

CHAP 11-COURS Matériaux à structures particulières

Mots clés :

- Mousse ; Tensioactifs ; Emulsions
- Colles et adhésifs
- Membranes

1. TENSIOACTIFS, EMULSIONS, MOUSSES

Une mayonnaise, un shampoing, la mousse surmontant un capuccino ont un point commun : leur existence et leur stabilité résultent de la présence de tensioactifs. Qu'est-ce qu'un tensioactif ? Comment agit-il ?

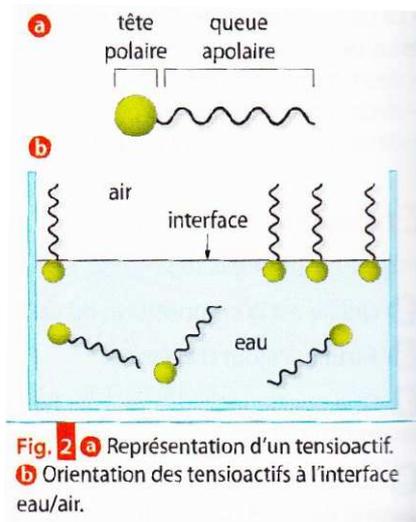
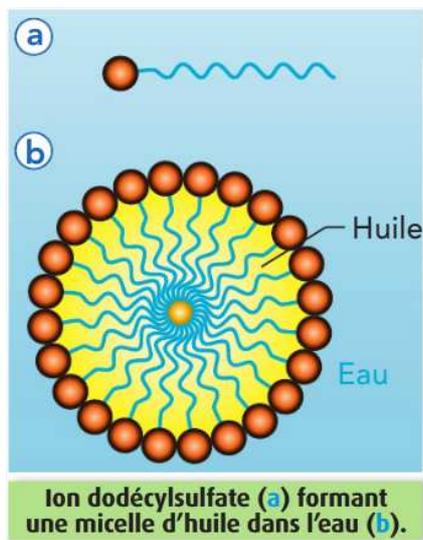
1.1. Démixtion, micelles, tensioactifs

- Si on met en présence un peu d'huile et de l'eau, les deux liquides ne se mélangent pas. Si on agite fortement l'ensemble, l'huile forme de fines gouttelettes mélangées à l'eau, qui, après un bref repos du mélange, vont se séparer de la phase aqueuse : il y a démixtion.

- Si on ajoute un peu de dodécylsulfate de sodium à la préparation et que l'on agite à nouveau, les deux phases ne se séparent plus : l'huile, incluse dans des micelles de dodécylsulfate de sodium, reste sous forme de fines gouttelettes en suspension, ou en émulsion dans l'eau (b).

Le dodécylsulfate de sodium est un exemple de tensioactif : il fait baisser la tension superficielle de l'eau.

- Une molécule de tensioactif est amphiphile, c'est-à-dire qu'elle est constituée d'une tête polaire, hydrophile, donc lipophile, susceptible de se lier à l'eau, et d'une queue apolaire, lipophile, donc hydrophobe, susceptible de se lier aux chaînes carbonées des espèces organiques. On distingue entre autres (R est un radical alkyle présentant une longue chaîne carbonée) :



- les tensioactifs anioniques tels que les alkylsulfate de sodium, $R-SO_3^- + Na^+$ ou les carboxylate de sodium, $R-CO_3^- + Na^+$, présents dans les savons ;

- les tensioactifs cationiques tels que les chlorure d'alkylammonium quaternaire, $R-NH_3^+ + Cl^-$;

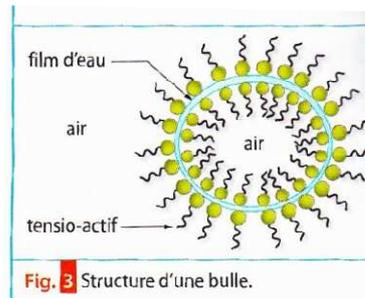
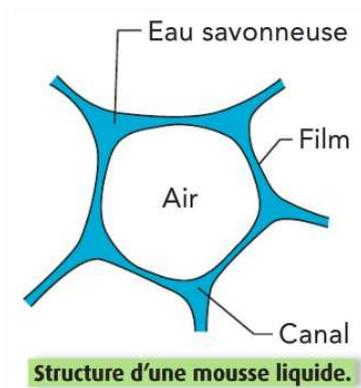
- les tensioactifs non ioniques tels que les éther-alcools, $R-O-CH_2-CH_2-OH$.

1.2. Mousse, tensioactifs, tension superficielle

- Une mousse est un gaz dispersé dans un liquide ou un solide. Les mousses savonneuses, par exemple, sont constituées de bulles de savon : des bulles d'air reliées entre elles par des films d'eau savonneuse.

