

Mots-clés : tensioactif, émulsion et mousse

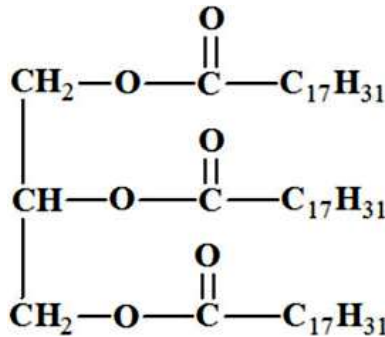
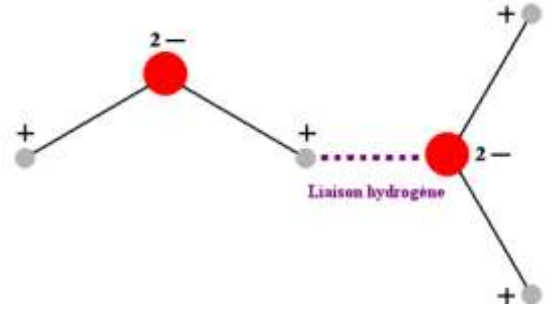
I – Les molécules tensioactives et les émulsions

Document 1 Émulsions stable et instable

Lorsque vous mélangez de l'eau et de l'huile, vous obtenez un mélange hétérogène, car l'huile et l'eau ne sont pas **miscibles**. Deux phases apparaissent, une phase aqueuse en dessous (plus dense) et une phase organique au-dessus (moins dense). Lorsque vous agitez, vous obtenez une **émulsion**, c'est-à-dire une dispersion de gouttes d'huile dans de l'eau. Cependant, cette émulsion est instable, car, progressivement, les deux phases se séparent de nouveau, c'est la **démixtion**.

Pourquoi l'eau et l'huile ne sont-elles pas miscibles ?

La molécule d'eau est une molécule polaire. En raison de la différence d'électronégativité entre les atomes d'oxygène et d'hydrogène, elle présente un excès de charge négative sur l'oxygène et un excès de charge positive sur les hydrogènes. Il peut donc se créer entre deux molécules d'eau des liaisons hydrogène ou entre l'eau et toute molécule polaire.

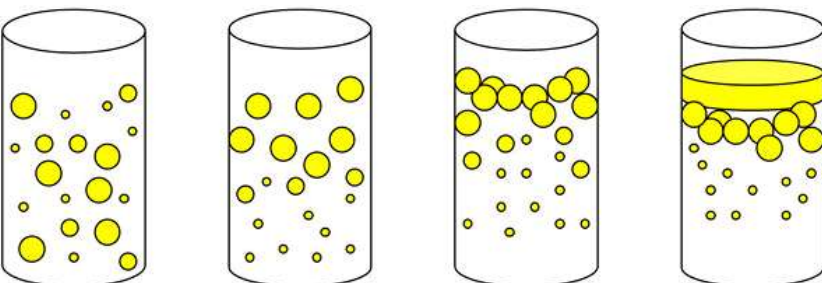


L'huile est un corps gras ou lipide, dont la molécule appartient à la famille des triglycérides. Celle-ci est essentiellement constituée d'atomes de carbone et d'hydrogène. Non polaire, elle ne peut pas créer de liaisons hydrogène avec l'eau. Ainsi, l'huile et l'eau ne sont pas miscibles.

Ci-contre : formule de l'oléate de glycéryle présent dans l'huile de colza.

En revanche, lorsqu'au mélange eau et huile vous ajoutez quelques gouttes de liquide vaisselle ou de la lécithine de soja avant d'agiter, l'émulsion obtenue est stable, car les phases ne se séparent plus. Les espèces ajoutées pour stabiliser une émulsion sont dites **tensioactives** et permettent de diminuer la tension superficielle de l'eau.

Mélange hétérogène Émulsion instable Séparation des phases Avec du liquide vaisselle



Séparation de l'émulsion (sans liquide vaisselle ou lécithine de soja)

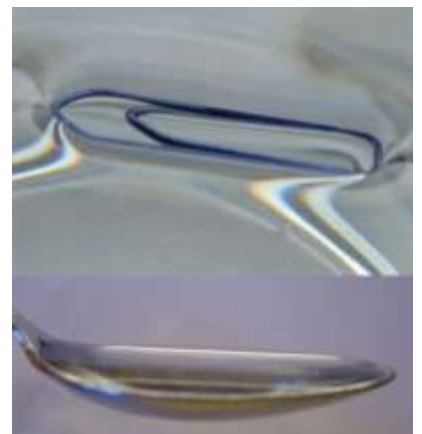
Document 2 Les effets de la tension superficielle

Expérience 1 : un trombone est posé délicatement à la surface de l'eau d'un verre rempli.

Le trombone flotte. La surface libre de l'eau se déforme sous le trombone comme une membrane élastique.

Expérience 2 : dans une cuillère emplie à ras bord d'eau, quelques gouttes d'eau sont rajoutées une à une.

La surface de l'eau présente une forme convexe.

