

# Physique-Chimie dans la cuisine

## Chapitre 2 : Chimie dans la casserole

### I) Comment réaliser une mayonnaise ?

#### 1) La recette de la mayonnaise :

##### Document 1 : Recette de la mayonnaise

1° Mettre dans un bol, le jaune, le sel et le poivre. Mélanger avec une cuillère en bois ou utiliser le fouet électrique.

2° Quand le jaune d'œuf épaissit, verser l'huile goutte à goutte au départ, en tournant ou en fouettant sans arrêt. Il faut laisser le temps à l'huile de s'intégrer au jaune d'œuf avant d'en rajouter. Lorsque la quantité d'huile est absorbée, verser le vinaigre qui liquéfie et blanchit légèrement la sauce.

3° Si pour une raison quelconque, la sauce avait tendance à tourner, c'est-à-dire si l'huile se séparait du jaune, on peut souvent la rattraper en ajoutant 1 C à café d'eau ou de vinaigre bouillant.

*D'après « Toutes les bases et recettes de la bonne cuisine » chez Ouest France*

a- Quels sont les deux principaux ingrédients nécessaires à la préparation d'une mayonnaise ?

*Les deux principaux constituants de la mayonnaise sont l'huile et le jaune d'œuf.*

**Expérience 1 :** On casse un œuf et on sépare le blanc du jaune. On réalise sur chaque partie de l'œuf un test au sulfate de cuivre anhydre (poudre blanche).

b- Noter vos observations :

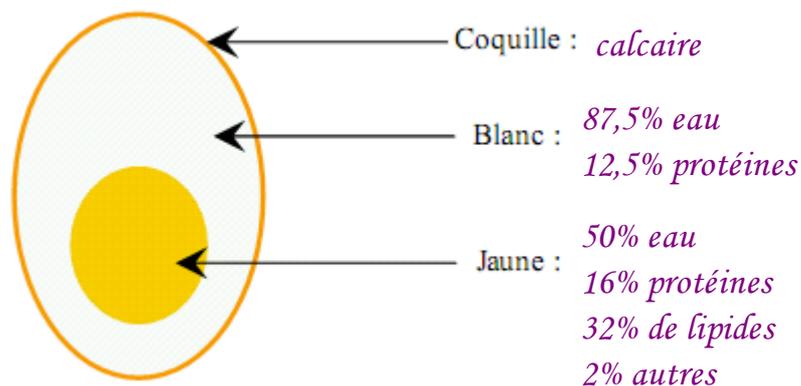
*Le sulfate de cuivre, initialement blanc devient bleu en présence de blanc et de jaune d'œuf.*

c- Interprétation. Quel est le constituant de l'œuf mis en évidence par le test au sulfate de cuivre anhydre ?

*Le test au sulfate de cuivre anhydre permet de mettre en évidence l'eau contenue dans l'œuf.*

d- Conclusion. De quoi est constitué un œuf ? Compléter la légende du schéma ci-dessous.

*L'œuf est essentiellement composé d'eau mais également de protéines et de lipides.*



### 2) Peut-on mélanger de l'huile à de l'eau ?

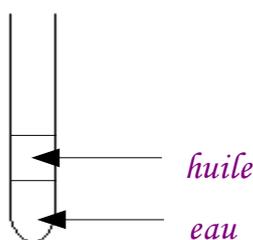
Sachant que l'eau est le principal constituant de l'œuf, on peut penser que l'eau et l'huile sont les principaux constituants de la mayonnaise. Alors pourquoi ne réalise-t-on pas de mayonnaise directement en mélangeant de l'eau et de l'huile ?

#### **Expérience 2 :**

*Dans un tube à essai, on place mélange quelques mL d'huile avec un peu d'eau.*

a- Noter vos observations et compléter la légende du schéma ci-dessous.

