

# LP10 : Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides

Correcteurs : Geraldine DAVIS, Alain Villaume  
leçon présentée par Clément Guiller

## Rapports de jury

[2012 - 2011] Le lien avec les potentiels thermodynamiques n'est pas souvent maîtrisé. Il est important de dégager clairement l'origine microscopique du phénomène.

[2010 - 2009] La force de tension superficielle est très mal décrite et comprise; cette notion permet pourtant d'interpréter de nombreux résultats de façon simple et concrète. L'étude énergétique de l'interface doit s'appuyer sur une thermodynamique rigoureuse, les systèmes et transformations étudiés sont définis avec une grande précision.

## Commentaires généraux

La leçon est excellente; le plan proposé est cohérent et les notions maîtrisées, les applications citées sont pertinentes et en nombre suffisant. Quelques ordres de grandeurs auraient pu être ajoutés (valeurs de la tension superficielle pour différents liquides, longueur capillaire, etc...) Les manips illustratives sont pertinentes. Le choix des applications est également pertinent, on peut aussi, selon ses affinités présenter des phénomènes comme l'effet Marangoni, L'instabilité Rayleigh Plateau ou mentionner les cristaux liquides.

## Leçon présentée

La manip d'introduction est simple mais intéressante. On peut mentionner la densité de l'aluminium pour appuyer le fait que le trombone flotte.

### I La tension superficielle

#### 1 Origine microscopique de la tension superficielle

Si l'interprétation microscopique des forces de tension superficielle est bien présentée, il est in-

teressant d'insister plus sur le fait que celle-ci dépend des deux fluides de chaque côté de l'interface. Il peut être pertinent de placer cette partie après la définition phénoménologique de  $\gamma$ , en l'axant comme une interprétation plutôt que comme le point de départ.

#### 2 Définition thermodynamique

Appuyer les lois phénoménologiques par des manips est tout à fait pertinent. Il peut être intéressant de commencer par la loi en force, plus intuitive, en déduire celle en énergie, plus pratique, et enfin arriver à une formulation selon l'énergie libre, qui est le potentiel thermodynamique pertinent pour cette étude. Toutes les applications qui ont suivi, présentées proprement en termes d'énergie potentielle, auraient pu être encore plus inattaquables si elles avaient été présentées comme des différentielles de l'énergie libre. Dans cette sous partie, bien pouvoir justifier le calcul en ODG quand on prend comme énergie de liaison  $k_b T$ .

#### 3 Équivalence à une force linéique

L'expérience de la petite bulle qui se vide dans la grande donne une bonne illustration. On peut parler de la caténoïde (surface ouverte à courbure nulle partout) si on présente la forme générale de la loi de Laplace (cf Guyon Hulin Petit, p. 56)

### II Conséquences fondamentales

#### 1 Loi de Laplace

On peut donner ici ou en conclusion des applications (nucléation, pluie dans les nuages, retard dans les transitions de phase : métastabilité, etc)

#### 2 Ondes de surface

Il est conseillé de démontrer Young-Dupré par avec une approche énergétique (pour rester dans le ton général de la leçon). Dans cette partie, il

peut être intéressant de montrer des photos de mouillage plus ou moins efficaces : c'est plus parlant qu'un vague tracé au tableau. Puis discuter de ce que l'on mesure (en général, on s'intéresse au terme solide/liquide dans Young-Dupré).

### III Applications

#### 1 Ascension capillaire

Justifier pourquoi on prend de l'éthanol plutôt que de l'eau. Et dans quel cas (diamètre "pas trop grand" devant la longueur capillaire) on peut approximer le ménisque comme étant sphérique. L'explication sur le bilan de force n'est pas très clair : là aussi un raisonnement énergétique est sans doute préférable. Enfin il faudrait donner les ODG de la hauteur  $h$  d'ascension capillaire (c'est bien fait dans le poly)

#### 2 Imprégnation capillaire

Partie intéressante, il faut être capable de reconnaître une loi de diffusion, en l'occurrence ici de quantité de mouvement, et de faire une analogie avec Poiseuille.

#### 3 Ondes gravito-capillaires

Donner directement la relation de dispersion et la commenter est une bonne approche. Il n'est par contre pas raisonnable d'amener la longueur capillaire seulement ici, à la toute fin de la leçon : il serait judicieux de l'introduire bien avant, sur un exemple au choix, et de la discuter davantage. On peut aussi introduire le nombre de Bond, qui quantifie le rapport pesanteur/force de tension superficielle.

### Questions et compléments divers

Dans la partie "bonus" sur Rayleigh Plateau, non traitée pendant la leçon : attention à ne pas évoquer d'amortissement : il n'y a pas de phénomène dissipatif ici (pas de viscosité).

En lien avec la partie III-3 et les ondes gravito-capillaire, on peut mentionner que lorsque la houle déferle sur la plage, il s'agit d'un changement de régime (eaux profondes à eaux peu profondes) des ondes de surface.

Beaucoup de phénomènes mettent jeu la loi de Jurin : on peut citer celui des canards (sucre trempé dans le café).

En vue des questions, Il peut également être judicieux de se documenter un peu sur l'effet Marangoni, lié à un gradient de la tension superficielle.

Enfin il y a aussi d'autres applications un peu plus "originales" des tensions actives, comme l'amélioration de l'extraction du pétrole grâce à l'ajout de tensioactifs.

### Bibliographie proposée

Pierre-Gilles de Gènes et al, Gouttes, Bulles, Perles et Ondes  
Guyon-Hulin-Petit, Hydrodynamique  
BUP : énergie potentielle d'un système d'interfaces  
Fermigier, Hydrodynamique physique