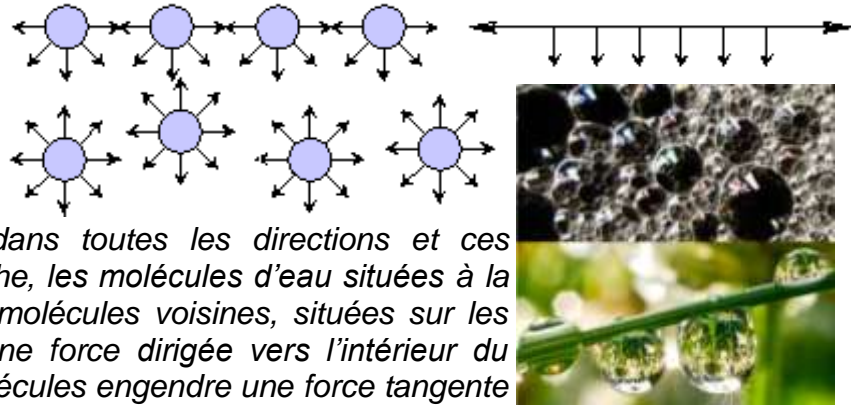


Interprétation microscopique.

La cohésion d'un liquide comme l'eau est due à des attractions intermoléculaires entre les molécules qui s'attirent mutuellement.

Les molécules d'eau au centre sont attirées par toutes leurs voisines, dans toutes les directions et ces attractions se compensent. En revanche, les molécules d'eau situées à la surface ne sont attirées que par les molécules voisines, situées sur les côtés et en dessous. Il en résulte une force dirigée vers l'intérieur du liquide. De plus, la cohésion entre molécules engendre une force tangente à la surface. Donc la surface d'un fluide se comporte comme une membrane élastique qui enveloppe et comprime le liquide en dessous.

Ainsi, c'est la tension superficielle de l'eau qui permet au trombone de flotter ou à une goutte de se former ou de remplir une cuillère à café avec plus d'eau que sa contenance initiale.



Comment diminuer la tension superficielle ?

Il suffit d'ajouter une goutte de liquide vaisselle dans le verre rempli avec le trombone pour voir ce dernier couler. L'agent tensioactif, présent dans le liquide vaisselle, réduit la tension superficielle de l'eau.

Comment agit-il ? Si on en verse quelques gouttes dans de l'eau saupoudrée de poivre, le poivre est repoussé, car, pour réduire la tension superficielle de l'eau, il répartit ses molécules à la surface de celle-ci.



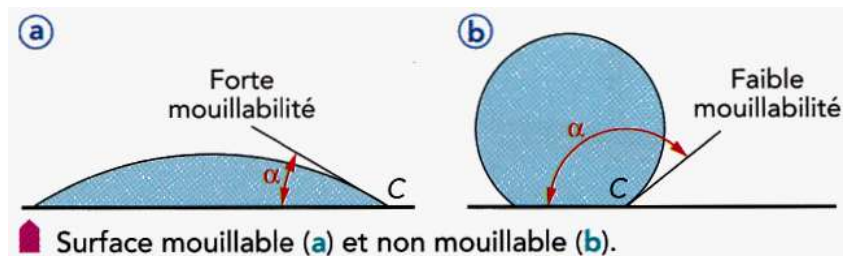
Document 3 Mouillabilité, hydrophile et hydrophobe

Une goutte de liquide posée sur une surface plane s'étalera plus ou moins. L'angle de contact du liquide, noté α , est l'angle entre la surface de contact du liquide et la tangente à la goutte au point de contact C.

• Si $\alpha < 90^\circ$, la goutte de liquide s'étale, la surface de contact entre la surface étudiée et la goutte est grande : la surface est dite **mouillable**. Si le liquide est l'eau, la surface est qualifiée d'**hydrophile**, car elle présente des interactions qui la lient à l'eau.

• Si $90^\circ < \alpha < 150^\circ$, la goutte de liquide ne s'étale pas, sa base s'écrase plus ou moins sur la surface étudiée, mais la surface de contact est faible : la surface est dite non mouillable. Si le liquide est l'eau, la surface est qualifiée d'**hydrophobe** (sans affinité avec l'eau).

• Si $\alpha > 150^\circ$ et si le liquide est l'eau, la surface est alors super-hydrophobe.



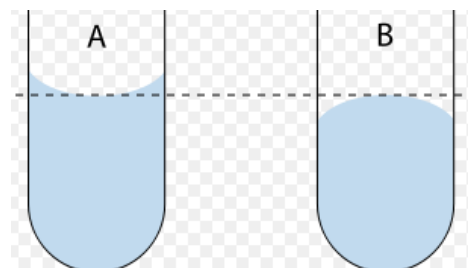
Observation supplémentaire

L'eau tend à monter le long des parois qui la contiennent, car ses molécules ont une forte tendance à adhérer au verre.

Les surfaces de certains liquides seront concaves (A : ménisque vers l'intérieur du liquide), ex : verre + eau, tandis que, pour d'autres, elles sont convexes (B : ménisque vers l'extérieur du liquide), ex : verre et mercure.

