

**Objectif :** Déterminer l'ordre de grandeur de la taille d'une molécule.

### I. Introduction documentaire : l'esprit Benjamin Franklin (activité préparatoire au TP)

Examinons ce qui se passe lorsqu'on ajoute à l'eau une petite quantité de surfactant.

Les molécules de surfactant sont des objets assez extraordinaires. Ce sont des molécules plutôt petites (un à deux nanomètres de long) possédant deux propriétés violemment antagonistes.

Une des extrémités de la molécule est fortement hydrophile (c'est souvent une fonction acide). Nous l'appellerons la tête polaire de la molécule. Le reste de la molécule est résolument hydrophobe ; c'est une chaîne " aliphatique ", formée d'atomes de carbone et d'hydrogène. Si je plonge une telle molécule, seule dans l'eau, elle devient très " malheureuse ". Sa chaîne aliphatique ne songe qu'à fuir l'eau qu'elle exècre. Aidée par l'agitation thermique, elle parvient à la surface. La situation, sans être idéale, est déjà meilleure. La tête polaire peut rester immergée avec délice dans l'eau. La chaîne hydrophobe peut se sécher à l'air. En se serrant l'un contre l'autre comme les pingouins d'une rookerie, les molécules de surfactant peuvent alors réaliser une situation presque parfaite: tête dans l'eau, chaîne à l'air presque perpendiculaire à la surface. Lorsque toute la surface libre de l'eau est couverte, c'est l'idéal. Les molécules forment une couche bien régulière dont l'épaisseur est égale à une longueur moléculaire. C'est une **monocouche**.

.... Benjamin Franklin a, il y a deux cents ans, apporté une solution... simple. Nous avons tous entendu parler de Franklin, au moins comme l'inventeur du paratonnerre. Il fut aussi l'ambassadeur des jeunes États-Unis en France sous Louis XVI. C'était un homme de grande culture et de grande passion. Il s'intéressa à toutes les expériences que l'on faisait alors dans les " cabinets de physique " de ce siècle des Lumières, et notamment aux effets de l'huile sur l'eau. Depuis les Grecs, on sait qu'un film d'huile, répandu sur la mer, tend à calmer les vagues. Franklin va au bord d'un étang (à Clapham près de Londres) et verse, doucement, une cuillerée d'huile d'olive sur l'étang (les molécules d'huile sont assez semblables à celles que j'ai décrites). L'huile s'étale, mais l'aspect optique de la surface ne change pas (car le film déposé est très mince par rapport à la longueur d'onde de la lumière). Franklin arrive tout de même à reconnaître les régions qui sont recouvertes: en l'absence d'huile, la brise créait des vaguelettes sur l'étang; en présence d'huile, on ne voit plus de rides, la surface est lisse. La peau de l'eau est devenue rigide ! Grâce à ce test, Franklin peut estimer assez bien la surface du film d'huile. Elle est énorme: de l'ordre de 100 m<sup>2</sup>.

Cette expérience porte en elle-même un résultat considérable - qui ne sera pas exploité par Franklin, mais seulement cent ans plus tard par Lord Rayleigh. Si l'on divise le volume d'huile par la surface d'étalement, on trouve la hauteur du film - qui s'avère être de l'ordre du nanomètre: cette hauteur, c'est (en gros) **la taille des molécules d'huile**. Voilà l'expérience simple à laquelle nos étudiants doivent penser en premier ! Et tout l'art de cette expérience, c'est le don d'observation, l'astuce pour identifier les régions couvertes. Cet exemple me paraît très important. C'est ce que j'appelle " l'esprit Franklin " d'une expérience...

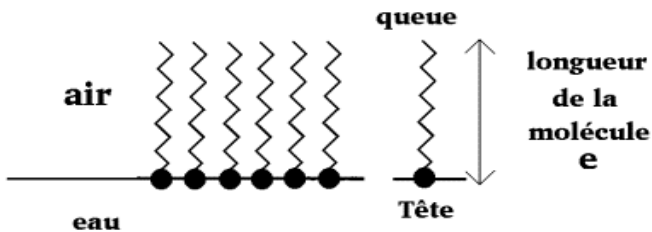
### Les objets fragiles -Pierre-Gilles de GENNES Prix Nobel de Physique 1991

Membre de l'Institut (Académie des Sciences)Professeur au Collège de France. Directeur de l'ESPCI

**Remarque :** Un surfactant est la substance active des détergents ou des lessives.

Les surfactants ont de nombreuses applications pratiques. Ils peuvent disperser dans l'eau des substances qui y sont insolubles. C'est ainsi qu'agissent les surfactants des lessives. Sur un tissu textile, une impureté hydrophobe est accrochée par des interactions moléculaires. . Insoluble dans l'eau, car hydrophobe, cette impureté résiste à un passage à l'eau. C'est une situation que l'on connaît bien : une belle tache de graisse sur la chemise après le déjeuner. Si je mets dans l'eau un peu de surfactant, les chaînes hydrophobes s'accrochent à l'impureté et présentent à l'eau une coquille de têtes polaires qui ne songe qu'à nager en pleine eau.

