

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

1 Synthèse et propriétés des savons

Port de gants & lunettes obligatoire pour cette manipulation!

1.1 Synthèse d'un savon

- Peser la masse d'hydroxyde de sodium nécessaire à la préparation d'une solution aqueuse de volume $V = 20 \text{ mL}$ et de concentration $c = 8,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (on utilisera $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$).
- L'introduire avec précaution dans un ballon contenant 20 ml d'eau distillée (attention, la réaction est très exothermique).
- Mesurer le volume d'huile d'olive correspondant à une masse de 10 g sachant que la densité de l'huile est de 0,90.
- Rajouter à ce volume d'huile, 10 mL d'éthanol. Introduire l'ensemble dans le ballon, homogénéiser.
- Chauffer à reflux pendant 30 minutes. Préparer pendant ce temps un verre à pied contenant 100 mL de solution saturée de chlorure de sodium.

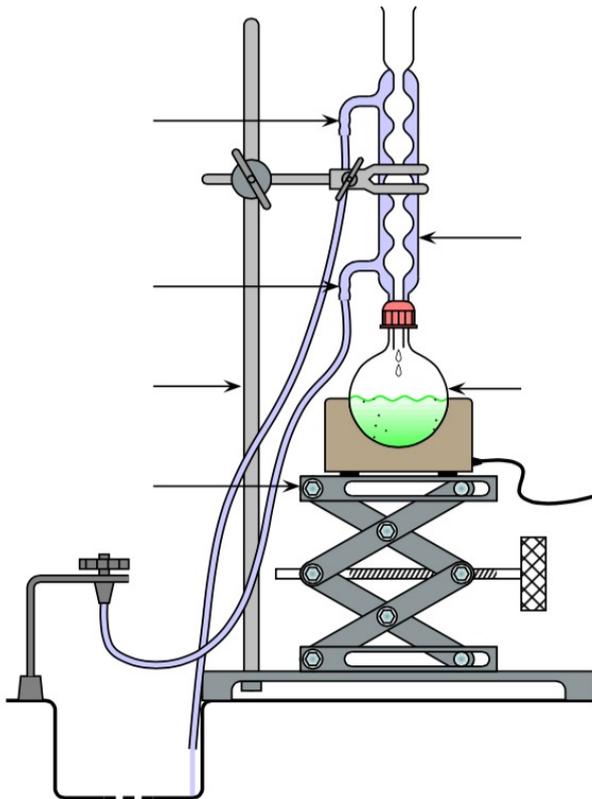


FIG. 1 – Montage à reflux à eau.

- À la fin de la réaction, verser le mélange chaud dans le verre à pied contenant l'eau salée. Observer.
- Filtrer (soit sous pression réduite, soit pas gravité ou filtration simple).

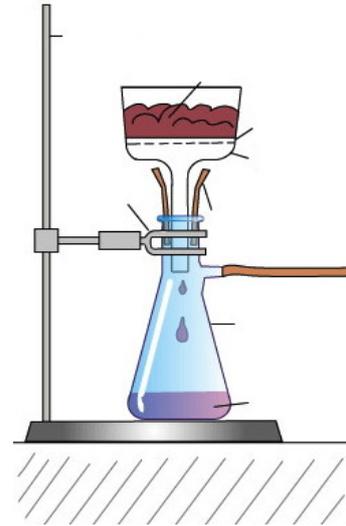


FIG. 2 – Filtration sous pression réduite.

Ajouter 20 mL d'eau salée pour rincer le solide. Recueillir le solide et sécher à l'étuve. Le peser en fin de séance.

1.2 Exploitation

1. Quelle est la masse d'hydroxyde de sodium pesé ?
2. Quel est le volume d'huile prélevée ?
3. Quel est le rôle de l'éthanol ajouté lors de la préparation du mélange réactionnel ?
4. Pourquoi verse-t-on le mélange dans l'eau salée ? Comment nomme-t-on cette opération ?
5. On suppose que l'huile d'olive ne contient que des triglycérides de l'acide oléique ($\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COOH}$).
 - a. Écrire l'équation de la réaction de saponification de ce triglycéride.
 - b. Quelle espèce chimique est le savon ?
 - c. Déterminer le réactif limitant.
 - d. Déterminer la masse théorique de savon sec attendu, en supposant une transformation complète du triglycéride.
6. Calculer le rendement η de la synthèse (à faire en fin de séance si le savon est suffisamment sec).