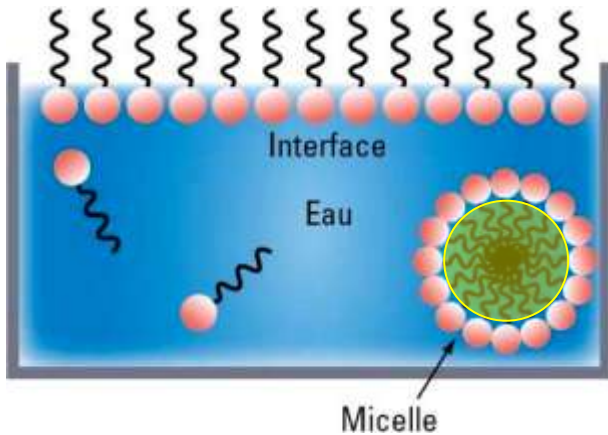
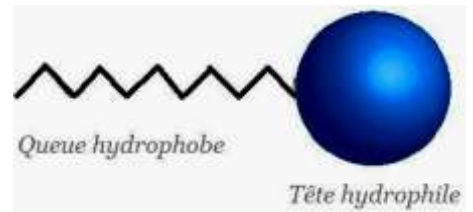
Dans des tubes très fins, capillaires, un liquide mouillant tend à monter seul par **capillarité** alors qu'un liquide non mouillant aura tendance à descendre de lui-même.

Cette capillarité est due à la tension superficielle dont les effets s'observent également sur les bords d'un récipient.



Document 4 Les molécules tensioactives

Une molécule tensioactive possède une tête hydrophile et une queue hydrophobe. Elle peut être schématisée ainsi :

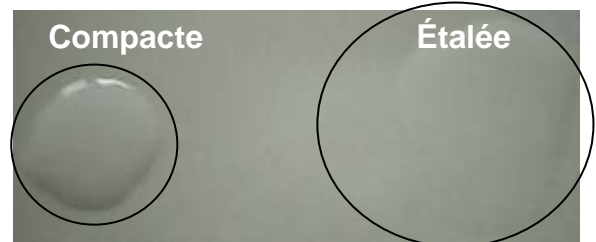


En conclusion, dans le cas d'un mélange huile et eau, la tête hydrophile va posséder des affinités avec l'eau et se placer dans la solution aqueuse, tandis que la queue hydrophobe (mais lipophile), va se placer dans l'huile (lipide).

Cette molécule tensioactive va servir de pont entre l'huile et l'eau en « accrochant » les gouttelettes d'huile dans l'eau et, ainsi, former des micelles.

II – Analyse des documents et synthèse

- 1) Expliquez la différence entre des émulsions stable et instable.
- 2) Décrivez en une phrase la structure d'un composé tensioactif.
- 3) Pourquoi l'eau et l'huile ne sont-elles pas miscibles ? Comment se positionne une molécule tensioactive pour stabiliser un mélange de deux liquides non miscibles ? Expliquez précisément.
- 4) Nommez la force expliquant la forme d'une goutte d'eau ou son aspect sur un support ou dans un récipient ?
- 5) Comment agit un agent tensioactif sur cette force et comment s'y prend-il pour y parvenir ?
- 6) Quand quel cas l'eau forme-t-elle une goutte sphérique sur un support ? Expliquez précisément.
- 7) Ci contre, la photo de deux gouttes de liquide de même volume, contenant soit de l'eau, soit un mélange d'eau et de liquide vaisselle. Attribuez à chacune le liquide et justifiez.



III – Analyse d'une réaction chimique

Analyse de vidéo et analyse d'une réaction chimique

Vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=eZsur0L0L1c>

Site de recherche : http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Le_jet_de_mousse

- 1) Regardez la vidéo dont le lien est donné ci-dessous et décrivez ce que vous observez.
- 2) Rappelez les définitions d'oxydant, de réducteur, d'oxydation, de réduction et de réaction d'oxydoréduction.
- 3) Quelles sont les précautions expérimentales indispensables à prendre avant de débuter l'expérience ?
- 4) Quels sont les deux couples oxydant-réducteur mis en jeu au début de cette réaction ? Entourez dans ces couples les deux réactifs.
- 5) Écrivez les deux demi-équations de réaction et précisez pour chacune si c'est une oxydation ou une réduction.
- 6) Écrivez l'équation d'oxydoréduction correspondante.
- 7) Expliquez l'évolution de la coloration du milieu réactionnel et donc de la mousse qui passe de l'orange (marron) au jaune dans ce cas.
- 8) Regardez la seconde vidéo du site (bas de page) « [Vidéo : expérience du jet de mousse](#) » et expliquez le bois incandescent qui se rallume à proximité de la mousse.
- 9) Quel est le rôle du gaz formé dans l'expérience ? Celui du liquide vaisselle ?
- 10) Ces réactions sont exothermiques. Que signifie le terme « exothermique » ? Quelle observation autour des mousses permet de le déduire ?



IV – Étude expérimentale : fabrication d'un savon

Matériel à disposition

- Bêchers
- Éprouvettes graduées
- Agitateur magnétique
- Balance et coupelle



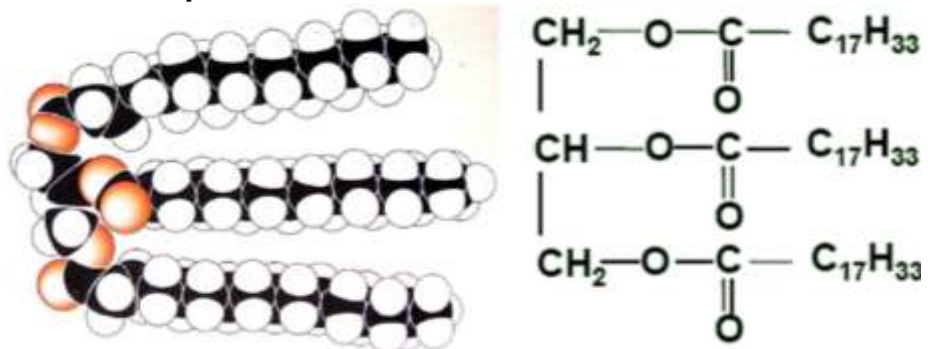
Règle de sécurité : le port des lunettes obligatoire du début à la fin de l'expérience.