*L'huile et l'eau ne se mélangent pas. Ils forment deux phases distinctes. L'huile reste au dessus de l'eau.*



b- Conclusion. Que peut-on dire de l'huile et de l'eau ? Leur mélange est-il homogène ou hétérogène ?

*L'huile et l'eau forment un mélange hétérogène (c'est à dire constitués de deux phases). On dit que ce sont deux composés non miscibles.*

On bouche maintenant le tube à essai et on l'agite vigoureusement pour mélanger l'huile et l'eau.

c- Qu'observe-t-on ? Juste après l'agitation et après quelques minutes de repos.

*Des gouttes d'huile semblent se mélanger à l'eau. Au bout de quelques instants, les deux phases se séparent de nouveau.*

d- Conclusion. La substance obtenue en agitant vigoureusement un mélange d'huile et d'eau, est appelée émulsion. Définir à partir de vos observations, ce qu'est une émulsion.

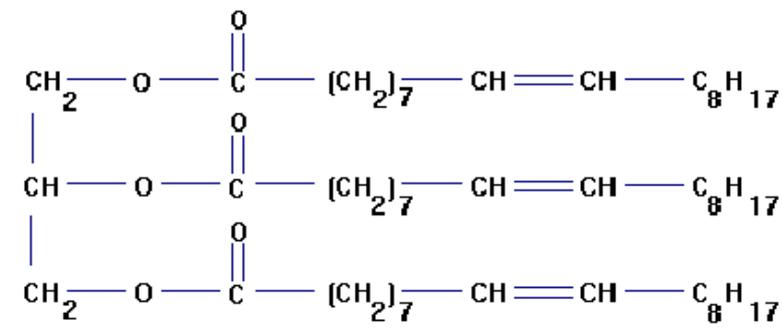
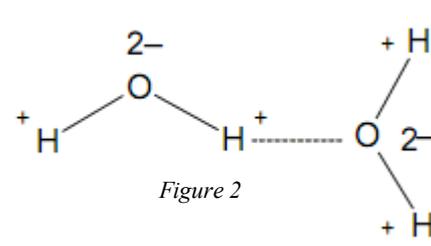
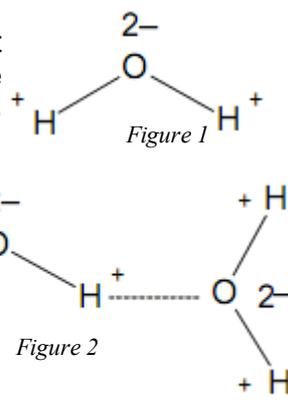
*Une émulsion est constituée de gouttelettes d'un liquide dispersées au sein d'un autre liquide. Pour que cette dispersion soit classée dans la catégorie des émulsions, il faut qu'elle soit stable, c'est à dire que les deux liquides ainsi mélangés ne se séparent pas rapidement en formant deux phases distinctes. Notre mélange eau-huile agité, est une émulsion instable.*

### 3) Comment interpréter la non miscibilité de l'huile et de l'eau ?

#### Document 2 : Structure des molécules d'eau et des molécule d'huile

La molécule d'eau est une molécule de géométrie « coudée » (ses trois atomes sont disposés en triangle) qui contient deux atomes d'hydrogène (H) et un atome d'oxygène (O) (voir figure 1). Les molécules d'eau sont comme toutes les molécules électriquement neutres, mais les différents atomes qui les constituent portent des petites charges électriques. Ainsi, l'atome d'oxygène étant légèrement chargé négativement, il va attirer un atome d'hydrogène d'une autre molécule qui lui est légèrement chargé positivement : cela forme ce que l'on appelle une liaison hydrogène (voir figure 2).

L'huile est quand à elle un corps gras que l'on appelle lipide. Sa molécule fait partie des triglycérides. C'est une molécule essentiellement constituée d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène et qui a la forme d'un peigne à trois dents. On donne ci-contre (voir figure 3) la molécule d'oléine, triglycéride insaturé, principal composant de l'huile d'olive.



