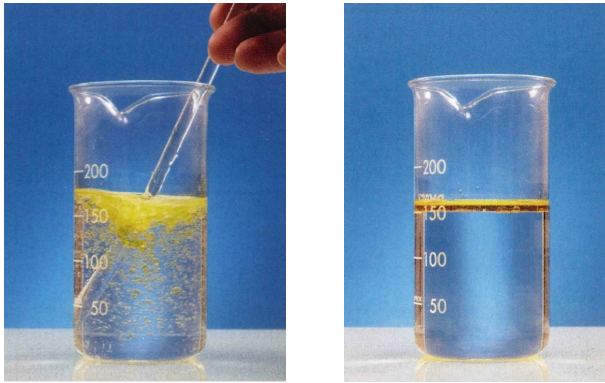


Séance de Spécialité n° 25 Colle, tensioactifs, émulsions & mousses

Mots-clefs « Tensioactifs », « émulsions » et « mousses ».

1 Les molécules tensioactives

1.1 Réaliser une émulsion



Vinaigrette, sauce béarnaise ou mayonnaise sont des **émulsions**, c'est-à-dire des suspensions de très petites particules liquides dans un autre liquide **non miscible** au premier (de l'huile dans l'eau dans le cas présent).

Il faut battre vigoureusement le mélange pour former une émulsion. Une fois cet objectif atteint, la tendance naturelle est de reformer **deux phases** bien distinctes.

a. Que dit-on de deux liquides qui ne se mélangent pas ?

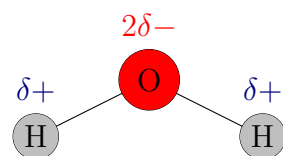
b. Quand on essaye tout de même de les mélanger, en formant de minuscules gouttes de l'un dans l'autre, quel est le nom du résultat ?

c. Une émulsion est-elle stable ? Est-ce un problème ?

1.2 Des molécules de natures différentes

Les molécules d'eau présentent donc une *légère* séparation des charges électriques, même si chaque molécule reste globalement neutre.

La molécule d'eau est une molécule **polaire** : elle présente des charges électriques *partielles*. En effet, l'oxygène attire les électrons plus fortement que l'hydrogène.



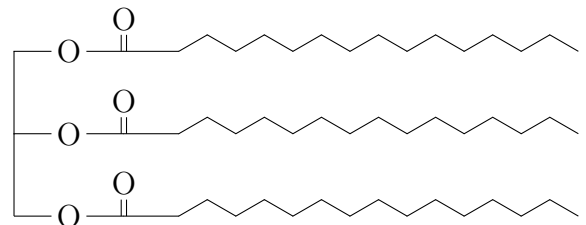
Charges partielles
 $0 < \delta < 1$

La conséquence de ces charges partielles portées par les atomes d'oxygène et d'hydrogène est que les molécules vont s'**attirer** entre elles, et aussi attirer d'autres molécules de même nature, c'est-à-dire des molécules polaires, comportant aussi une légère séparation des charges électriques.

d. Pourquoi dit-on que l'eau est un solvant polaire ?

e. Quel type de molécules l'eau est-elle capable de dissoudre ? Autrement dit, avec quel type de molécules l'eau est-elle miscible ?

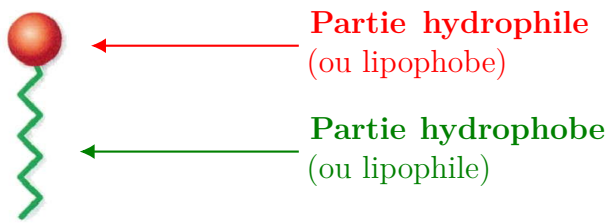
Les triglycérides constituent la majeure partie des **lipides** alimentaires et de l'organisme (stockés dans le tissu adipeux). Les triglycérides sont des triesters d'acides gras, c'est-à-dire qu'ils sont formés de trois fonctions esters accrochées ensemble, avec trois chaînes carbonées « longues ». Exemple du triester principal de l'huile de palme :



Même si les fonctions esters que l'on peut deviner à l'extrémité des triglycérides présentent des liaisons polaires, les molécules de triglycérides sont majoritairement apolaires, car les trois longues chaînes carbonées (une succession d'atomes de carbone sur lesquels ne sont placés que des atomes d'hydrogène) sont **apolaires**.

