

g. Conclusion : existe-t-il des colles capables de coller tous les matériaux ?

Non !

h. Chercher dans une encyclopédie des informations sur les notions suivantes : formulation, état colloïdal, chaux vive, chaux éteinte, caillé du lait, protéine du lait, colle. En déduire, pour chaque, une courte définition (niveau scientifique minimum « Seconde » s'il-vous plaît).

Formulation Nature et proportions des différents ingrédients qui rentrent dans la composition d'un produit prêt à être commercialisé.

État colloïdal État de dispersion de la matière au sein d'un liquide, caractérisé par des granules de dimension moyenne comprise en 0,2 et 0,002 micron.

Chaux vive La chaux vive est la chaux sortie du four à chaux. Le principal constituant de la chaux vive est l'oxyde de calcium.

Chaux éteinte La chaux éteinte est obtenue par la réaction de la chaux vive avec de l'eau. Elle est constituée principalement d'hydroxyde de calcium.

Caillé du lait Le caillé est un produit solide issu du lait par précipitation de ses caséines sous l'effet d'une substance acide. C'est l'état premier de tout fromage. La partie liquide restante est le lactosérum ou « petit-lait ». La transformation du lait en caillé est appelée « coagulation » ou « caillage ». En laiterie, le caillage du lait est habituellement obtenu par ajout de présure. Mais tout acide, comme le jus de citron ou le vinaigre, est susceptible de l'entraîner.

Protéine du lait Les protéines du lait de vache sont composées à 80 % de caséine, une protéine susceptible de coaguler en milieu acide. C'est le matériau de base du vivant.

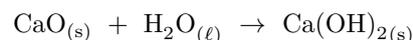
Colle Le mot « colle » est utilisé pour désigner les substances que l'on étend entre deux surfaces pour les faire adhérer l'une à l'autre.

i. Écrire les formules chimiques de l'oxyde de calcium, de l'hydroxyde de calcium, du carbonate de calcium, et du carbonate de sodium.



j. Pourquoi trouve-t-on le nom de « chaux éteinte » pour l'hydroxyde de calcium ?

La chaux vive correspond à la formule moléculaire $\text{CaO}_{(s)}$; cette espèce chimique est très réactive et « brûle » la peau si on la manipule sans gants. On « l'éteint » avec de l'eau pour former $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$, espèce chimique beaucoup moins réactive :



k. Le cahier des charges précise : « un adhésif doit mouiller les surfaces en contact, se solidifier... ». À l'aide des explications données en introduction, expliquer comment la caséine de calcium mouille les surfaces à coller, et comment on arrive à une solidification relativement rapide.

Dans le lait, les protéines sont de longues molécules. Par acidification, ces molécules sont dénaturées, un groupe acide s'accrochant à ces protéines. À cause de lui, les protéines s'accrochent entre elles et font des grumeaux : la caséine.

Le mélange préparé contient la caséine, l'hydroxyde de calcium et le carbonate de sodium. Les ions OH^- libérés par l'hydroxyde de calcium neutralisent l'acidification subie par les protéines, la caséine se transforme en caséinate. Le caséinate de sodium est en forme dispersée dans de l'eau liquide : les grumeaux redeviennent alors liquides, les parois sont donc mouillées. Les ions calcium remplacent les ions sodium ; dans le caséinate de calcium, les molécules d'eau sont progressivement piégées, car les protéines sont très entremêlées : la colle se solidifie et devient collante.

l. Donner la formule de la colle après séchage.