Au vu de la structure de la molécule d'oléine, expliquer pourquoi l'huile et l'eau ne sont pas miscibles.

*L'huile comme les lipides et les corps gras ne présentent pas de groupe OH et ne peuvent donc pas former de liaisons hydrogène avec l'eau. C'est ce qui explique la non miscibilité de l'huile avec l'eau.*

## II) Comment stabiliser une émulsion ?

Sachant que l'huile et l'eau ne sont pas miscibles, on peut se demander si le jaune d'œuf, n'a pas un autre rôle que celui d'apporter l'eau nécessaire à la réalisation de la mayonnaise.

### 1) Quel est le rôle du jaune d'œuf dans la préparation d'une mayonnaise ?

#### Expérience 3 :

Dans un premier bol, on introduit du jaune d'œuf avec un peu d'huile. On mélange le tout avec un agitateur en verre.

a- Qu'observe-t-on ?

*L'huile et le jaune d'œuf se mélangent, ces deux composés sont miscibles.*

Dans un second bol, on introduit cette fois du jaune d'œuf mais cette fois-ci avec un peu d'eau. On mélange.

b- Qu'observe-t-on ?

*L'eau et le jaune d'œuf se mélangent, ces deux composés sont miscibles.*

c- Conclusion. Déduire de vos observations les propriétés des molécules contenues dans le jaune d'œuf.

*Le jaune d'œuf contient des molécules qui se mélangent aussi bien avec l'eau qu'avec l'huile, ces molécules sont dites tensioactives*

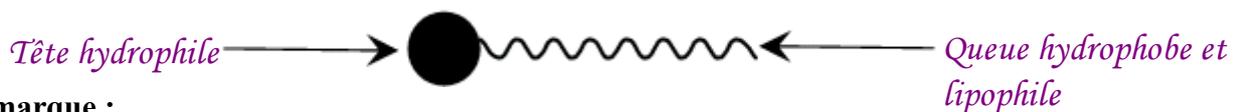
### 2) Quelle est la structure des composés tensioactifs ?

Un composé tensio-actif est une molécule qui présente deux parties :

- × une partie dite **hydrophile** qui peut former des liaisons hydrogènes qui présente donc une certaine affinité avec l'eau
- × une partie **lipophile** (qui « aime » l'huile) et **hydrophobe** (qui « n'aime pas » l'eau), constituée d'une longue chaîne carbonée.

La partie hydrophile, nommée tête de la molécule, est représentée par un rond, alors que la partie hydrophobe, la « queue » l'est par un trait ou par un « zigzag ».

Indiquer sur le schéma ci-dessous, la partie hydrophile et la partie hydrophobe-lipophile.



#### Remarque :

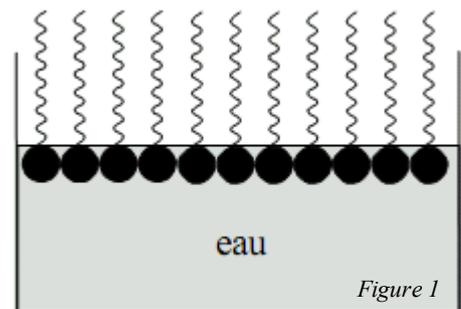
En cuisine, les molécules tensioactives sont appelées des **émulsifiants**. Ce sont souvent des lipides modifiés, des acides gras ou des lécithines (comme dans le jaune d'œuf). Ces molécules sont repérées dans les emballages alimentaires par des codes allant de E322 à E495.

### 3) Comment un tensioactif stabilise-t-il une émulsion ?

#### Document 3 : Les tensioactifs et la mayonnaise

Lorsqu'un composé tensioactif arrive au contact de l'eau, les molécules du composé tensioactif ont tendance à s'aligner à la surface de séparation de l'eau et de l'air : elles forment un film monomoléculaire avec les têtes hydrophiles orientées vers l'eau et les queues hydrophobes orientées vers l'air (figure 1).