Protocole expérimental

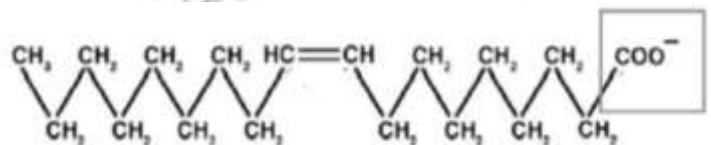
- Peser 10 g d'hydroxyde de sodium solide (NaHO).
- Dans un bécher de 250 mL placé sur un agitateur magnétique en fonction, verser 15 mL d'eau. Ajouter **très progressivement** les 10 g d'hydroxyde de sodium. Agiter pour homogénéiser.
- Ajouter 15 mL d'éthanol pur en mélangeant.
- Ajouter 10 mL d'huile végétale, puis agiter pendant 5 minutes.
- Dans un grand bécher, introduire 100 mL d'eau salée saturée. Verser le mélange réactionnel dans le bécher et observer le savon se former.
- Récupérer quelques morceaux du savon formé.

Propriétés et structures des espèces chimiques

- Le principal constituant de l'huile est l'oléate de glycère.



- Le principal constituant du savon de Marseille est l'ion oléate
Formule semi-développée



Formule simplifiée

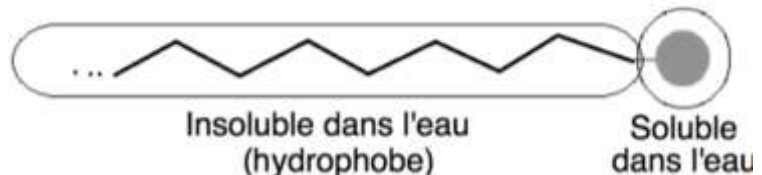
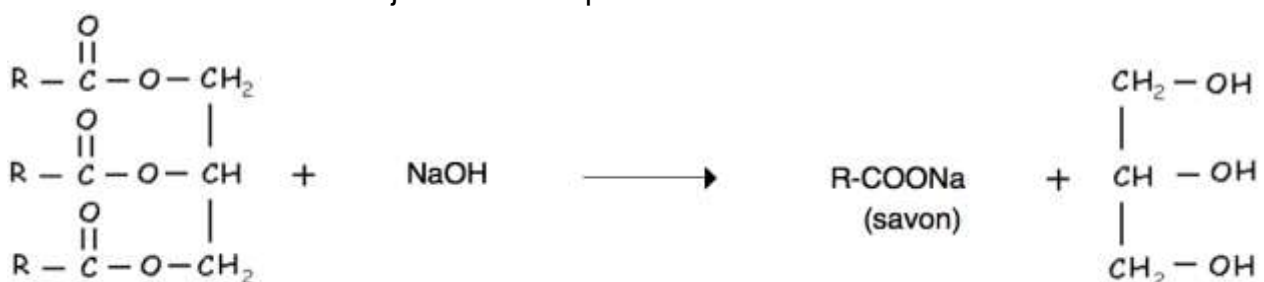


Tableau de données

| Espèces | Hydroxyde de sodium NaHO _(s) | Corps gras (huile) | Éthanol | Ions oléate C ₁₇ H ₃₃ CO ₂ ⁻ _(aq) | Savon C ₁₇ H ₃₃ CO ₂ Na _(s) |
|-----------------|---|--|-------------------------|--|---|
| Solubilité | Très soluble dans l'eau | Insoluble dans l'eau. Très soluble dans l'éthanol | Très soluble dans l'eau | Très soluble dans l'eau | Peu soluble dans l'eau Insoluble dans l'eau salée |
| Masse volumique | | 0,90 g.mL ⁻¹ | | | |
| Masse molaire | 40 g.mol ⁻¹ | 839 g.mol ⁻¹ | | 281 g.mol ⁻¹ | 304 g.mol ⁻¹ |

Exploitation

1) L'équation ci-contre correspond à la réaction de saponification, aboutissant à la formation du savon sous la forme solide. Ajuster cette équation.

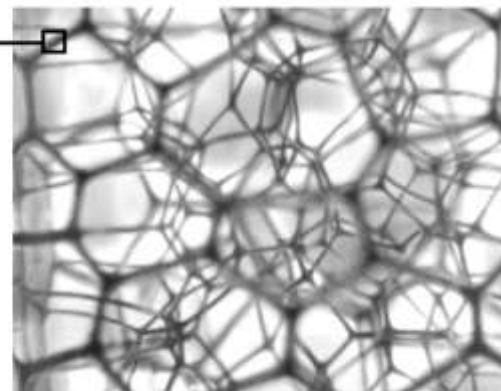
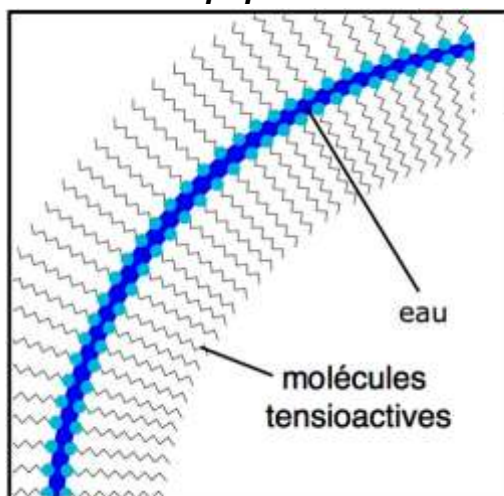


- 2) Expliquer pourquoi l'ajout d'éthanol permet de faciliter cette synthèse
- 3) Expliquer pourquoi le savon se forme lorsque l'on verse le contenu du bécher dans l'eau salée
- 4) Calculer les quantités de matière des réactifs. Déterminer la quantité de matière puis la masse de savon formée à l'issue de cette synthèse. Aide : tableau d'avancement à demander.

