

CHAP 11-ACT DOC & EXP- 2 heures de colles !

Colles et adhésifs, objets incontournables de notre quotidien, sont au cœur d'une vaste problématique scientifique concernant la compréhension des mécanismes d'adhésion. **Corrigé** Comment ça marche ?

1/ Etude de documents texte et vidéo.1/ Théorie de l'adhésion.

D'après Wikipédia



Plusieurs modèles ont été imaginés pour expliquer le fonctionnement de la colle. Aucun n'explique entièrement le phénomène, et il est probable que plusieurs coexistent. Le phénomène est appelé **adhésion**.

Les principales théories sur l'adhésion, dans le cas d'un adhésif, peuvent être regroupées en deux catégories : l'adhésion physico-chimique et l'adhésion mécanique.



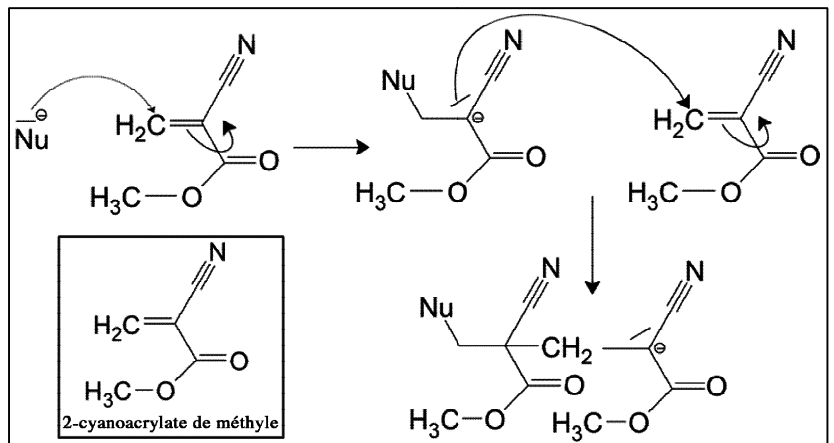
Les différentes théories

Adhésion physico-chimique	Adhésion mécanique
Création de liaisons entre adhésif et matériau : <ul style="list-style-type: none"> • Covalentes (centaine de kJ / mol) • Electrostatiques (variable) • Hydrogène (10 à 20 kJ / mol) • De Van der Waals (< 10 kJ / mol) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancrage mécanique (selon la rugosité du matériau) • Mouillage de l'adhésif sur le matériau (qui entraîne une plus grande surface de contact) • Inter-diffusion des polymères (dans le cas d'une colle polymère)

On peut définir le collage comme le procédé permettant de maintenir de façon durable et solide deux substrats entre eux. La liaison entre ces deux supports est alors d'origine chimique, et non mécanique.

Exemple : les cyanoacrylates.

Il polymérise rapidement en présence d'anions ($\overline{\text{Nu}}^\ominus$ = nucléophile). La polymérisation anionique démarre le plus souvent grâce à l'humidité naturellement présente sur les substrats, bien que dans certains rares cas, un amorceur anionique (ion hydroxyde, amines, alcools, etc) puisse être utilisé. Dans ce cas précis, l'humidité suffit à amorcer la polymérisation, l'intermédiaire réactionnel étant stabilisé par la présence du groupement carbonyle et du groupement cyano en position alpha du carbanion. Lors de la polymérisation, il y a formation de longues et solides chaînes polaires.

2/ Vidéo « La colle » (15 min).

http://videothèque.cnrs.fr/index.php?urlaction=doc&id_doc=2268

CNRS Images – Bordeaux 1.

3/ Pourquoi la colle colle ... ???

Julie Foulquier MFI HEBDO / Science Technologie 19/08/2005 rfi.fr

Coller, c'est appliquer sur la surface de deux éléments solides un produit fluide qui, en durcissant, va assurer une liaison forte et stable entre les matériaux que l'on veut assembler. A condition d'avoir choisi la colle appropriée !



