

Titre : 5 - Phénomènes interfaciaux impliquants des fluides

Présentée par : Pierre Eloi Nillen

Rapport écrit par : Gabriel Gouraud

Correcteur : Marc Rabaud

Date : 13/01/2019

Bibliographie de la leçon :

Titre	Auteurs	Éditeur	Année
Gouttes, bulles perles et ondes	Pierre Gille de Gennes		
Thermodynamique	Perez		
Hydrodynamique physique	Etienne Guyon		

Plan détaillé

Niveau choisi pour la leçon : L3

Pré-requis : Thermodynamique, hydrodynamique

Pourquoi utilise t'on du savon pour se laver les mains, pourquoi les gouttes qui se déposent sur les nénuphars ne mouillent pas, telles sont les questions associées à la tension de surface que l'on se pose depuis le 15^{ième}

I Tension Superficielle

1 Mise en évidence, origines microscopiques

Expérience : on observe le ménisque d'un verre d'eau plein, on conclut qu'il faut ajouter au poids une force.

Interprétation, les particules à la surface n'ont pas la même énergie potentielle. Il est donc coûteux ou avantageux de créer de la surface.

2 Force de tension superficielle

On forme un film d'eau savonneuse sur un cadre et on constate l'apparition d'une force, la tension de surface est donc une force linéique.

$$dF = -2 \cdot \gamma \cdot dl \cdot u$$

γ dépend de l'interface

Varie de la 10^{ème} à quelque 500 mN/m

3 Approche énergétique

$dW_s = dx \cdot F = \gamma \cdot dA$ avec dA aire élémentaire.

premier principe pour l'énergie libre $dF = dW - SdT = dW_s = \gamma \cdot dA$

donc $F = \gamma \cdot A$

On a bien pour γ positif une diminution de la surface.

II Interface Statique (11 min)

1 Loi de Laplace

Etude de la différence de pression entre intérieur et extérieur d'une bulle.

En posant l'égalité des travaux à l'équilibre on retrouve $\Delta p = 4\gamma/R$ avec R le rayon.

Discuter la généralisation $\Delta p = \gamma(1/R + 1/R')$

ODG : $R = 1\text{mm}$ $\gamma = 73\text{ mN/m}$ $\Delta p = 146\text{ Pa}$

2 Mouillage d'Young

Dessin de gouttes mouillées 3 cas :

- θ aigu mouillage
- $\theta = 0$ mouillage totale
- θ obtus mouillage faible (goutte ronde)

Condition d'Young : On écrit l'équilibre mécanique de la ligne triple, retrouver

$$\cos(\theta) = (\gamma_{sv} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lv}$$

Selon les échelles le poids peut être dominant ou négligeable

3 Compétition pesanteur tension superficielle, longueur capillaire.

Par analyse dimensionnelle, $l_c = \sqrt{\gamma/\rho g}$

Calculons-le profile d'eau au bord d'une particule flottant sur une surface.

Les termes de pression dû à la gravité et à la tension de surfaces se compensent ce qui donne

$$-\gamma/R = -\rho g z$$

$$\text{Donc } d(dz/dx)/dx = z/l_c^2$$

$$z(x) = z(0)\exp(-x/l_c)$$

Donner d'autres exemples où l_c apparaît.

III Interfaces dynamiques, ondes gravito capillaires

15 minutes de développement vue en TD, on obtient $\omega^2 = gk(1 + (l_c k)^2)\tanh(gk)$

ODG si $l_c k = 1$ $\lambda = 16\text{mm}$

Discussion sur les 2 régimes capillaires et gravitaire.

Conclusion : Ouverture sur l'instabilité de Rayleigh Plateau,

Questions posées par l'enseignant

- Méthode de mesure de γ ? (Ondes de surface, ou mesure de tension sur l'arrachement d'un anneau)
- Comment est la résultante de la tension sur la surface ? Sa résultante est nulle car la surface est à l'équilibre.
- Quel est le lien entre γ et l'enthalpie d'évaporation ? Résulte tous 2 de la cohésion interne.
- Décrire la loi de Jurin, y a-t-il une hauteur max ? Oui, pour atteindre une hauteur donnée, il faut abaisser la pression au niveau du ménisque, à un certain stade le liquide s'évapore, cf monté de la sève dans les arbres.
- Pourquoi faut-il du sable humide pour faire des châteaux à la plage ? (les grains sont collés par la tension de surface, on comprend aussi pourquoi il ne faut pas

mettre trop d'eau.

- Pourquoi les gouttes d'eau ne glissent pas sur les parois inclinées ? La présence de défaut peut conduire à une résultante non nulle des tensions superficielles.

Commentaires donnés par l'enseignant

- Penser à la fin des calculs à tirer les conséquences de vos résultats, à rapprocher d'applications concrètes ou de la vie quotidienne. Cette leçon s'y prête particulièrement.
- Attention au calcul de la loi de Young et des cas limites de mouillage total ou de non-mouillage.
- Une bulle n'est pas forcément une bulle de savon avec 2 interfaces air/eau.

Partie réservée au correcteur

Avis général sur la leçon (plan, contenu, etc.)

Plan assez classique. Bonne gestion du temps. Essayer d'ajouter un peu d'enthousiasme, d'excitation à votre présentation. On a l'impression que le sujet ne vous amuse pas beaucoup !

- Le calcul de la relation de dispersion des ondes gravito-capillaires était bien fait, mais prend à mon avis trop de temps. En plus inutile de le faire dans le cas eaux peu profondes qui complique le calcul inutilement. Peut-être faire sur transparent et expliquer simplement les hypothèses et les conséquences du calcul.

Notions fondamentales à aborder, secondaires, délicates

- Il faut à mon avis traiter au moins une technique de mesure de la tension de surface, et en tout cas savoir bien répondre à la question.

Expériences possibles (en particulier pour l'agrégation docteur)

Bibliographie conseillée