Le savon obtenu, malgré le rinçage à l'eau salée et la filtration, contient beaucoup d'hydroxyde de sodium : on parle alors de savon caustique. Son usage est fortement déconseillé. Les maîtres savonniers rincent et séchent plusieurs fois le savon avant de le commercialiser.

1.3 Propriétés des savons

- Préparer de l'eau savonneuse, en dissolvant du savon dans de l'eau distillée.
- Dans un tube à essai, verser de l'eau savonneuse et quelques gouttes de Bleu de Bromothymol. Noter et interpréter la couleur obtenue.
- Prendre quatre tubes à essai, et verser :
 - dans le tube 1 : de l'eau distillée ;
 - dans le tube 2 : de l'eau de Volvic (eau peu dure) ;
 - dans le tube 3 : eau du robinet ;
 - dans le tube 4 : de l'eau de Contrex (eau dure).
- Ajouter dans chaque tube 1 mL d'eau savonneuse. Agiter et mesurer la hauteur de mousse.
- Prendre deux tubes à essai et verser :

- dans le tube A : de l'eau savonneuse ;
- dans le tube B : du détergent dilué (1 goutte de détergent dans 5 mL d'eau distillée).
- Ajouter quelques gouttes d'huile et agiter.

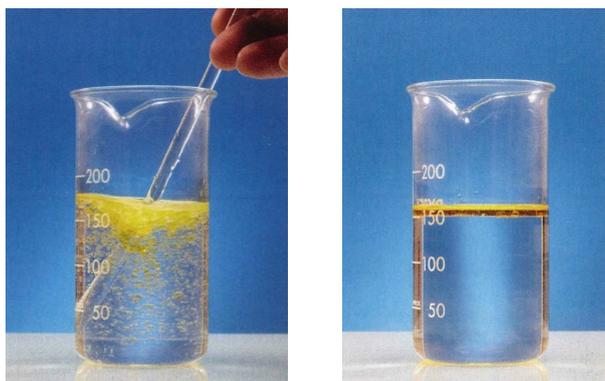
1.4 Exploitation

7. Quel est le caractère acido-basique de la solution d'eau savonneuse ? Est-ce attendu ? Justifier.
8. Comparer le pouvoir moussant de l'eau savonneuse selon la dureté de l'eau. Conclure sur son efficacité.
9. Rechercher la définition de détergent. L'eau savonneuse a-t-elle un pouvoir détergent ?

2 Émulsions

2.1 Réaliser une émulsion

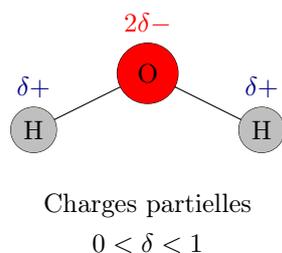
Vinaigrette, sauce béarnaise ou mayonnaise sont des , c'est-à-dire des suspensions de très petites particules liquides dans un autre liquide au premier (de l'huile dans l'eau dans le cas présent).



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

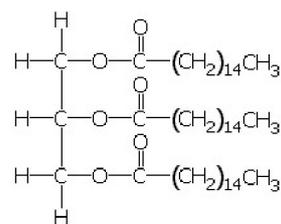
2.2 Des molécules de natures différentes

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

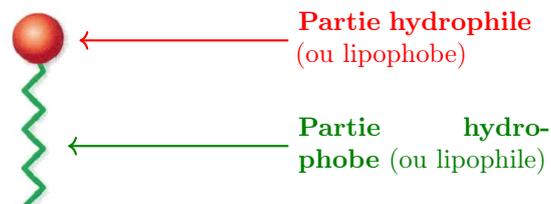


- Les triglycérides constituent la majeure partie des alimentaires et de l'organisme (stockés dans le tissu adipeux). Les triglycérides sont des triesters d'acides gras, c'est-à-dire qu'ils sont formés de trois fonctions esters accrochées ensemble, avec trois chaînes carbo-

nées « longues ». Exemple du triester principal de l'huile de palme :