**La molécule est composée d'une tête hydrophile (qui pénètre dans l'eau) et d'une queue hydrophobe (qui reste en dehors de l'eau).**



### II. Travail préliminaire :

En utilisant un **protocole calqué sur celui utilisé par Franklin**, vous allez déterminer le diamètre moyen d'un grain de semoule

- 1) Mesurer à l'aide d'une éprouvette graduée un volume  $V = \dots\dots\dots\text{cm}^3$  de grains de semoule.
- 2) Etaler ces grains au fond d'un cristalliseur, en une monocouche continue et évaluer l'aire de sa surface  $S$ .
- 3) On pourra estimer que : volume versé = diamètre grain x surface monocouche de grains. Déterminer alors le diamètre approximatif d'un grain de semoule

### III. Protocole de l'expérience de Franklin

La molécule dont on souhaite mesurer la longueur est une molécule d'acide stéarique :  $C_{18}H_{36}O_2$

Nous avons dilué l'acide stéarique dans un solvant volatil l'éther de pétrole

#### ➤ Expérience préliminaire (professeur)

- remplir à ras bord un cristalliseur. Attendre l'immobilité de l'eau
- Saupoudrer de talc à la surface de l'eau.
- Laisser tomber au milieu de la surface de l'eau du cristalliseur une goutte d'éther de pétrole à l'aide d'une burette graduée.

Observations	Conclusion

#### ➤ Expérience élève

- remplir à ras bord un cristalliseur placé dans l'évier (cela doit déborder). Attendre l'immobilité de l'eau
- Saupoudrer de talc à la surface de l'eau (à 50 cm de distance avec un tamis)
- Verser dans la burette 5 mL de solution d'acide stéarique à  $1\text{g.L}^{-1}$  en solution étherée : solution  $S_0$
- Ouvrir le robinet de la burette de façon à obtenir une goutte à goutte très lent.
- Mesurer le nombre de gouttes dans 1 mL.  $N = \dots\dots\dots$
- Laisser tomber une goutte au milieu de la surface d'eau du cristalliseur. La goutte en tombant, écarte le talc : on obtient une grande tâche, qui se rétracte légèrement après évaporation du solvant.
- Peser une feuille de format « carte »  $M = \dots\dots\dots$
- Placer une plaque de verre au dessus du cristalliseur (sans toucher l'eau ...) et recopier la forme de la tâche.
- Placer ensuite sur la plaque une feuille de papier « carte » et recopier, par transparence la forme de la tâche.
- Découper la forme obtenue et peser le morceau de papier.  $m'' = \dots\dots\dots$

### IV. Exploitation des résultats

- 1) Pourquoi utilise t'on un solvant alors que Franklin avait utilisé de l'acide stéarique pur ?
- 2) Le volume de l'acide stéarique n'est pas égal au volume de la goutte, en raison de la présence du solvant. La solution d'acide stéarique est de concentration massique  $1\text{g.L}^{-1}$ .

#### ❖ Calcul de la masse d'acide à la surface de l'eau :

- nombre de goutte dans 1mL de solution  $S_0$  :
- masse d'acide dans un litre de solution  $S_0$  :
- masse d'acide dans un mL de solution  $S_0$  :
- masse d'acide dans une goutte de solution  $S_0$  :

#### ❖ Calcul du volume de la tâche d'acide à la surface de l'eau :

La masse volumique de l'acide stéarique est  $\rho = \frac{m}{v} = 0,85 \text{ g.cm}^{-3}$  d'où le volume  $v = \dots\dots\dots$

#### ❖ Calcul de la surface de la tâche :

- la masse de 10 feuilles au format « carte » est égale à  $M = g \dots\dots g$  d'où la masse d'une feuilles est  $m' = \dots\dots\dots g$
- masse de la feuille découpée au format de la tâche :  $m'' = \dots\dots\dots g$
- $S =$

#### ❖ Calcul de l'épaisseur de la tâche et donc de la longueur de la molécule :

$e =$

La valeur théorique est de  $3.10^{-9} \text{ m}$ . Faire un calcul d'écart relatif :  $\frac{e_{\text{exp}} - e_{\text{th}}}{e_{\text{th}}} = \dots\dots\dots \%$