Lors de l'application de la colle sur les surfaces qu'on désire sceller, la colle pénètre par capillarité dans les pores et les aspérités des matériaux qu'on s'apprête à fixer entre eux. Elle forme alors un ruban fluide dont les tentacules vont, dès que la colle aura durci,

maintenir les deux pièces à coller en un contact intime. Impossible de dissocier les éléments joints... sauf si la pénétration de la colle dans les matériaux n'a pas été suffisante. Car, pour obtenir la meilleure résistance possible à l'arrachement, il faut que la colle, en s'infiltrant partout, ait réussi à augmenter la surface réelle de contact entre les deux éléments voués à l'union. Une bonne répartition de la colle peut permettre de doubler cette surface !

Il faut que la colle mouille.

La première qualité de la colle est donc de bien s'étaler. Mieux elle y parvient, moins elle emprisonnera de bulles d'air restant coincées, elles seront sous pression et pourraient être à l'origine d'un décollement. Voilà pourquoi il faut que la colle mouille. Ainsi elle se répartit au mieux et, en séchant, va former des sortes de crochets sur les deux surfaces à coller. Ces crochets vont s'imbriquer et tenir solidaires les différentes parties à sceller. Plus cet ancrage est profond, plus il compte de points d'appui, plus le collage est réussi. C'est pourquoi la rugosité des matériaux à coller doit être régulière. Si des écarts trop importants se forment, les risques de créer des poches d'air augmentent. En fait, la colle réalise un ancrage mécanique à travers des liaisons chimiques qu'elle installe avec les solides à assembler. Ces liaisons sont de deux types : l'un appelé covalent, l'autre ionique. Dans la liaison covalente, les atomes de colle partagent certains de leurs électrons avec ceux du matériau. Ainsi pour les métaux, les colles dites « époxy » attaquent chimiquement la surface, créant des liaisons covalentes. La liaison ionique, elle, s'établit quand deux atomes de charge électrique opposée s'attirent. C'est le type de liaison qu'utilise la simple colle blanche pour faire tenir deux feuilles de papier entre elles ; il en va de même pour l'assemblage du carton et du bois.



A chaque matériau son mode de collage.

Comment assembler deux matériaux polymères, appelés plus simplement plastiques ? Pour être efficaces, les colles utilisées doivent être formées des mêmes molécules que celles des polymères à joindre. Sous une forme liquide, les molécules de la colle pénètrent dans les deux solides, se mêlent à eux et réagissent avec leurs molécules pour former de nouvelles chaînes moléculaires. Le phénomène permet de faire passer ces chaînes d'un solide à l'autre, le tout formant alors un maillage très résistant. Quant à la super glue, révolution moderne de la colle, elle fait appel à un ingrédient appelé cyanoacrylate. Cette molécule a la propriété de se figer en présence de molécules d'eau. Et de l'eau, on en trouve... sur toutes les surfaces ! Voilà comment elle parvient à souder deux solides, mais aussi les doigts, toujours imprégnés de sueur, si on n'y prend pas garde !



4/ Résumé.

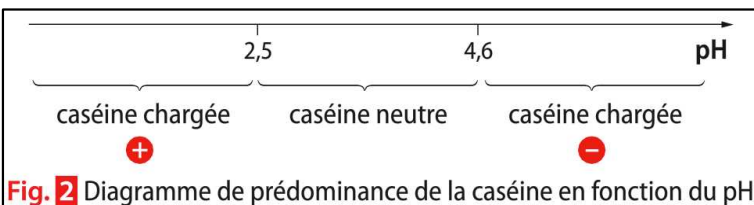
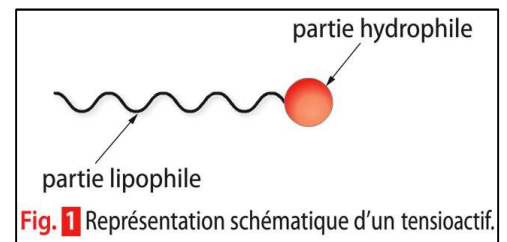
Faire un bilan sur le phénomène d'adhésion.