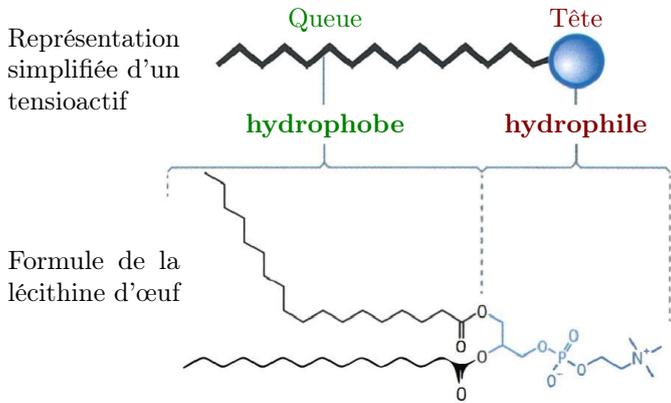


- Un composé est formé d'une partie hydrophile (ou lipophile) et d'une partie hydrophobe (ou lipophile).



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 , 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 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.

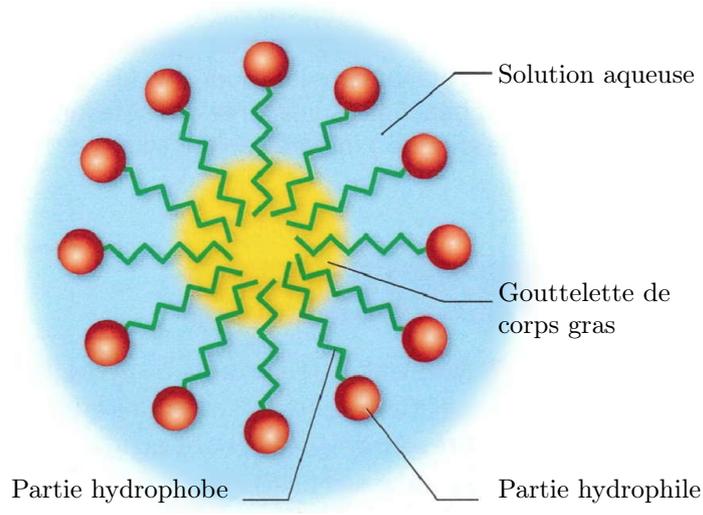
2.3 Le rôle des tensioactifs

Les tensioactifs sont des molécules « entremetteuses » présentant une 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.

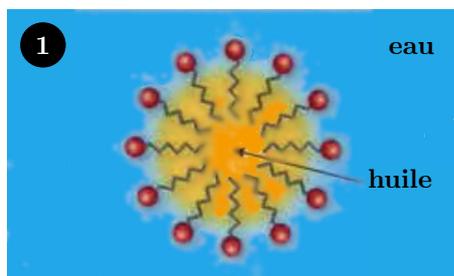
Ces gouttelettes sont appelées

Il y a dispersion de la phase lipidique dans la phase aqueuse, c'est une

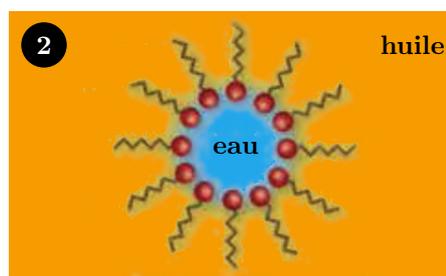


L'essentiel en trois phrases

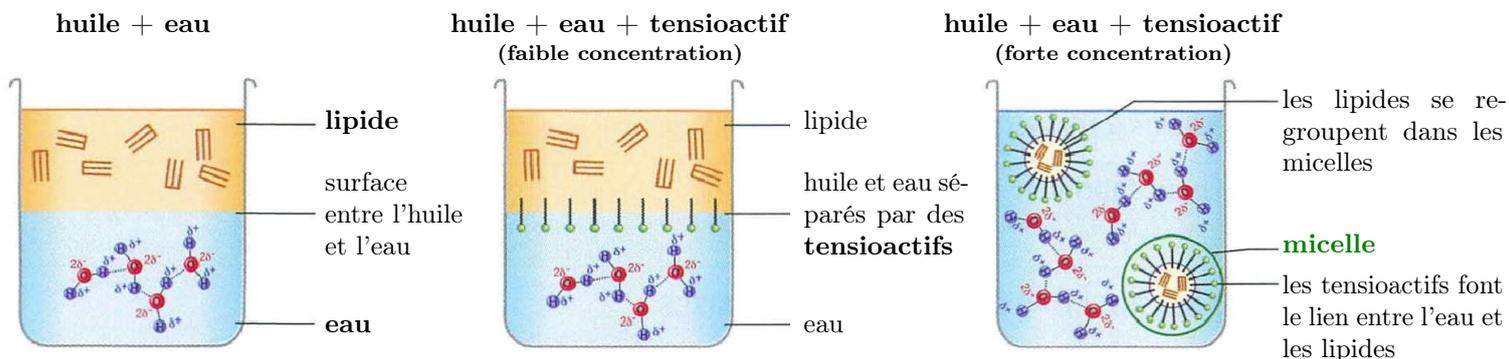
- Les sont des systèmes dispersés d'un liquide dans un autre liquide, liquides qui ne sont pas miscibles entre eux.
- Les sont de longues molécules comportant une partie apolaire hydrophobe (qui présente une affinité pour les lipides) et une partie polaire hydrophile (qui présente une affinité pour l'eau).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