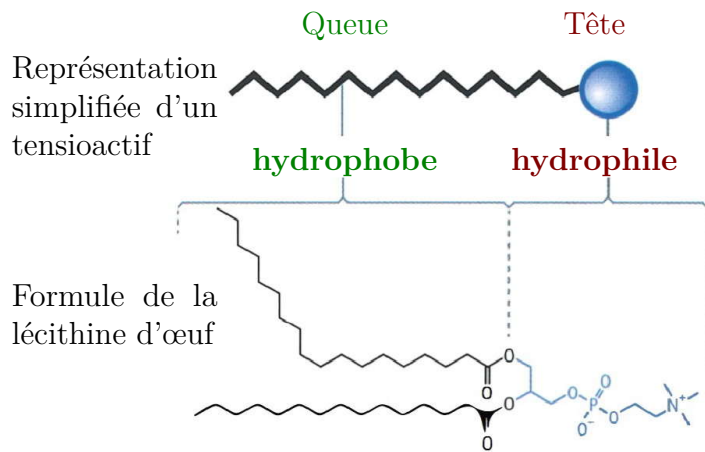
f. Pourquoi les triglycérides (constituant majoritaire des huiles) sont en général non miscible dans l'eau ?

Un composé **tensioactif** est formé d'une partie hydrophile (ou lipophile) et d'une partie hydrophobe (ou lipophile).



Le suffixe « phile » signifie « qui a une affinité pour ». Les préfixes « hydro » et « lipo » viennent du grec et signifient respectivement « eau » et « corps gras ».

La partie lipophile est en général formée d'une longue **chaîne carbonée**, d'où sa représentation symbolique sous forme de « queue » ; la partie hydrophile contient en général des atomes d'oxygène, de soufre ou d'azote, qui forment des liaisons **polaires**. Voici un exemple d'un composé tensioactif naturel : la lécithine contenue dans l'œuf.



Le tensioactif est le principe actif du savon ou du liquide vaisselle (voir plus loin).

g. Une longue chaîne carbonée comporte-t-elle des liaisons polaires, ou apolaires ? S'agit-il d'une partie hydrophile ou hydrophobe ? Lipophile ou lipophobe ?

h. La partie de la molécule tensioactive qui comporte des atomes d'oxygène, de soufre ou d'azote comporte-t-elle des liaisons polaires, ou apolaires ? S'agit-il d'une partie hydrophile ou hydrophobe ? Lipophile ou lipophobe ?

1.3 Le rôle des tensioactifs

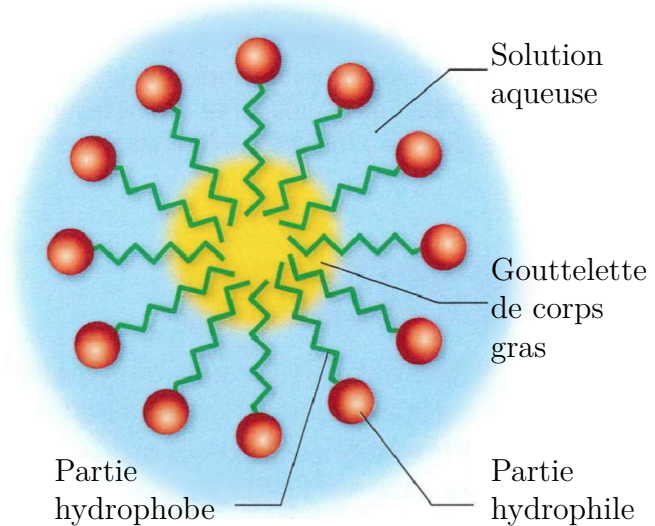
Les tensioactifs sont des molécules « entremetteuses » présentant une **affinité** à la fois pour l'huile et pour l'eau. On parle à ce propos de molécules **amphiphiles**.

i. Pourquoi les tensioactifs comportent-ils une affinité à la fois pour l'huile et pour l'eau ?

Lorsque la concentration en tensioactifs est suffisante, et après agitation, des gouttelettes d'huile enrobées de tensioactif se dispersent dans l'eau.