V – Étude expérimentale : formation de la mousse

Document 1 Structure microscopique d'une mousse

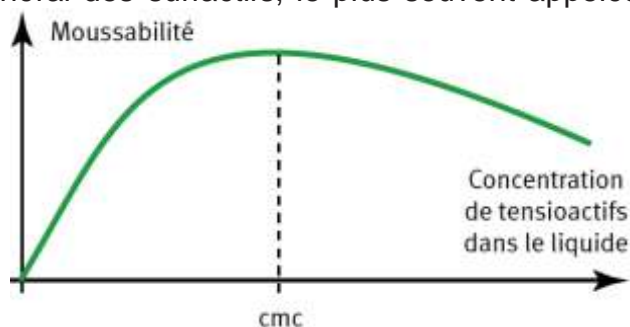
Pour former une mousse, il faut tout d'abord mélanger intimement un gaz et un liquide ; il faut aussi un troisième composant car les liquides purs ne moussent pas, étant donné que les bulles formées tendent à se casser dès qu'elles arrivent au contact d'autres bulles ou à la surface libre du liquide.



La présence d'une substance susceptible de stabiliser les films durant les premiers instants de la vie de la mousse est indispensable pour permettre aux bulles de s'accumuler pour former la dispersion gaz - liquide. Ces substances sont en général des surfactifs, le plus souvent appelés tensioactifs.

Document 2 Maximum de moussabilité

Le maximum de moussabilité (abondance de mousse formée) est atteint pour une concentration critique de tensioactif dite « concentration micellaire critique » ou cmc.



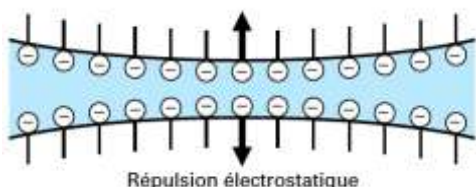
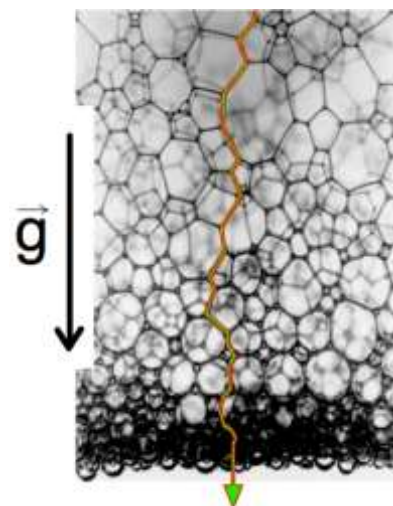
Document 3 Évolution d'une mousse

Une fois la mousse formée, on observe des mouvements et des réarrangements des bulles, durant quelques secondes, dus à l'effet de la gravité : les plus grandes ont tendance à monter.

Après quelques instants, les déplacements des bulles s'arrêtent et le phénomène dominant est alors le drainage du liquide vers le bas dans le réseau de canaux formés par les intervalles entre les bulles. Ce drainage (figure ci-contre) réduit la proportion de liquide dans la partie supérieure de la mousse qui s'assèche avec des films de plus en plus minces, tandis qu'elle devient plus humide dans la partie inférieure grâce à la « douche » de liquide descendant.

On observe donc rapidement une variation de structure entre la partie supérieure où se trouve une mousse sèche composée de grandes bulles polyédriques et de films minces et la partie inférieure où la mousse est humide avec des petites bulles plus ou moins sphériques et des films épais.

De ce fait, dans la partie supérieure de la mousse, les films sont les premiers à se rompre et on peut dire que, sauf exception, la mousse se casse par le haut, et ce d'autant plus que la surface libre est soumise à des phénomènes d'évaporation.



Quand le film s'amincit sous l'effet de ce drainage, les interfaces se rapprochent et les parties hydrophiles peuvent interagir de façon répulsive. C'est en particulier le cas si la surface est chargée grâce à l'adsorption de surfactif ionique.