Goutte d'huile encapsulée dans l'eau



Goutte d'eau encapsulée dans l'huile



2.4 Application : Fabrication & action des savons

Fabriquer un savon

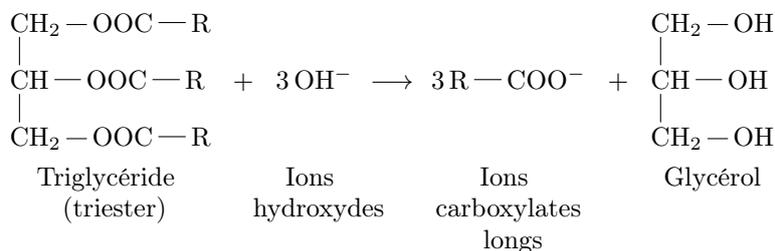
Il est assez amusant de noter que l'on peut fabriquer soi-même du savon noir avec deux choses parmi les plus salissantes que l'on puisse trouver chez soi :

de l'huile et de la cendre ! L'huile apporte les triesters ; si l'on incorpore un tiers d'huile d'....., on respecte la tradition du savon dit « de Marseille ».



La cendre apporte la potasse KOH. L'action des ions hydroxyde OH^- sur les triesters provoque une *hydrolyse basique* des fonctions esters, selon la réaction générale donnée ci-dessous (qui correspond à la fabrication d'un savon dit « à la glycérine »).

Un savon est formé d'ions
 $\text{R}-\text{COO}^-$, ou la chaîne carbonée $-\text{R}$ est longue (c'est-à-dire formée de dizaines d'atomes de carbone et d'hydrogène). Cet anion est obligatoirement accompagné



d'un cation, typiquement le cation sodium Na^+ pour un savon (le savon ordinaire), ou le cation potassium K^+ pour un savon ou savon noir (le savon d'autrefois).

La seule difficulté avec la *saponification* est de *laver* une dizaine de fois le savon ($\text{Na}^+ + \text{R}-\text{COO}^-$) obtenu : cela nécessite beaucoup d'eau !