Pour disperser un gaz dans un liquide, on peut insuffler le gaz, le fabriquer in situ ou battre le liquide en présence du gaz.

- Dans tous les cas, on ne peut obtenir de mousse dans un liquide pur. En effet, la formation de mousse et sa durée de vie reposent entièrement sur la présence de certains composés les tensioactifs.
- La formation de la mousse augmente nécessairement l'interface liquide/gaz, autrement dit, la surface du liquide. Or, cette dernière ne peut s'étendre indéfiniment.



Cela est dû à l'existence de forces électrostatiques qui s'exercent entre les molécules du liquide et qui lui confère une tension superficielle ou tension de surface. La tension superficielle de l'eau pure est de l'ordre de 72 mN.m^{-1} . Si on ajoute un agent susceptible de diminuer la tension superficielle, la surface de l'eau peut s'étirer et ainsi "accueillir" des bulles.

-Les bulles occupent la majorité du volume de la mousse.

-La phase liquide peut être aqueuse, donc polaire (mousse savonneuse) ou plutôt grasse, donc apolaire (mousse au chocolat) ou encore émulsionnée, donc amphiphile (mousse laitière).

2. COLLES ET ADHESIFS

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 le colle d'o 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 chaussures.

2.1 Colle ou adhésif ?

Les colles et les adhésifs sont le plus souvent des polymères naturels ou de synthèse.

La colle est liquide et donc mouille l'ensemble des surfaces à coller.

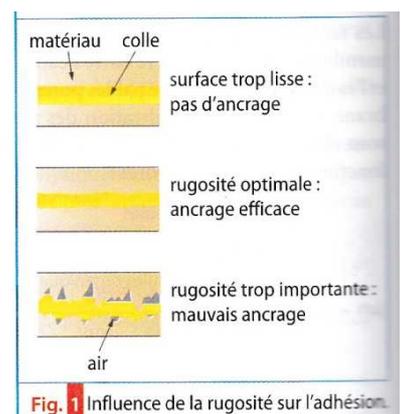
L'adhésif est un solide initialement mou : au contact d'une surface rugueuse, il se déforme spontanément et épouse la surface rugueuse.

2.2 Phénomène d'adhésion

L'adhésion est un phénomène complexe qui fait intervenir plusieurs mécanismes.

➔ 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.

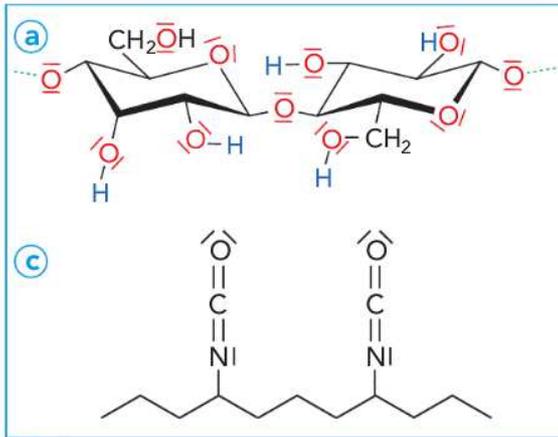


➔ L'adhésion chimique

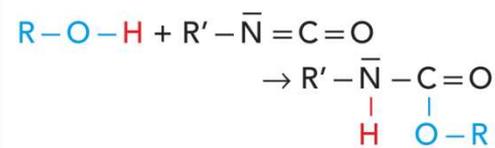
Avec les colles à prise chimique, un polymère se forme par réaction chimique à l'interface colle/matériau au moment de leur utilisation. Un catalyseur, le dioxygène de l'air, l'eau de l'atmosphère ou un rayonnement UV provoque la réaction. **Des liaisons covalentes s'établissent** entre les surfaces à coller et la colle ce qui permet une très forte adhésion.

Exemple du collage des matériaux cellulosiques :

La cellulose, polymère naturel, est le constituant essentiel du bois, du papier, du carton et de très nombreux textiles. Ces matériaux sont souvent assemblés par collage à l'aide de colles isocyanates.



Doc. 1 Motifs de la cellulose (a), d'une colle isocyanate (c)



Doc. 2 Obtention d'un uréthane.

➔ 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.



