

LP10 : Phénomènes interfaciaux impliquant des fluides

Correcteurs : Samuel Boury*, Alain Villaume†
leçon présentée par Léa Lachaud

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 bien menée; le plan proposé est cohérent et les notions maîtrisées, les applications citées sont pertinentes et en nombre suffisant. Quelques illustrations et ordres de grandeurs auraient pu être ajoutés (valeurs de la tension superficielle pour différents liquides, longueur capillaire, etc...) Les manip illustratives sont pertinentes. Le choix des applications est également pertinent, on peut aussi, selon ses affinités présenter des phénomènes comme l'effet Marangoni, Les ondes gravito-capillaires ou mentionner les cristaux liquides.

On peut tout à fait dès l'intro éveiller l'attention du jury en illustrant ici l'application développée ultérieurement dans la leçon : les chambres à brouillard.

Leçon présentée

Une manip d'introduction simple est possible avec un trombone qui "flotte" sur l'eau. On peut mentionner la densité de l'aluminium pour appuyer le fait que le trombone flotte.

*samuel.boury@ens-lyon.fr

†alain_villaume@yahoo.fr

I La tension superficielle

1 interprétation phénoménologique

La manip classique du film de savon que l'on perce est pertinente : l'ensemble est clair, les conclusions bien dégagées. On peut toutefois préciser que la tension de surface peut-être donnée en deux unités différentes, et montrer l'équivalence.

Bien indiquer dès le début de la leçon que la tension de surface dépend aussi des deux fluides considérés, ce qui n'était pas clairement indiqué).

Il serait bien d'avoir un schéma au tableau pour le raisonnement mécanique sur la tension de surface qui "tire" la barre mobile du côté où est le film- cela permet de bien définir comment on calcule le travail.

2 Origine microscopique

La présentation de la tension de surface comme une mesure de défaut énergétique causé par l'existence d'une interface est intéressante qualitativement, tout comme l'évaluation en ODG qui en est faite. Attention toutefois dans cette sous partie, il faut bien pouvoir justifier pourquoi on prend comme énergie de liaison $k_b T_{eb}$, et pourquoi le résultat est aussi approximatif (sous évaluation de la tension superficielle de l'eau).

Par ailleurs, la dépendance en température de la tension superficielle, si elle a bien été discutée qualitativement, n'apparaît pas dans ce modèle simpliste.

3 Définition thermodynamique

Sous partie convaincante.

II Interfaces à l'équilibre

1 Loi de Laplace

L'expérience de la petite bulle qui se vide dans la grande donne une bonne illustration, classique. Lors de la généralisation de la loi de Laplace, un schéma serait le bienvenu pour indiquer clairement les 2 rayons de courbures considérés.

Il est possible de 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)

On peut donner ici ou en conclusion des applications (nucléation, pluie dans les nuages, retard dans les transitions de phase : métastabilité, etc). De fait, il aurait été judicieux d'intervertir cette sous partie et la suivante, pour profiter d'une certaine redondance avec la nucléation homogène, pour gagner du temps ou faire une transition vers la nucléation. Voire carrément ne pas parler de la Loi de Laplace pour se concentrer sur les chambres à bulles.

2 Mouillage et loi de Young-Dupré

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). S'attendre à des questions sur le rôle de la rugosité (modèle de Wenzel et limites).

III Interfaces instables

1 Un cas statique : la nucléation homogène

Partie intéressante, notamment l'application chambres à brouillard pour la détection de particules. La vidéo est convaincante, bien la mettre en valeur ici et/ou au début de la leçon est primordial.

Les explications liées à la nucléation et la formation de gouttes de liquides sont bonnes. Il faut néanmoins penser à se renseigner sur le mécanisme de disparition des bulles de liquides formées, qui reste peu clair, et non explicable par la théorie développée ici.

2 Un cas dynamique : l'instabilité de Rayleigh-Taylor

Parte à peine abordée faute de temps. On peut soit en parler qualitativement ici ou au début (pot de miel à l'envers, on introduit des distances caractéristiques), soit opter pour une autre application.

Il n'est par contre pas raisonnable d'amener la longueur capillaire seulement ici, en toute fin de la leçon : il serait judicieux de l'introduire bien avant, sur un exemple au choix, et de la discuter davantage, pour différents liquides, et sur différentes manipulations (loi de Jurin). On peut aussi introduire le nombre de Bond, qui quantifie le rapport pesanteur/force de tension superficielle.

Questions et compléments divers

On peut bien sur ici faire une manipulation avec la loi de Jurin, car beaucoup de phénomènes y sont reliés : on peut citer celui des canards (sucre trempé dans le café).

Dans le cas où on décide de ne pas parler de la loi de Jurin et de l'ascension capillaire, il faut trouver quelque chose d'autre qui illustre bien que "phénomènes interfaciaux" ne se résume pas à "tension de surface pour des bulles et des films".

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.

Une cas dynamique possible, et sans doute plus simple que Rayleigh-Taylor porte sur les ondes gravito-capillaires : on peut donner directement la relation de dispersion et la commenter.

Bibliographie proposée

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