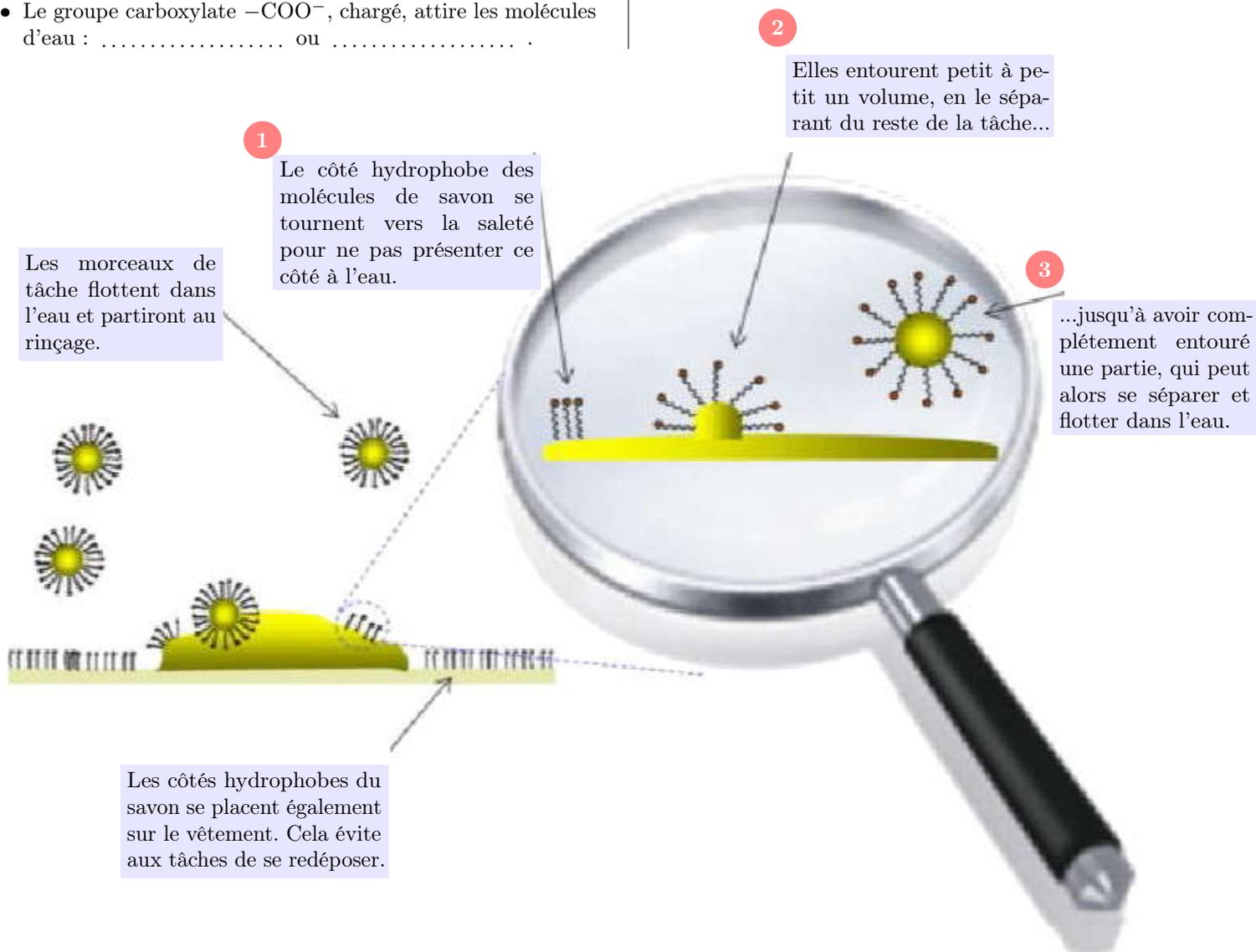
Deux propriétés antinomiques

Une molécule de savon $\text{R}-\text{COO}^-$ possède deux parties distinctes, aux propriétés :

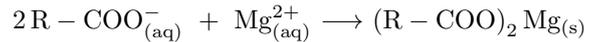
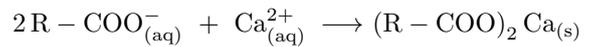
- La chaîne carbonée $-\text{R}$ provenant de l'acide carboxylique long (appelé *acide gras*), ou
- Le groupe carboxylate $-\text{COO}^-$, chargé, attire les molécules d'eau : ou

Le mode d'action des savons

Les savons et détergents éliminent les salissures en formant des autour de celles-ci : les longues chaînes carbonées ont une affinité pour la graisse, alors que les groupes carboxylates rendent l'ensemble soluble dans l'eau.



L'action des savons et des détergents est limitée par les ions calcium et magnésium des eaux car ceux-ci forment avec le savon des carboxylates de calcium et de magnésium, :



2 Les mousses

2.1 Définition d'une mousse

Un système chimique constitué de deux phases est dit 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

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 est souvent la principale qualité).

2.2 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.

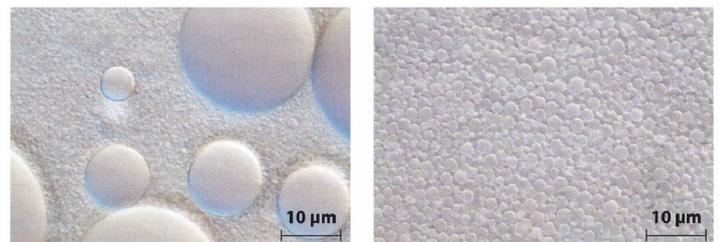
Une heure avant de commencer la sauce mayonnaise, mettre tous les ingrédients à température ambiante.

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).

