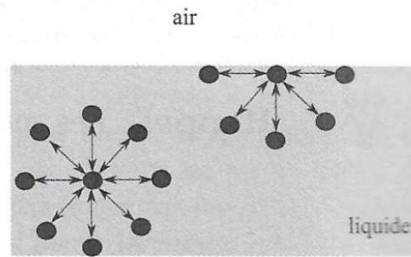


Chapitre 9 : Phénomènes de tension superficielle

I. Tension superficielle

1. Origine physique - cas de l'interface liquide vapeur – coefficient de tension superficielle



• Interprétation du phénomène de tension superficielle

- Interactions intermoléculaires assurant la cohésion du liquide :
- Compensation au sein du liquide : la somme des forces s'exerçant sur chaque molécule est nulle
- A l'interface liquide – air : les interactions liquide / air étant plus faibles que les interactions liquide / liquide, la somme des forces s'exerçant sur chaque molécule de liquide de l'interface n'est plus nulle : la résultante de ces forces est dirigée vers le liquide

→ énergie nécessaire pour apporter une molécule du cœur du liquide vers la surface

• Estimation du coefficient de tension superficielle γ (en $J \cdot m^{-2}$)

- énergie de cohésion par molécule au sein d'un liquide : $k_B T$
- k_B = constante de Boltzmann T = Température en kelvin.
- énergie perdue par une molécule à la surface du liquide :
- énergie E nécessaire pour amener une molécule du liquide à la surface :
- Surface S d'une molécule :
- énergie par unité de surface : $\gamma = \frac{E}{S}$

coefficient de tension superficielle

→ γ correspond à l'énergie à fournir pour augmenter l'interface entre le liquide et le gaz d'1 m²

→ Le phénomène de tension superficielle a pour effet de minimiser l'air de l'interface entre deux fluides

Liquide	$\gamma_{\text{liq} - \text{air}}$ (mN · m ⁻¹)	T (°C)
Eau	72	20
Eau	58	100
Eau - huile	~ 50	20
Éthanol	23	20
Cyclohexane	25	20
Mercure	485	20

2. Energie de surface

- Energie nécessaire pour augmenter l'interface d'une aire A à une aire dA

$$\delta W =$$

- Enthalpie libre

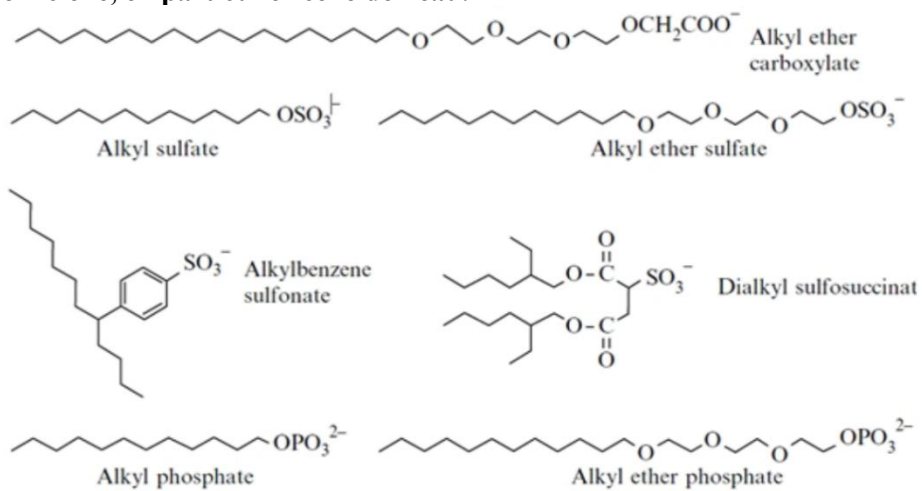
$$dG =$$

Evolution à T, P et n_i constants :

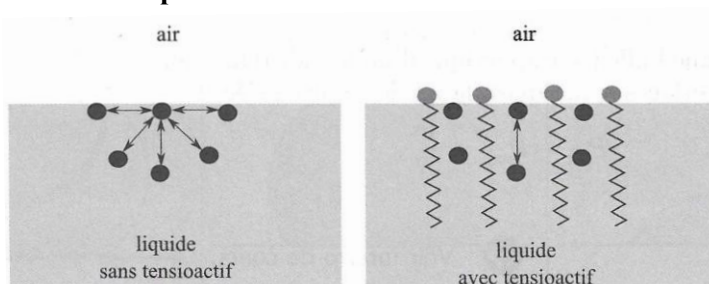
Conséquence :

3. Tensioactif

- Un agent tensioactif est un composé qui, même utilisé en faible quantité, abaisse de façon importante la tension superficielle, en particulier celle de l'eau.