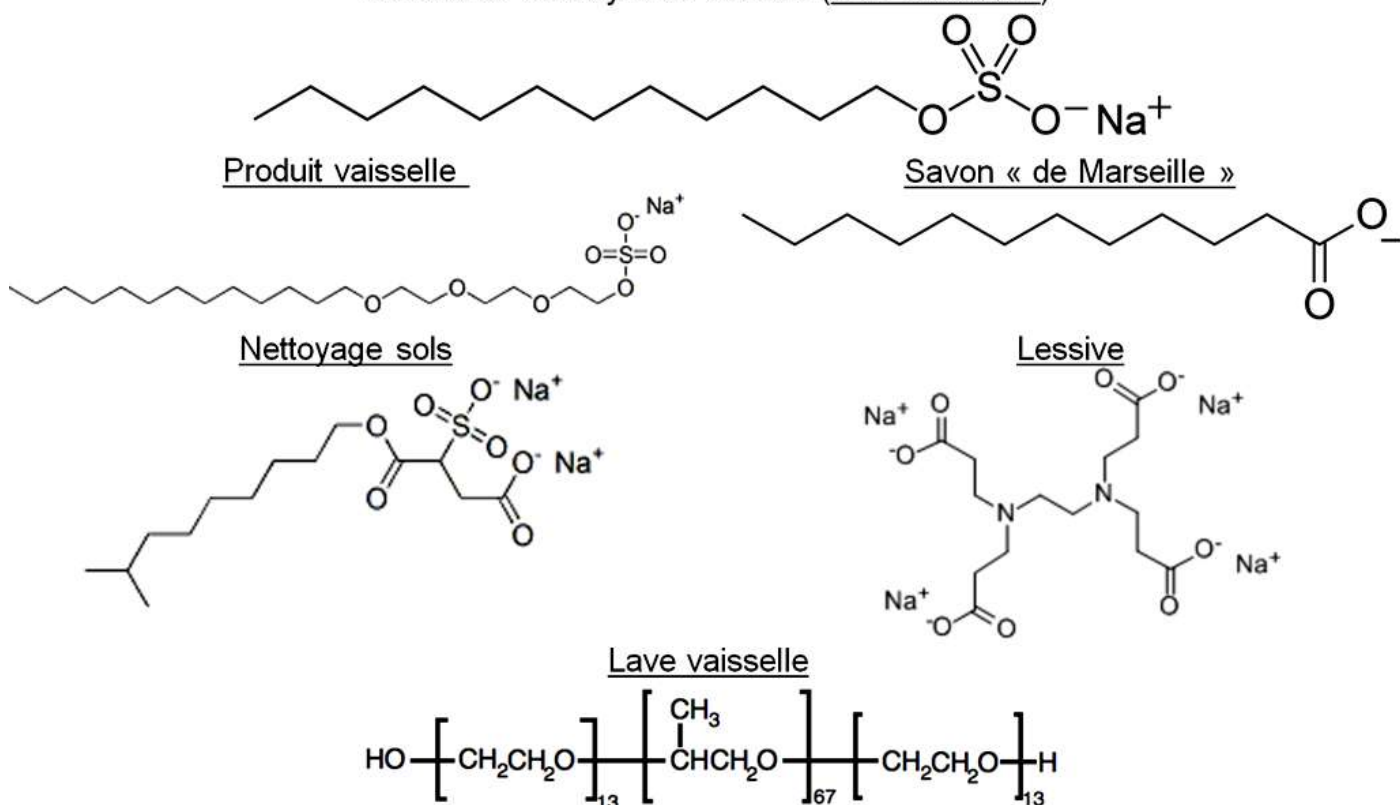
La répulsion électrostatique qui en résulte tend à retarder le rapprochement des interfaces et donc le drainage du film : la mousse est donc stabilisée.

Document 4 Principaux tensioactifs utilisés

Les tensioactifs ioniques sont particulièrement efficaces pour produire des mousses stables ; toutefois, cette caractéristique favorable se perd en présence importante d'ions en solution qui tendent à comprimer le film formé entre les bulles.

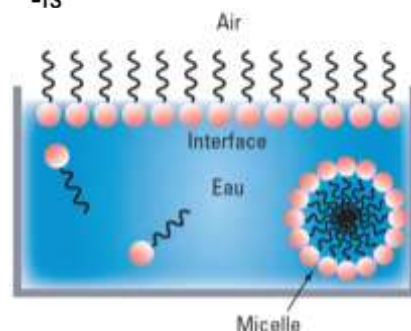
En ce qui concerne la longueur de la chaîne hydrophobe, son augmentation favorise la cohésion et augmente l'élasticité, ce qui augmente la stabilité, mais, par contre, elle tend aussi à diminuer la solubilité dans l'eau. On trouve en général un compromis entre les deux effets autour de 12 à 14 atomes de carbone pour des chaînes linéaires à température ambiante, et au voisinage de 16 à 18 atomes pour des chaînes possédant des doubles liaisons ou des ramifications, et pour des températures élevées quand la cohésion intermoléculaire est intrinsèquement moins forte.

Sulfate de dodécyle de sodium (bain moussant)



Document 5 Saturation d'une eau en tensioactif

Lorsque l'interface air/eau est saturée par les molécules tensioactives, celles qui ont été dissoutes dans l'eau se regroupent pour former des agrégats comportant de 30 à 100 monomères ou les micelles qui ne peuvent participer à la formation des bulles



Expérience

Le **test de Ross-Miles** est une expérience dont les conditions sont fixées par la norme ASTM D1173. Il consiste à verser une quantité de liquide (eau + produit moussant), 200 mL par exemple, depuis une certaine hauteur (90 cm) dans un cylindre gradué contenant déjà du liquide (50 mL). La hauteur de la colonne de mousse formée mesure la moussabilité de la solution à la température de l'expérience. C'est une méthode dite statique, très simple à mettre en œuvre, et utile pour effectuer des comparaisons quantitatives entre solutions moussantes, même si les conditions ne sont pas exactement celles de la norme.