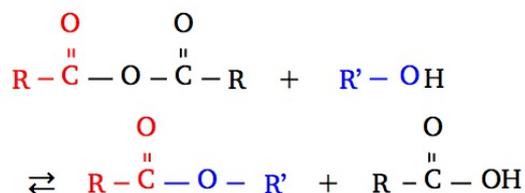
Rattraper une mayonnaise ratée Une mayonnaise « retombe » lorsque les gouttelettes d'huile sont trop nombreuses et finissent par se rassembler : la phase lipidique se sépare de la phase aqueuse. Les phases se, c'est la **démixtion**. Bien souvent, il manque de l'eau à la préparation.

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 Bilan & révision

Nomenclature Vous devez savoir nommer tous les esters comportant un maximum de cinq atomes de carbone.

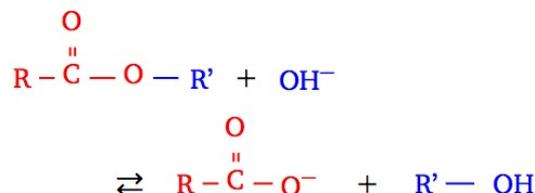
Estérfication La réaction entre un anhydride d'acide et un alcool est rapide, elle donne un ester et l'avancement maximal est atteint.



Vous devez savoir écrire l'équation de cette réaction, à partir de la donnée des formules de l'anhydride d'acide et de l'alcool.

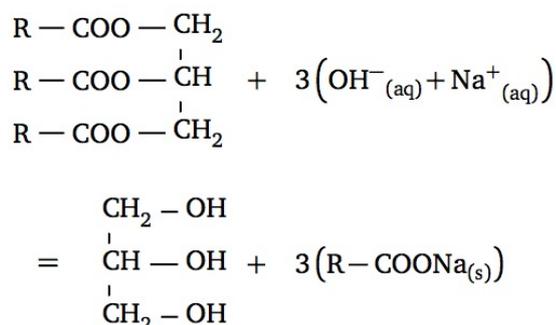
Inversement, vous devez savoir retrouver les formules semi-développées de l'anhydride d'acide et l'alcool, à partir de la donnée de la formule semi-développée de l'ester.

Hydrolyse basique La réaction d'hydrolyse basique d'un ester, ou saponification, est rapide, exothermique, et l'avancement maximal est atteint. Cette réaction conduit à un alcool et un ion carboxylate (base conjuguée de l'acide carboxylique) :



Savon Un savon est un mélange d'ion carboxylates de sodium ou de potassium. Ces ions carboxylate sont les bases conjuguées d'acides gras.

Ils sont issus de la saponification des triglycérides selon la réaction :



Acides gras Les acides gras sont des acides carboxyliques à longue chaîne carbonée non ramifiée. Les ions carboxylate à longue chaîne R-COO^- qui constituent le savon sont des molécules *amphiphiles*, qui possèdent :

- une longue chaîne carbonée hydrophobe ;
- une tête polaire hydrophile.



Lipides Les lipides, principaux constituants des huiles alimentaires, ne sont pas solubles dans l'eau H_2O . En revanche, ils se solubilisent très bien dans des solvants dits « gras », composés principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ces phénomènes s'expliquent par les structures des lipides et illustrent très bien le proverbe « Qui se ressemble s'assemble ». En effet, les lipides contiennent au moins une longue chaîne hydrocarbonée, c'est-à-dire constituée d'atomes de carbone et d'hydrogène. Cette structure ressemble à celle des solvants « gras » et non à celle de l'eau.

Micelles On distingue deux sortes de micelles. Lorsqu'il y a plus d'eau que d'huile, les micelles sont directes : l'huile est « encapsulée » à l'intérieur et les chaînes hydrocarbonées des espèces tensioactives sont tournées vers l'intérieur ; dans le cas contraire, les micelles sont inverses : c'est l'eau qui est « encapsulée » et les « têtes », qui sont tournées vers l'intérieur.

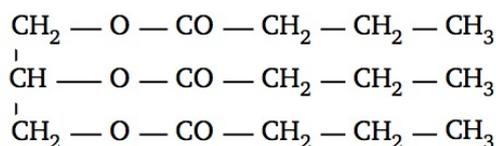
Émulsions Les émulsions telles que la mayonnaise sont caractérisées par la dispersion stable de gouttelettes d'huile dans l'eau. Trois éléments sont indispensables à leur formation : eau, huile et tensioactifs. Les molécules tensioactives sont amphiphiles, elles sont composées d'une tête hydrophile et d'une queue hydrophobe. Ces molécules évitent la démixtion du mélange (séparation des deux phases eau et huile) en formant des micelles.