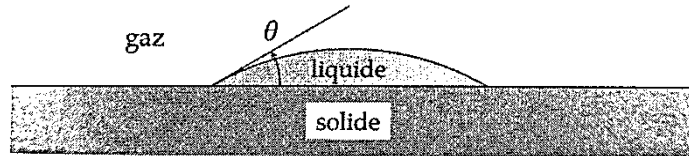


- Interprétation



II. Mouillabilité et capillarité

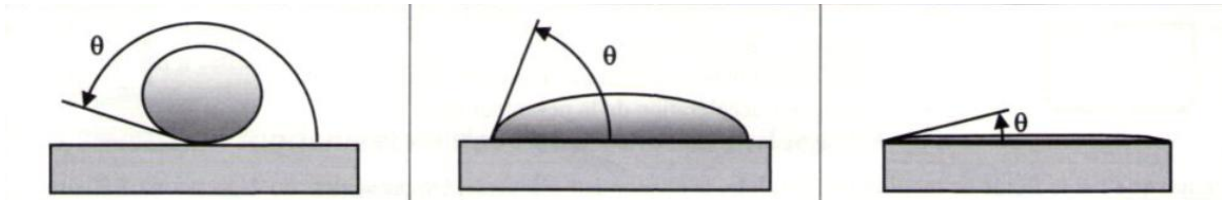
1. Loi d'Young



- γ_{LG} : coefficient de tension superficielle à l'interface liquide-gaz
= énergie par unité de surface nécessaire pour augmenter l'interface liquide-gaz
- γ_{SG} : coefficient de tension superficielle à l'interface solide-gaz
= énergie par unité de surface nécessaire pour augmenter l'interface liquide-gaz
- γ_{SL} : coefficient de tension superficielle à l'interface solide-liquide
= énergie par unité de surface nécessaire pour augmenter l'interface solide-liquide

$$\cos(\theta) = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}} \quad \text{Loi de Young}$$

2. Mouillabilité d'une surface



Mouillabilité partielle du solide :

$\theta > \pi/2$: le liquide est peu mouillant (exemple : verre-mercure-air)

$0 < \theta < \pi/2$: le liquide est partiellement mouillant (exemple : verre-eau-air)

Mouillabilité totale (ou parfaite) du solide :

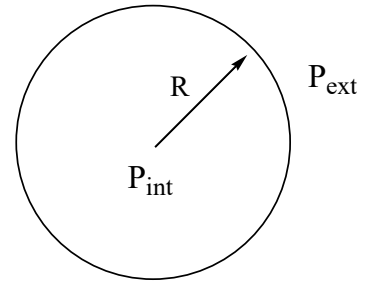
Mouillabilité nulle du solide :



3. Loi de Laplace : cas d'une sphère

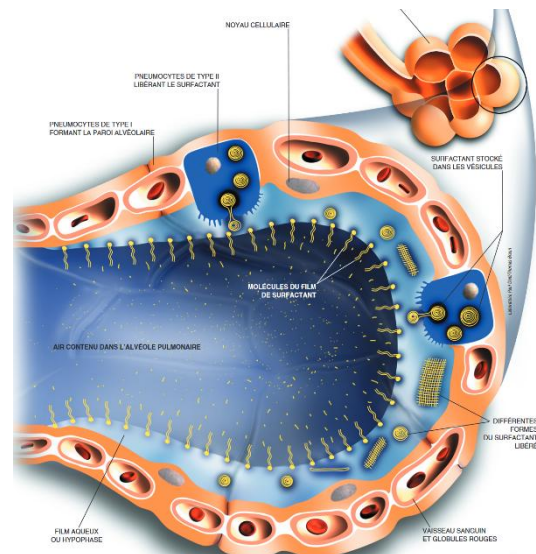
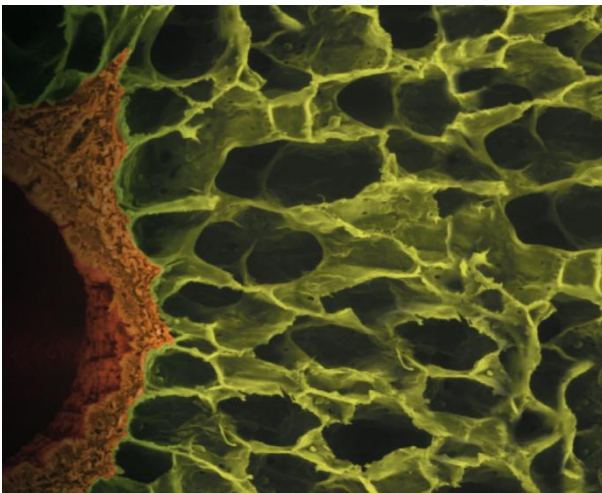
Si on considère une sphère de liquide de rayon R , que l'on note γ le coefficient de tension superficielle entre le fluide intérieur et le fluide extérieur, P_{int} la pression intérieure et P_{ext} la pression extérieure :