	Colles « ordinaires »	Colles polymères
Conditions pour un bon collage	Surfaces lisses, ou bien « remplies » (pression) ; Solidification de la colle.	
Matériaux concernés	Papier, carton, bois, métal, ...	Plastiques (polymères), ...
Type de collage	Ancrage mécanique et chimique.	Ancrage chimique essentiellement.
Déroutement du collage	Liaisons covalentes (fortes), ioniques, ... entre matériau et colle.	Réaction de polymérisation entre les molécules de la colle elles-mêmes et avec les molécules du matériau (polymères aussi). $n \text{ monomères} \xrightarrow{\text{polymérisation}} \text{---(monomère)}_n\text{---}$

II/ Expérimentation : fabriquer une colle à partir du lait.

1/ Principe.

Le lait est un mélange complexe et instable d'eau (87 %) et de nutriments (13 %), constitués de lipides, de protéines, de glucides et de matière saline. Les protéines les plus abondantes dans le lait sont les caséines. Ce sont des macromolécules composées d'une longue chaîne carbonée et azotée dit lipophile, car peu soluble dans l'eau et possédant une affinité pour les graisses, et d'un bout de chaîne dit hydrophile, car soluble dans l'eau. On dit que la caséine est **amphiphile** ou encore que c'est un tensioactif (Fig. 1).

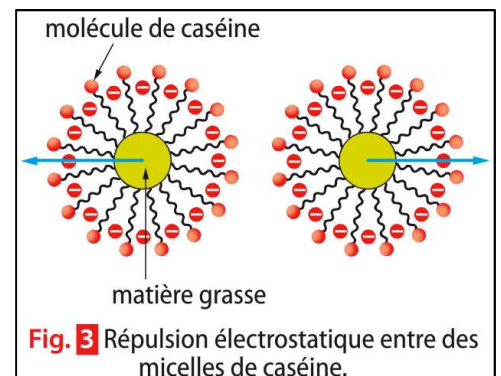


La charge de la caséine varie avec le pH (Fig. 2). Ainsi, pour un pH supérieur à 4,6, la caséine est globalement chargée négativement.

Dans le lait bien conservé, le pH est égal à 6,5 : les matières grasses (lipides insolubles dans l'eau) s'entourent de molécules de caséine, dont la partie lipophile baigne dans la matière grasse et la partie hydrophile baigne dans l'eau. Il se forme ainsi des micelles, constituées de gouttelettes de matière grasse entourées de molécules de caséine. Le lait est une émulsion.

La couche externe des micelles étant négative, ces dernières se repoussent entre elles (Fig. 3), ce qui empêche la précipitation des matières grasses. En faisant varier le pH du lait, on diminue la répulsion électrostatique entre micelles, et on peut ainsi provoquer leur précipitation sous forme d'un coagulum de matière grasse et de caséine : le caillé.

Déarrassé des matières grasses qu'il contient, le caillé est l'ingrédient principal d'une colle : la colle à la caséine.



2/ Mise en œuvre au laboratoire.

1. Expliquer les termes lipophile et hydrophile.

Lipophile : qui aime les graisses (pas l'eau) ; Hydrophile : qui aime l'eau (pas les graisses).

► Utiliser un pH-mètre (ou papier pH) pour mesurer le pH du lait. pH = 6,5

2.a) D'après la valeur de pH mesurée, quelle est la charge portée par les molécules de caséine ? D'après le domaine de prédominance, elle est chargée négativement si pH = 6,5.

2.b) Expliquer le rôle de la caséine dans la stabilité du lait.

Elle crée une émulsion stable de graisse dans l'eau. Sans elle, les phases aqueuse et grasseuse se séparent : le lait caillé.

Extraction de la caséine.

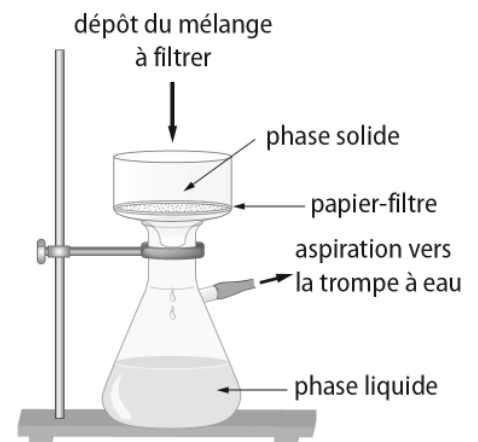
Pour extraire la caséine, on commence par faire cailler le lait.