Exercices pour la séance n° 27

26.1 Donnez les formules semi-développées et nommer tous les esters comportant un maximum de cinq atomes de carbone. Pour chaque, indiquer l'anhydride carboxylique et l'alcool utilisés pour leur synthèse.

26.2 La butyryne

Les triglycérides, esters d'acides gras et du glycérol ou propan-1,2,3-triol, font partie de la famille des lipides. La butyryne, un triglycéride présent dans le beurre, a pour formule semi-développée :



Les beurres de ferme, barattés moins énergiquement que les beurres industriels, contiennent plus d'eau, ce qui les rend plus vulnérables au rancissement, responsable d'un goût désagréable dû à la formation d'acide butanoïque.

1. Quelle est la formule semi-développée de l'acide butanoïque ?
- 2.a. Écrire l'équation de la réaction chimique entre la butyryne et l'eau, responsable du rancissement du beurre.
- 2.b. Quel est le nom de cette transformation ?
- 2.c. Préciser les caractères de la transformation chimique.
3. Afin de fabriquer un peu de savon, on fait réagir à chaud une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium en

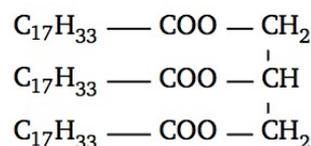
excès sur une masse $m = 30,2$ g de butyryne. Après refroidissement et autres traitements, on obtient une petite galette de savon.

Séchée, la galette de savon pèse 23,7 g.

- 3.a. Quel nom donne-t-on à cette transformation ?
- 3.b. Écrire l'équation de la transformation chimique mise en jeu, puis nommer les produits obtenus.
- 3.c. Donner la formule semi-développée de ce savon.
- 3.d. Calculer le rendement de la transformation chimique.

26.3 Saponification de l'oléine

On réalise, à l'aide d'une solution concentrée de soude utilisée en excès, la saponification d'une masse $m(\text{ol}) = 25,0$ g d'huile d'olive assimilée à de l'oléine de formule :



Quelles masses de savon et de glycérol peut-on espérer obtenir ?

Donnée : masse molaire de l'oléine $M(\text{ol}) = 884$ g · mol⁻¹.

26.4 N° 5 p. 162 – Le lait, un mélange surprenant

26.5 N° 6 p. 162 – Les mousses laitières

26.6 N° 8 p. 163 – Mode d'action des savons

Correction des exercices de la séance n° 25

25.1 N° 2, 3 et 4 p. 46 : S'autoévaluer (révisions)

Corrigé à la fin du manuel.

25.2 N° 2 à 5 p. 76 : S'autoévaluer (révisions)

Corrigé à la fin du manuel.

25.3 N° 2 et 3 p. 148 : S'autoévaluer

Corrigé à la fin du manuel.

25.4 N° 9 p. 149 : Une énergie gratuite

Définition de l'intensité électrique I : un débit de charge électrique ΔQ par unité de temps Δt :

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta Q = I \cdot \Delta t$$

Le nombre N d'électrons se déduit de la valeur de la

charge élémentaire $e = 1,602 \times 10^{-19}$ C, par seconde donc $\Delta t = 1$ s :

$$\begin{aligned} N &= \frac{\Delta Q}{e} = \frac{I \cdot \Delta t}{e} \\ N &= \frac{8 \times 1}{1,602 \times 10^{-19}} = 5,0 \times 10^{19} \text{ électrons} \end{aligned}$$

Définition de la puissance électrique \mathcal{P} :

$$\begin{aligned} \mathcal{P} &= U \cdot I \\ \mathcal{P} &= 0,6 \times 8 = 4,8 \text{ W} \end{aligned}$$