$$P_{int} - P_{ext} = \frac{2\gamma}{R} \quad \text{Loi de Laplace}$$



Conséquences

Application : alvéoles pulmonaires



4. Loi de Jurin de l'ascension capillaire

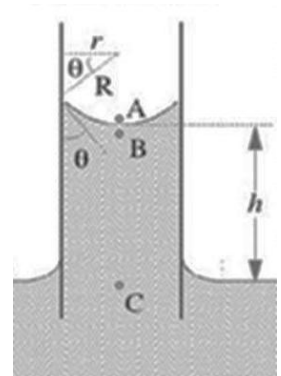


Loi de Young :
$$\cos(\theta) = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$$

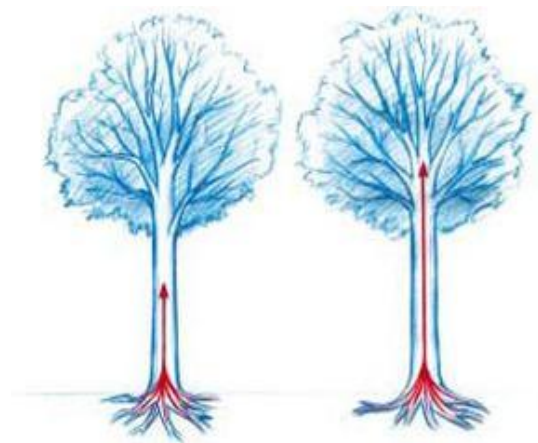
✓ Si l'angle de mouillage θ est inférieur à $\pi/2$, on a $\gamma_{SL} < \gamma_{SG}$. On a ainsi un gain d'énergie lorsqu'on remplace une interface solide gaz par une interface solide liquide. C'est ce qui se produit lorsque le liquide monte dans le tube capillaire, jusqu'à ce que l'augmentation de l'énergie potentielle de pesanteur compense exactement cet effet.

✓ Si l'angle de mouillage θ est supérieur à $\pi/2$, $\gamma_{SL} > \gamma_{SG}$ et un gain d'énergie peut être obtenu en remplaçant une interface solide liquide par une interface solide gaz. C'est ce qui se passe par exemple avec du mercure liquide.

Démonstration à partir de la loi de Laplace



Démonstration énergétique en utilisant la loi de Young



Les questions à se poser à l'issue de ce chapitre**Le phénomène de tension superficielle**

- *Est-ce que je sais expliquer l'origine physique à l'échelle microscopique (moléculaire) du phénomène de tension superficielle ?*
- *Est-ce que je peux retrouver l'ordre de grandeur du coefficient de tension superficielle ?*
- *Est-ce que je sais exprimer l'énergie de surface en fonction du coefficient de tension superficielle ?*
- *Est-ce que je sais interpréter qualitativement le rôle des tensioactifs sur le phénomène de tension superficielle ?*

Mouillabilité

- *Est-ce que je sais interpréter qualitativement la mouillabilité d'une surface en termes d'énergie de surface (et faire le schéma associé) ?*
- *Est-ce que je sais à quoi correspond chacun des termes de la loi de Young ?*

Loi de Laplace

- *Est-ce que je sais à quoi correspond chacun des termes de la loi de Laplace (et faire le schéma associé) ?*

Ascension (ou descente) capillaire – Loi de Jurin

- *Est-ce que je sais redémontrer la loi de Jurin :*
 - *En utilisant la loi de Laplace*
 - *à partir des variations des énergies de surface et de l'énergie potentielle de pesanteur ?*