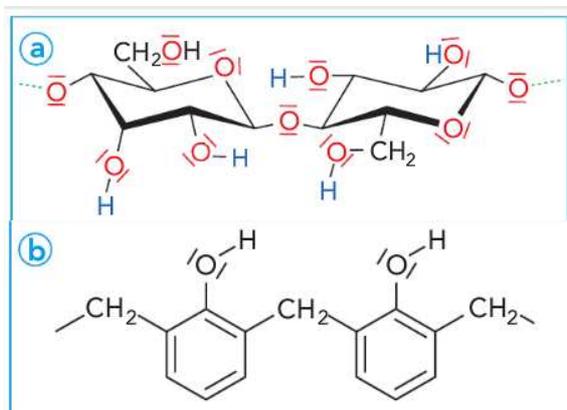
Fig. 2 Inter-diffusion de polymères : les flèches indiquent le sens de la diffusion des chaînes de l'adhésif.

➔ L'adhésion physique

L'adhésion des colles aux matériaux peut faire intervenir des liaisons ioniques ou des liaisons hydrogène. Dans tous les cas, l'adhésif crée des liaisons électrostatiques intermoléculaires de type **interactions de Van Der Waals avec le matériau**. Il s'agit d'interactions faibles mais très nombreuses qui expliquent une bonne partie de l'adhésion.

Exemple du collage des matériaux cellulosiques :

La cellulose peut également être assemblée à l'aide de colles phénoliques.



Doc. 1 Motifs de la cellulose (a), d'adhésifs phénolique (b)

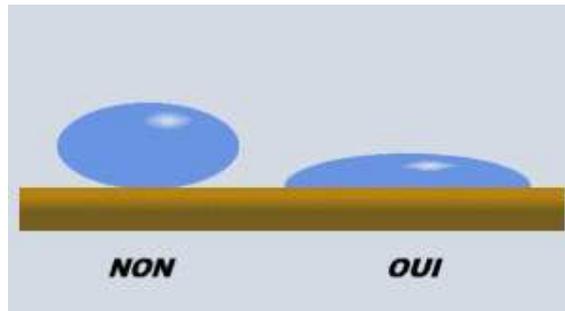
2.3 Mouillage

Indépendamment, l'adhésion d'une colle sur un matériau fait intervenir la notion de mouillage qui caractérise l'aptitude d'un liquide à s'étaler sur un solide. L'adhésif doit pouvoir s'étaler, occuper la plus grande surface possible sur le substrat.

➔ Tension superficielle

La tension superficielle caractérise l'aptitude qu'a la surface d'un liquide à prendre la plus petite valeur possible dans un milieu donné. Elle caractérise également la cohésion d'un liquide puisqu'il faut vaincre les forces de cohésion interne de celui-ci pour accroître cette surface.

Mécaniquement, elle s'exprime comme une force s'opposant à un accroissement de surface et rapportée à l'unité de longueur. L'unité utilisée est le N/m



Tension superficielle forte (mauvais pour le collage). Tension superficielle faible (bon pour le collage).

➔ Mouillabilité

La mouillabilité est évaluée par l'angle de contact θ_c défini sur la figure ci-dessous.

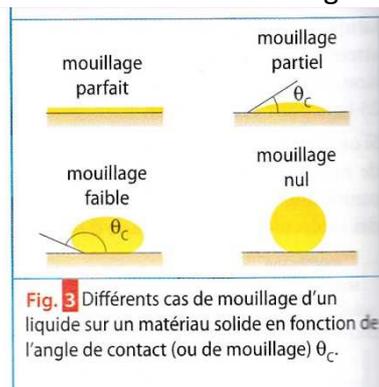


Fig. 3 Différents cas de mouillage d'un liquide sur un matériau solide en fonction de l'angle de contact (ou de mouillage) θ_c .

3. MEMBRANES

Les membranes sont des parois minces (de quelques nm à quelques μm) séparant deux milieux différents et poreuses à certaines espèces chimiques, en fonction de leur nature ou de leur taille. Cf. ACT DOC MEMBRANES

3.1 membranes cellulaires

Les membranes cellulaires, séparant l'intérieur et l'extérieur de la cellule, sont constituées de bicouches lipidiques : des molécules amphiphiles s'auto-organisent de manière à créer un espace hydrophobe entre deux milieux aqueux. Des protéines insérées dans ces membranes permettent le passage des ions et des molécules nécessaire à la vie de la cellule.

3.2 séparation membranaire

Certaines membranes sont constituées d'un matériau polymère étiré en film. De telles membranes sont par exemple utilisées dans les usines de dessalement des eaux de mer grâce au phénomène d'osmose.

3.3 liposomes

La principale application des liposomes est de transport de substances chimiques ou biologiques préalablement encapsulées. Ils sont principalement utilisés en cosmétologie ou pour contenir le principe actif d'un médicament qui sera véhiculé et libéré lentement sur une cible déterminée.