Pour obtenir la puissance lumineuse reçue par la cellule, il faut multiplier la puissance surfacique reçue par la surface de la cellule :

$$1 \times 10^3 \text{ W/m}^2 \times (0,15 \text{ m})^2 = 22,5 \text{ W}$$

L'énergie d'un photon est donnée par :

$$\mathcal{E} = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

avec $\lambda = 400 \text{ nm}$, au centre du domaine visible. La puissance lumineuse reçue $\mathcal{P}_{\text{lum}} = 22,5 \text{ W}$ précédemment calculée est à l'énergie reçue ΔE pendant la durée Δt par :

$$\mathcal{P}_{\text{lum}} = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \Delta E = n \cdot \mathcal{E}$$

où n est le nombre de photons recherché :

$$\mathcal{P} = \frac{n \cdot \mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{n \cdot h \cdot c}{\lambda \cdot \Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad n = \frac{\mathcal{P} \cdot \lambda \cdot \Delta t}{h \cdot c}$$

$$n = \frac{22,5 \times 400 \times 10^{-9} \times 1}{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}$$

$$n = 4,5 \times 10^{19} \text{ photons}$$

25.5 N° 10 p. 150 : Rendement d'une cellule

1. Le gap du semi-conducteur utilisé dans la cellule photovoltaïque vaut $\mathcal{E}_{\text{gap}} = 1,1 \text{ eV}$. Pour qu'un photon contribue à l'effet photovoltaïque, il faut que son énergie $\mathcal{E} = h \cdot \nu$ soit supérieure à ce gap. La longueur d'onde maximale s'exprime par :

$$\mathcal{E}_{\text{gap}} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\text{max}}} \quad \Leftrightarrow \quad \lambda_{\text{max}} = \frac{h \cdot c}{\mathcal{E}_{\text{gap}}}$$

Application numérique, sans omettre la conversion des électron-volts et joule :

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,1 \times 1,602 \times 10^{-19}}$$

$$\lambda_{\text{max}} = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m} = 1,1 \text{ } \mu\text{m}$$

Il s'agit du proche infrarouge. Donc tout le domaine visible ($0,4 \text{ } \mu\text{m} < \lambda < 0,8 \text{ } \mu\text{m}$) contribue à l'effet photoélectrique.

2. Le silicium absorbe toutes les longueurs d'ondes en dessous de $1,1 \text{ } \mu\text{m}$: la cellule apparaît noire.
3. L'énergie récupérée par le semi-conducteur est égale au mieux à celle du gap (document 2) ; et la cellule ne récupère qu'une faible partie de l'énergie solaire, en dessous de $1,1 \text{ } \mu\text{m}$ (document 4). Ces deux considérations, et le fait que l'efficacité quantique est très loin de 100 % (la cellule n'absorbe pas tous les photons), explique le faible rendement de la cellule.

4. Pour augmenter le rendement, il faudrait découvrir un nouveau semi-conducteur au gap plus faible.

25.6 N° 12 p. 152 : La lumière de demain

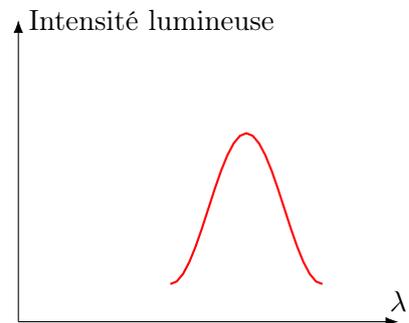
1. Il s'agit du résultat d'une synthèse additive, entre les lumières rouge, bleue et verte issues des trois DEL constituant la DEL blanche.
2. a. La DEL au GaN émet dans deux principaux domaines, centrés sur 470 nm et 570 nm . Donc dans le bleu et dans le vert-jaune.
 - b. Le document 1 indique que l'énergie \mathcal{E} du photon émis par une DEL est égale au produit $e \cdot U$. Donc la tension aux bornes de la DEL, pour le pic principal de $\lambda = 470 \text{ nm}$, est :

$$U = \frac{\mathcal{E}}{e} = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda}$$

$$U = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,602 \times 10^{-19} \times 470 \times 10^{-9}}$$

$$U = 2,64 \text{ V}$$

3. a. Les luminophores dont il est question dans le document 2 absorbent une partie de la lumière créée par une DEL bleue et la réémettent dans le jaune. Le spectre des luminophores est donc dans le jaune :



- b. Le spectre de la DEL au GaN montre une émission trop forte dans le bleu et un manque de lumière dans le vert-bleu, dans l'orange et le rouge. Les luminophores absorbent une partie de la lumière bleue et donc réduisent ce fameux pic trop élevé, tout en ajoutant de la lumière dans le jaune. Par synthèse additive, on va avoir l'impression de lumière blanche.

Il manque certainement encore de la lumière dans le rouge, donc on peut supposer que la lumière blanche ainsi créée est « froide ».
4. Les DEL « blanches » utilisent des DEL au GaN, qui est un progrès récent.