Matériel à disposition

- Béchers, agitateur
- Savon obtenu, « faux » savon de Marseille, détergents, lessive...
- Burette graduée + support
- Éprouvettes
- Eau

Protocole expérimental et manipulations

En vous inspirant de l'énoncé du test de Ross Miller, rédiger un protocole expérimental permettant d'étudier le pouvoir moussant de chacun des produits à votre disposition (un des produits par table) en fonction de sa concentration (raisonnable) de celui-ci sur la hauteur de mousse formé.

Après vérification du professeur, mettre en œuvre le protocole.

Compte rendu

- 1) Faire le schéma du dispositif utilisé.
- 2) Consigner les différents résultats dans un tableau en prenant en compte les résultats obtenus par les autres tables.
- 3) Montrer que le résultat des expériences est en accord avec l'évolution de la moussabilité.
- 4) Justifier l'évolution de la courbe du document 2 pour sa première moitié et expliquer pourquoi celle-ci passe par un maximum.
- 5) Expliquer pourquoi il est difficile de former de la mousse dans l'eau salée comme l'eau de mer
- 6) Déterminer le nombre d'atomes de carbone que contient le savon synthétisé. Montrer que celui-ci est capable de former une mousse stable.
- 7) Pour les tensio-actifs donnés dans le document 4, indiquer en justifiant et en citant les différents documents lesquels favorisent la formation de la mousse ainsi que la stabilité de celle-ci.

VI – Résolution de problème : ça farte !

Le **fart** est un revêtement spécifique appliqué sous les skis ou les planches à neige avant usage. Il permet d'améliorer soit le glissement, soit l'adhérence sur la neige et de protéger la semelle (partie en contact avec la neige). [...] La branche de la physico-chimie, nommée tribologie, a contribué à introduire l'art du fartage dans le domaine de la haute technologie.

Les documents suivants apportent quelques informations relatives à la technique du fartage.

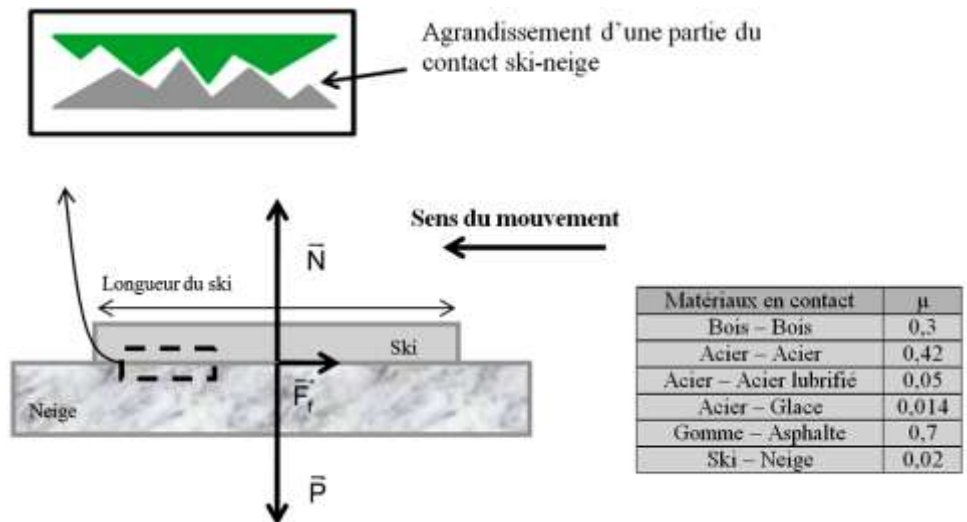
Document 1 Contact ski-neige

Pour comprendre la fonction du fart, il faut commencer par étudier les phénomènes qui entrent en jeu quand le ski est en contact avec la neige. Lorsqu'un corps glisse sur un plan, il se crée un frottement de glissement. Cette force dépend des aspérités des deux surfaces en contact (figure ci-dessus), mais aussi du type de lien chimique existant entre les atomes des deux surfaces. La force de frottement s'exerce dans le sens opposé à la vitesse du corps. **Son intensité dépend du**

poids du corps, de l'inclinaison du plan et de la nature des corps en contact. Cet effet est traduit par un paramètre μ , appelé coefficient de frottement. Il varie en fonction des matériaux (voir tableau ci-contre, colonne μ) et de la rugosité de la surface.

Pendant la durée du glissement, la force de frottement dissipe de l'énergie cinétique en la transformant en chaleur,

comme nous le constatons lorsque nous frottons les mains pour se réchauffer. Dans le cas du ski, cet effet a une conséquence très importante : la chaleur fait fondre la neige et une pellicule d'eau s'interpose entre le ski et la neige.



Document 2

Le fart s'interpose entre le ski et la neige et a pour fonction d'optimiser les conditions de l'interface. Pour atteindre cet objectif, on utilise principalement des substances qui appartiennent à deux familles de composés : les hydrocarbures et les fluorocarbures.

Les fluorocarbures sont des substances fortement hydrophobes, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour le fartage.