Lorsque l'on mélange, l'huile et le jaune d'œuf, on mélange en réalité de l'huile, de l'eau et des lécithines (tensioactif). Lorsqu'on fouette la mélange, les molécules tensioactives enrobent les



gouttelettes d'huile, en mettant à leur contact leur partie hydrophobe : il se forme des **micelles**. (figure 2)

Ces micelles se repoussent et se dispersent dans l'eau (car les têtes hydrophiles sont toutes chargées positivement), forment des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau ce qui assure la stabilité de la mayonnaise. (figure 3)

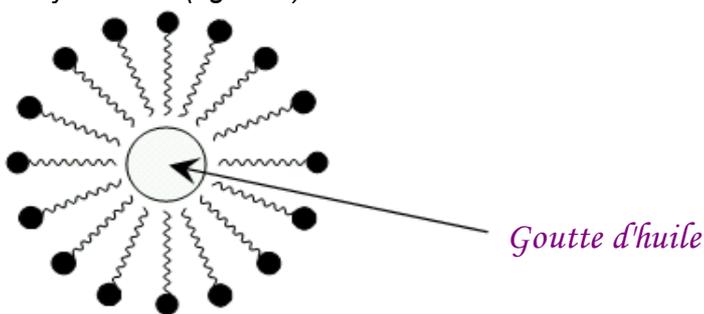


Figure 2



Mayonnaise Figure 3

Quelle est la propriété des tensioactifs qui permet de stabiliser une émulsion comme une mayonnaise ?

*C'est la coexistence d'une tête hydrophile et d'une queue lipophile qui permet aux tensioactifs de se lier à la fois à l'eau et aux corps gras comme l'huile et ainsi de fixer ces corps gras dans l'eau.*

### **III) Quels sont les secrets de la réussite d'une bonne mayonnaise ?**

On se propose d'étudier l'influence de la moutarde, du jus de citron et de la façon dont on introduit l'huile dans le jaune d'œuf.

Réaliser les 4 expériences décrites dans le tableau ci dessous et noter vos observations :

|                          | Protocole  | Observations   |
|--------------------------|--|--|
| Expérience 1 : référence | Placer dans un bol un peu de jaune d'œuf puis ajouter en un mince filet environ 10 mL d'huile tout en fouettant.                   | <i>La mayonnaise est jaune et épaisse</i>            |
| Expérience 2             | Placer dans un bol un peu de jaune d'œuf, un peu de moutarde puis ajouter en un mince filet environ 10 mL d'huile en fouettant.    | <i>La mayonnaise est plus épaisse</i>                |
| Expérience 3             | Placer dans un bol un peu de jaune d'œuf, du jus de citron puis ajouter en un mince filet environ 10 mL d'huile tout en fouettant. | <i>La mayonnaise est plus fluide et plus blanche</i> |
| Expérience 4             | Placer dans un bol un peu de jaune d'œuf puis ajouter en une fois environ 10 mL d'huile puis fouetter.                             | <i>La mayonnaise est ratée</i>                       |

Conclure quand au rôle de chacun des constituants et sur la façon d'introduire l'huile.

*La moutarde contient des molécules tensioactives, elle joue le même rôle que le jaune d'œuf.*

*L'ajout d'acide, comme le jus de citron ou le vinaigre, apporte de l'eau, sépare davantage les gouttelettes d'huile, la mayonnaise est stabilisée. Les micelles étant plus petites, elles ont plus de place pour s'écouler, la mayonnaise est donc plus fluide. On suppose que le blanchiment de la mayonnaise résulte d'une dispersion différente de la lumière par les gouttelettes.*

*On ajoute l'huile progressivement à la phase aqueuse car il est plus facile de diviser un peu d'huile en gouttelettes microscopique dans beaucoup d'eau que l'inverse. De plus, les molécules tensioactives recouvrent plus rapidement et plus régulièrement les gouttes d'huile si le tensioactif est présent en grande quantité.*