- ▶ Chauffer 50 mL de lait à 40-50°C, puis introduire doucement une solution d'acide, jusqu'à ce que le lait caille il faut 2 à 3 mL d'HCl à 1 mol.L⁻¹ à 45°C; mesurer la nouvelle valeur du pH. pH = 4,2
 - ▶ Essorer le caillé grâce au Büchner (utiliser 2 papiers filtres superposés et verser doucement le lait caillé), puis le sécher avec un papier absorbant.
- 3.a) Comparer la valeur du pH mesurée à 4,6 et conclure sur la charge de la caséine.
Si 2,5 < pH < 4,6 la caséine devient neutre.
- 3.b) Expliquer pourquoi le lait caille. La caséine étant devenue neutre, les micelles ne se repoussent plus, coagulent et tombent au fond du bécher.
- 3.c) Justifier l'ajout d'acide.
Il permet de diminuer le pH pour faire cailler le lait.

- 3.d) Quel est l'intérêt de chauffer le lait ?
La température est un facteur cinétique.

- 4) Légender le schéma du dispositif de filtration.

- ▶ Introduire le caillé dans un bécher et y ajouter 5 à 10 mL d'acétone ; agiter doucement le bécher.
- ▶ Essorer sur Büchner, puis sécher la caséine extraite avec un papier absorbant.
- ▶ Chauffer le solide au sèche-cheveux.
- ▶ Déterminer la masse de caséine (encore gorgée d'eau) obtenue.



Fabrication de la colle à la caséine.

- ▶ Dans un bécher, mélanger 0,8 g d'hydroxyde de calcium, (Ca(OH)₂, appelé chaux éteinte), la caséine humide précédente et 0,3 g de carbonate de calcium (CaCO₃) ; mélanger en ajoutant un peu d'eau, jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.
- ▶ Réaliser un essai de collage avec 2 morceaux de papier, de carton, de bois, de plastique.

Exploitation.

Données : figures 4 et 5.

- 5) Quelle est la composition du caillé obtenu après l'ajout d'acide ?
Caillé = caséine + graisses + acide + ≈ eau.
- 6) Justifier l'ajout d'acétone. L'acide et les graisses sont très solubles dans l'acétone, pas la caséine : l'ajout d'acétone permet de séparer la caséine des graisses et de l'acide.
- 7) Que contiennent les phases liquide (filtrat) et solide (rétentat) issues de la 2^{ème} filtration ?

Nom	Données physico-chimiques
Acide	Soluble dans l'eau, l'éthanol, l'acétone.
Acétone	Très soluble dans l'eau, bon solvant de matières grasses.
Caséine de lait	Insoluble en solution aqueuse acide et dans l'acétone, soluble en solution aqueuse basique.

Fig. 4 Données physico-chimiques.

Eau	89,2 g
Lactose	4,7 g
Protéines	3,2 g
Lipides	1,6 g
Calcium	0,1 g
Phosphore	0,1 g
Autre	1,1 g

Fig. 5 Composition de 100 g de lait.

Rétentat = caséine imbibée d'eau + acétone ; filtrat acétone + graisses + \approx acide + \approx eau.

- 8) Les protéines de lait sont constituées à 80% en masse de caséine. Le lait a une densité de 1,034. Déterminer la masse de caséine contenue dans 50 ml de lait. La comparer à la masse obtenue expérimentalement et conclure.

Théoriquement : $1,034 \times 50 \times 3,2 \% \times 80 \% = 1,3$ g de caséine ;

Expérimentalement : 2,5 g de caséine (Anne-Marie en a obtenue 4,5g)

\Rightarrow la caséine est encore gorgée d'eau !

- 9) Conclure sur l'efficacité de la colle à la caséine selon les matériaux utilisés. Colle à la caséine très efficace pour assembler papier, bois, carton mais pas le plastique.

Pour conclure.

- 10) Expliquer pourquoi un mélange de fromage et de chaux était utilisé au Moyen-Age comme colle à bois, ainsi que comme ciment.

Le fromage contient la caséine du lait donc, avec de la chaux, on peut obtenir une colle.