Ces gouttelettes sont appelées **micelles**. Il y a dispersion de la phase lipidique dans la phase aqueuse, c'est une **émulsion**.

Voici la représentation d'une micelle (*à colorier*) :



j. Pourquoi l'émulsion formée en présence de tensioactifs est-elle stable ?

L'essentiel en trois phrases

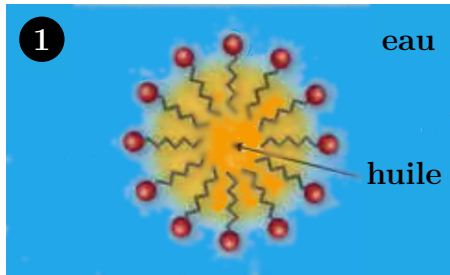
Complétez les phrases suivantes avec les mots manquants !

- Les sont des systèmes dispersés d'un liquide dans un autre liquide, liquides qui ne sont pas miscibles entre eux.
- Les sont de longues molécules comportant une partie apolaire hydrophobe (qui présente une affinité pour les lipides) et une partie polaire hydrophile (qui présente une affinité pour l'eau).
- En raison de leur structure, les tensioactifs forment des et stabilisent les émulsions, qui sont des mélanges hétérogènes de deux liquides non miscibles.

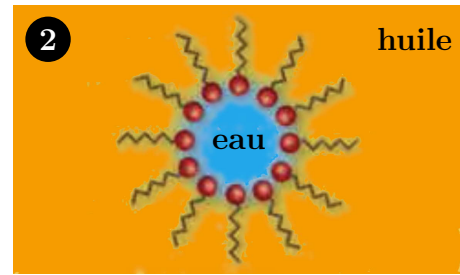
1.4 Activité 3 p. 158

Activité documentaire 3 p. 158 du livre : « Les membranes cellulaires ». On prendra aussi connaissance du texte de l'activité expérimentale 2 p. 157.

Il y a deux moyens différents de former des micelles. En effet, on peut encapsuler soit l'huile, soit l'eau! Remarquez bien que dans les deux cas, l'orientation des molécules tensioactives est totalement différente...



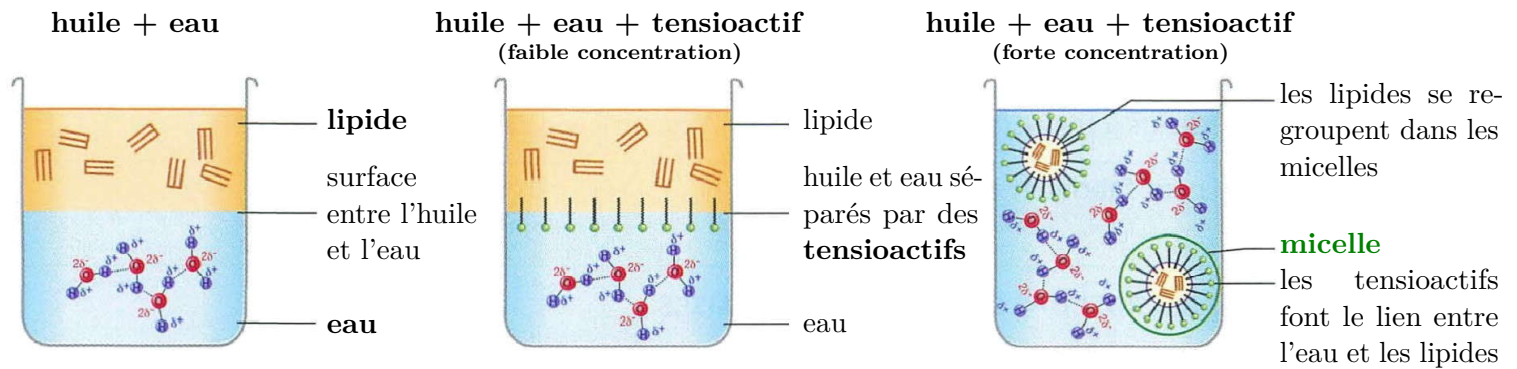
Goutte d'huile encapsulée dans l'eau



Goutte d'eau encapsulée dans l'huile

k. Lequel des deux schémas ci-dessus correspond à une vinaigrette ou à une mayonnaise « allégée » ou « light » ? Justifiez.