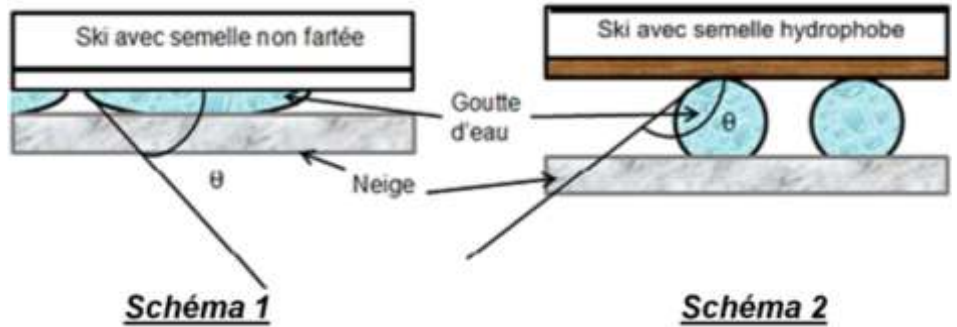
Toutefois les fluorocarbures présentent des inconvénients. Ils peuvent être nocifs pour la santé et pour l'environnement et coûtent très cher. C'est la raison pour laquelle on les associe généralement à de la paraffine ainsi qu'à d'autres hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée.

Document 3

Les schémas ci-contre montrent une représentation modélisant un contact ski-neige.

Lors de la glisse, des gouttes d'eau se forment à l'interface ski-neige.

Lorsqu'une goutte s'établit au contact d'un solide, elle adopte une configuration particulière qui traduit les interactions entre le solide et le liquide. L'angle θ , représenté sur les schémas ci-dessous, caractérise ces interactions



1. La figure du document 1 est schématisée partiellement en annexe, mais cette fois le contact ski-neige se fait sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale.

1.1 Représenter le schéma ci-dessous les forces extérieures appliquées au centre d'inertie G du système considéré, en supposant le mouvement rectiligne uniformément accéléré. On apportera un soin particulier à la longueur relative des vecteurs, sans toutefois choisir d'échelle particulière. L'action due à l'air ne sera pas prise en compte.

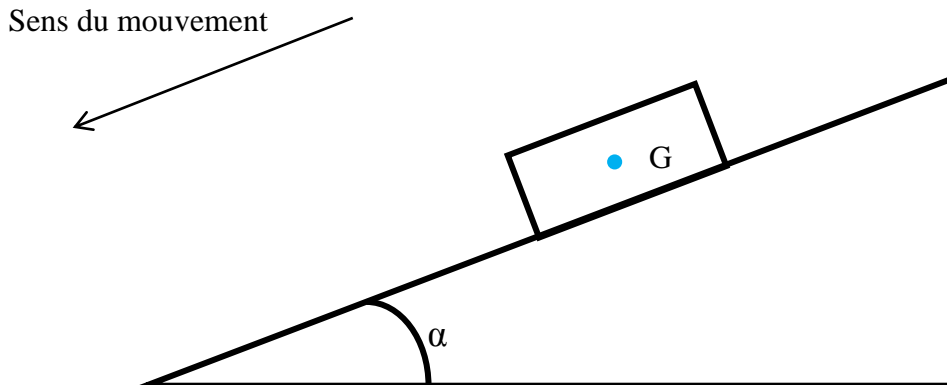


Schéma du contact ski-neige sur une pente, inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale

1.2 Rédiger une légende explicative du schéma proposé.

2. Décrire en quelques lignes, les transferts d'énergie mis en jeu dans la situation évoquée à la question 1.

3. Expliquer pourquoi les fluorocarbures sont particulièrement intéressants pour le fartage.

4. Les électronégativités des éléments hydrogène, carbone et fluor sont respectivement 2,1 ; 2,6 et 4,0.

4.1 Les hydrocarbures solides à longue chaîne carbonée utilisés pour le fartage des skis, ont pour formule générale C_nH_{2n+2} (avec $n \geq 18$). En quoi ces hydrocarbures sont-ils également intéressants pour le fartage ?

4.2. Les fluorocarbures sont des polymères de formule semi-développée suivante :

4.2.1. Mettre en évidence le caractère polaire d'une liaison C – F.

4.2.2. Pourquoi, selon vous, les molécules de fluorocarbures sont cependant hydrophobes ?

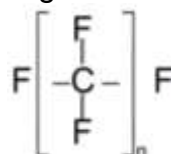


Tableau d'avancement

| | corps gras | + | hydroxyde de sodium | → | savon | + | glycérol |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|----------|--------------|----------|-----------------|
| E.I. | | | | | | | |
| ECT | | | | | | | |
| E.F. | | | | | | | |

Tableau d'avancement

| | corps gras | + | hydroxyde de sodium | → | savon | + | glycérol |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|----------|--------------|----------|-----------------|
| E.I. | | | | | | | |
| ECT | | | | | | | |
| E.F. | | | | | | | |

Tableau d'avancement

| | corps gras | + | hydroxyde de sodium | → | savon | + | glycérol |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|----------|--------------|----------|-----------------|
| E.I. | | | | | | | |
| ECT | | | | | | | |
| E.F. | | | | | | | |

Tableau d'avancement

| | corps gras | + | hydroxyde de sodium | → | savon | + | glycérol |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|----------|--------------|----------|-----------------|
| E.I. | | | | | | | |
| ECT | | | | | | | |
| E.F. | | | | | | | |

Tableau d'avancement

| | corps gras | + | hydroxyde de sodium | → | savon | + | glycérol |
|-------------|-------------------|----------|----------------------------|----------|--------------|----------|-----------------|
| E.I. | | | | | | | |
| ECT | | | | | | | |
| E.F. | | | | | | | |