
OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD



Capillarité-Tension superficielle

LYCÉE

Lycée du Parc - 69006 Lyon (*Lyon*)

PARTICIPANTS

Élèves

Morgan DESORT, Thomas HALLOUIN et Guillaume PRINCEN

Professeur responsable

Régis NÉEL

Conseiller scientifique

Jean FORNAZERO

Personnel de laboratoire

Janine FRÉSARD et Gérard PERRAUD

Laboratoire d'accueil

Département de physique des matériaux UMR 5586

BUT DE CE PROJET

Observer des phénomènes dans lesquels la capillarité intervient, tenter leur explication et décrire quelques applications industrielles.

1. OBSERVATION DE FAITS ET D'EXPÉRIENCES SIMPLES

La forme d'une stalactite de glace, le tracé des gouttes qui coulent le long du pare-brise, la mousse de la bière, la goutte d'eau qui glisse sur une plaque horizontale surchauffée, les perles de rosée sur une toile d'araignée ou sur une feuille, la montée du

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

café dans un morceau de sucre, les ménisques que l'on observe dans les tubes étroits en verre, les petites gouttes qui se forment inmanquablement le long d'un fin fil que l'on retire d'une eau glycinée, le comportement différent des gouttes que l'on dépose sur une lame de verre selon la nature du liquide, les bulles de savon mettent en jeu un phénomène que nous côtoyons tous les jours ; il s'agit de la **capillarité**.

Nous avons montré comment les lames de liquide apparaissent sur des armatures métalliques de formes diverses que l'on retire d'une eau savonneuse et que l'on peut obtenir des bulles cubiques ou cylindriques. Nous nous sommes demandé pourquoi un petit disque portant un fragment de savon dans des échancrures diamétralement opposées se mettait à tourner dès l'instant qu'on le posait sur l'eau et pourquoi une petite cuillère en plastique placée en déséquilibre à la surface d'un verre d'eau rempli à ras bord tombait dès que l'on ajoutait une goutte ou deux de savon liquide tandis qu'un volume d'eau relativement important s'écoulait à l'extérieur du verre. Pourquoi une aiguille métallique peut flotter à la surface de l'eau alors que cela est impossible si on utilise de l'eau savonneuse ?

2. QUELQUES EXPLICATIONS

Dans un liquide, les molécules interagissent grâce à des forces de nature électrique ; ce sont les forces de Van der Waals. Au sein d'un liquide, la somme de ces forces s'exerçant sur chaque molécule est nulle. En revanche, à la surface, et contre la paroi qui contient le liquide, ce n'est plus le cas. En particulier, à la surface, la résultante est dirigée vers l'intérieur. On parle de **tension superficielle**. C'est elle qui maintient en équilibre la spatule en plastique placée en porte à faux à la surface d'un verre d'eau plein à ras bord. Le fait d'ajouter un peu de savon liquide diminue cette force et la spatule tombe à l'extérieur tandis que le trop plein d'eau s'écoule. Cette force est responsable aussi de l'effet de peau observable à la surface et qui peut supporter l'aiguille en acier. Près des parois, la tension superficielle est responsable de la forme des ménisques, c'est elle aussi qui modèle la forme des gouttes déposées sur une lame de verre. La tension superficielle est très facile à mettre en évidence à l'état pur grâce à l'expérience de Dupré : sur un petit cadre métallique rectangulaire non fermé sur un côté et tenu horizontalement, on place une tige légère parallèlement au côté manquant et très près de celui-ci. On plonge le cadre dans de l'eau additionnée d'un peu de savon et on le retire délicatement. La lame liquide obtenue tend à diminuer rapidement sa surface et entraîne avec la tige mobile avec elle. La force de capillarité est à l'œuvre, c'est elle qui minimise la surface du liquide et explique ce qui se passe sur un cadre de forme complexe que l'on retire d'une eau légèrement glycinée par exemple.

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

3. MESURE DE LA CONSTANTE DE CAPILLARITÉ

Dans l'expérience de Dupré, la force qui déplace la tige dépend de la nature du liquide et de la longueur L de la tige selon la loi $F = A.L$. Il est très facile de mesurer la constante de capillarité A à l'aide d'une petite balance type «trébuchet» et faite avec peu de moyen. A une extrémité du fléau, on suspend une bande circulaire de 50 mm de diamètre confectionnée avec de la feuille d'aluminium. Un ou deux trombones placés à l'autre extrémité du fléau assure(nt) l'équilibre. On met ensuite le bord inférieur de notre anneau au contact avec la surface de l'eau contenue dans un petit récipient. La bande est tirée vers le bas, il ne reste plus qu'à produire l'arrachement en plaçant à l'autre bout du fléau la masse m adéquate. On a alors $mg = 2 \times 2\pi RA$. Nous avons trouvé A de l'ordre de 75 mN/m.

En pesant une centaine de gouttes d'eau données par un compte-gouttes, nous pouvons calculer le poids mg d'une seule goutte et avoir accès à la constante A car $mg = \pi RA$ où R est le rayon intérieur du compte-gouttes.

L'expérience bien connue de Jurin permet aussi de mesurer A . Nous l'avons réalisée à l'aide de deux plaques de verre (15×10 cm) formant un dièdre très peu ouvert (l'épaisseur d'un trombone placé à 10 cm de l'arête). L'ascension d'une solution de permanganate de potassium assez concentrée dessinait une bien jolie hyperbole d'équation $h = 4A/\mu g \alpha x$ où μ est la masse volumique de l'eau, α l'angle du dièdre et x la distance à l'arête du dièdre. L'expérience de Jurin permet de comprendre la montée de l'eau dans un morceau de sucre ou dans les interstices du sol ou encore dans les végétaux.

4. APPLICATIONS INDUSTRIELLES**4.1. Pouvoir mouillant**

Les produits phytosanitaires doivent mouiller les plantes le mieux possible au cours de l'épandage. Le fabricant doit donc adjoindre un agent mouillant qui augmente les forces de capillarité entre l'eau et les feuilles. Un fabricant de prothèse de hanche choisira les matériaux de l'articulation de manière qu'ils restent bien mouillés par les liquides biologiques qui agissent normalement dans ce cas précis. A l'inverse, un fabricant de pare-brise devra mettre en œuvre un traitement de surface qui minimise l'adhérence de l'eau sur le verre. Même chose pour les peintures destinées à protéger la coque des bateaux.

OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIADES DE PHYSIQUE – OLYMPIAD

4.2. Le pouvoir détergent

Les détergents contiennent un agent mouillant et un savon qui est un composé ionique. L'anion a une partie hydrophile et une partie hydrophobe. La partie hydrophobe va s'attacher aux traces de terre ou de matière grasse et la partie hydrophile va entraîner celles-ci dans l'eau de lavage et de rinçage. Ici encore, ce sont des forces de tension superficielles qui sont à l'œuvre entre l'eau et la partie hydrophile du détergent et entre les salissures et la partie hydrophobe.

4.3. Le pouvoir moussant

Si un liquide est le siège d'une formation de bulles et s'il contient un corps tensio-actif, celui-ci entoure chaque bulle d'une couche monomoléculaire assez résistante de sorte qu'en arrivant à la surface, les bulles ne crèvent pas rapidement et forment une mousse qui peut être du plus bel effet ou au contraire trahir une pollution lorsqu'elle est entraînée à la surface de l'eau d'une rivière.