Voici trois schémas qui montrent de gauche à droite le mode d'action de tensioactifs afin de créer une émulsion stable à partir de deux phases non miscibles.



2 Les colles

2.1 Situation problème

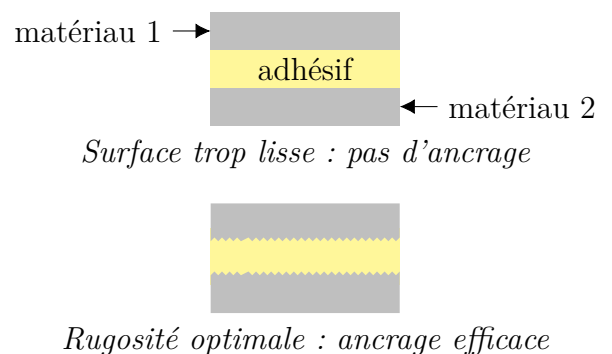
« Dès l'âge de pierre, colles et adhésifs sont utilisés pour des décorations et pour sceller des contenants. Ils sont constitués de matière animale ou végétale, comme la colle d'os et de caséine, ainsi que de goudron, de poix ou de cire.

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.





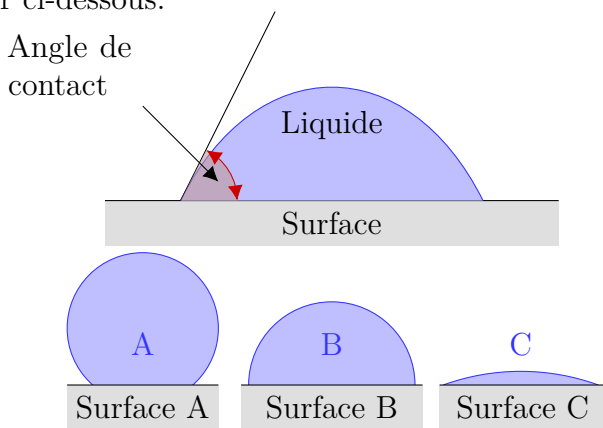
Rugosité trop importante : mauvais ancrage

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.



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, défini sur ci-dessous.



l . Qu'est-ce qu'une liaison covalente ? Ionique ? de Van der Waals ?

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

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

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

p. Qu'est-ce qu'un polymère ?

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

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

2.3 À propos du lait

Le lait est un mélange complexe et instable d'eau (87 %) et de nutriments (l'extrait sec 13 %) constitués de lipides, de protéines, de glucides et de sel. Les protéines les plus courantes dans le lait sont les caséines. Ce sont des macromolécules composées d'une longue chaîne carbonée et azotée lipophile et d'un bout de chaîne hydrophile. On dit que cette molécule est **amphiphile** ou que c'est un tensioactif.

Comme l'indique le diagramme ci-dessous, la charge de la caséine varie en fonction du pH du milieu.



Dans le lait bien conservé, le pH est égal à 6,5 : les matières grasses 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 forme ainsi une émulsion. La couche externe des micelles étant négative, ces dernières se repoussent entre elles, ce qui empêche la précipitation des matières grasses.

En faisant varier le pH du lait, on peut donc diminuer 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.

2.4 La colle à la caséine

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. En séchant, le solvant s'évapore (ici l'eau) et la colle se solidifie.

2.5 Activité 4 p. 159

Activité expérimentale 4 p. 159 du livre : « Colle à la caséine ». Afin de réaliser cette expérience à la maison, voici le matériel nécessaire :

- 2 verres, en guise de bécher ;
- 1 petite cuillère, en guise de spatule ;

- 1 filtre à café, en guise de cône de papier-filtre ;
- 1 entonnoir (facultatif) ;
- 1 thermomètre (facultatif) ;
- 1 demi-verre de lait chaud ;
- « Bicarbonate de sodium » (hydrogénocarbonate de sodium, en nomenclature moderne) ;
- Vinaigre ;
- Balance ;
- Acétone (facultatif).

2.6 Bilans 1 et 3 p. 160

Bilans 1 et 3 p. 160 : « Émulsions, tensioactifs et mousses », et « Les colles et adhésifs ».

3 Les mousses

3.1 Définition d'une mousse

Un système chimique constitué de deux phases est dit **dispersé** si ses deux phases sont intimement mélangées : des zones de taille microscopique de la première phase sont dispersées dans la deuxième phase.

Un système constitué de gaz dispersé dans un liquide est appelé

Un système constitué de gaz dispersé dans un solide est appelé

Tout comme les émulsions, les **mousses liquides** ne sont pas stables : les phases décantent rapidement. Pour les stabiliser, il est nécessaire d'ajouter des espèces **tensioactives**.

Les **mousses solides** sont des matériaux largement utilisés dans notre quotidien, par exemple celles servant d'isolant thermique. En général, ces mousses sont stables (la solidité est rarement la qualité recherchée ; la légèreté est souvent la principale qualité).

3.2 Application : Quand la mayonnaise prend !

Ingrédients

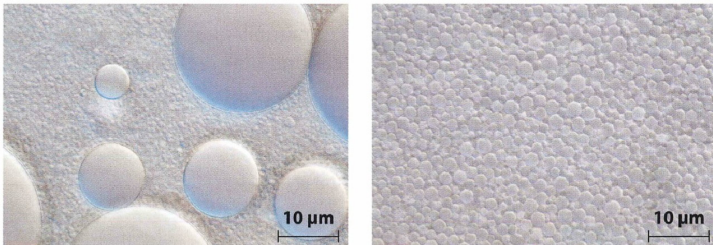
- 1 jaune d'œuf (contiens de la lécithine qui joue le rôle de tensioactif, des protéines) ;
- 1 verre d'huile ;
- 1 cuillère à café de moutarde (facultatif) ;
- 1 cuillère à soupe de vinaigre (facultatif) ;
- sel, poivre.

Une heure avant de commencer la sauce mayonnaise, mettre tous les ingrédients à température ambiante.



Réalisation

- Dans un saladier, mettre la moutarde, le jaune d'œuf. Assaisonner de sel et de poivre.
- Mélanger en effectuant un mouvement de rotation afin de mélanger la moutarde au jaune d'œuf.
- Tout en fouettant énergiquement, ajouter l'huile **petit à petit** ; elle va s'incorporer à la moutarde et au jaune d'œuf, et la mayonnaise va prendre progressivement. Continuer jusqu'à ce que toute l'huile soit incorporée.
- Ajouter le vinaigre (facultatif).



Fermeté d'une mayonnaise Entre deux mayonnaises, l'une réalisée en agitant avec une fourchette, l'autre avec un batteur électrique, on peut observer au microscope la taille des micelles.

Les micelles sont de petite taille et beaucoup moins espacées dans le cas d'une mayonnaise bien

...

Une mayonnaise avec du blanc d'œuf! Le blanc d'œuf possède des protéines qui peuvent jouer le rôle de tensioactif.

- Dans un saladier, mettre le blanc d'œuf, une goutte de vinaigre, et assaisonner avec du sel et du poivre.
- Mélanger en effectuant un mouvement de rotation.
- Tout en fouettant énergiquement, ajouter l'huile petit à petit. Continuer jusqu'à ce que toute l'huile soit incorporée.



L'œuf contient de la lécithine, un phospholipide qui a d'excellentes propriétés (voir sa formule donnée en page précédente).

Rattraper une mayonnaise ratée Une mayonnaise « retombe » lorsque les gouttelettes d'huile sont trop nombreuses et finissent par se rassembler : la phase lipidique se sépare de la phase aqueuse. Les phases se, c'est la **démixtion**. Bien souvent, il manque de l'eau à la préparation.




Pour rattraper la mayonnaise, il suffit d'ajouter un élément qui apporte de l'eau (un autre jaune, de la moutarde ou des gouttes d'eau).

3.3 Activité 3 p. 158

Activité documentaire 3 p. 158 du livre : « Les membranes cellulaires ».

3.4 Bilan 2 p. 160

Bilan 2 p. 160 : « Les membranes ».

 Exercices à faire pour la séance n° 26 :
n° 2 à 6 p. 162 et 163.