

## Etude de surfaces hydrophobes

Lorsqu'un canard sort de l'eau, celle-ci glisse sur ses plumes et ne s'y incruste pas, comme les gouttes d'eau sur les feuilles de lotus. En observant ce phénomène où une surface et l'eau ont peu d'affinités, j'ai eu envie d'en étudier les causes et ce qui caractérise l'hydrophobie.

L'hydrophobie est liée aux interactions interfaciales entre des milieux solide, liquide et gazeux. En particulier, l'inhomogénéité de la surface de contact, sa nature chimique et la tension de surface jouent un rôle fondamental sur la forme de la goutte d'eau qui y est déposée, ainsi que sur ses angles de contact.

### Professeur encadrant du candidat :

*PIERRE CHARY (Pas de téléphone / pchary@free.fr)*

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

### Liste des membres du groupe :

- *ISSELIN Floriane*

### Positionnement thématique (phase 2)

*PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), CHIMIE (Chimie Inorganique).*

### Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Surface</i>	<i>Area</i>
<i>Hydrophobe</i>	<i>Hydrophobic</i>
<i>Goutte d'eau</i>	<i>Water drop</i>
<i>Intéactions</i>	<i>Interactions</i>
<i>Plots</i>	<i>Plots</i>

### Bibliographie commentée

L'hydrophobie est un phénomène que l'on observe directement dans la nature. La forme caractéristique sphérique adoptée par une goutte d'eau s'explique par le phénomène de tension superficielle : l'air et l'eau ayant peu d'affinités, les molécules d'eau adoptent la forme de plus faible surface pour un volume donné, c'est-à-dire une sphère. ([1],[8]).

Cette forme de la goutte est néanmoins modifiée lorsque l'eau vient à entrer en contact avec une surface : selon son affinité avec le substrat, elle va chercher à plus ou moins avoir de surface de contact avec ce dernier. Les notions d'étalement et de mouillage de la goutte sur une surface interviennent (la relation de Young permet de quantifier cela; cette formule prend en

compte l'angle que fait la goutte avec la surface, ainsi que les énergies de surfaces liées aux interfaces solide/liquide, solide/vapeur et liquide/vapeur). ([2])

Si on incline ces surfaces, les gouttes s'accrochent dans un premier temps puis glissent le long de la surface laissant néanmoins une trace derrière elles, puisque ces surfaces ne sont jamais parfaitement dénuées de micro-poussières (notamment les vitres), des forces de frottements dues à ces aspérités expliquent que les gouttes d'eau restent en place. C'est de là que naquit la volonté de créer des surfaces superhydrophobes. ([6],[4]).

Les surfaces, avec cette propriété d'hydrophobie, sont caractérisées par des angles de contact élevés : il s'agit de mesurer l'angle de la goutte avec la surface, et plus précisément de mesurer l'hystérésis, c'est-à-dire de mesurer des angles dits d'avancée et de reculée de la goutte sur la surface ([7],[8]). Une surface est définie comme étant hydrophobe si son angle de contact dépasse  $90^\circ$ , et superhydrophobe si cet angle dépasse  $120^\circ$ . La nature regorge de surfaces hydrophobes comme notamment les feuilles de lotus, les ailes de papillon et les plumes d'oiseaux. Le système le plus hydrophobe reste la patte du gerris, avec un angle supérieur à  $175^\circ$  ([2], [5], [7]).

Deux effets sont alors mis en lumière pour permettre une explication de ce caractère hydrophobe ou non. Pour comprendre ces deux effets, il faut d'abord se rendre compte qu'une surface hydrophobe n'est pas parfaitement plane. En effet, cette surface doit comporter des aspérités, des sortes de renforcements, des fibres poilues (comme sur les plumes de paon par exemple). Ces enchaînements de créneaux sont appelés les plots. Une fois cela acquis, le premier effet est l'effet Wenzel. ([5], [3]) Cet effet considère que la goutte épouse parfaitement la surface et donc les reliefs. Ces plots ainsi remplis, l'hydrophobie peut alors trouver une explication physique. Mais cet effet ne permet pas d'expliquer une grande hydrophobie de surface. C'est là qu'intervient le deuxième effet : l'effet Cassie ou l'effet Fakir. Ce modèle veut que la goutte ne s'empale pas sur les plots : des coussins de gaz viennent remplir ces aspérités et la goutte d'eau repose dessus. ([4])

Le phénomène de superhydrophobie est également caractérisé par des propriétés d'élasto et de thermo sensibilité. Par exemple, on observe une modification des ailes de cigales selon la lumière ; elles deviennent hydrophobes dans le noir et hydrophiles sous UV ([7]). Plus largement, il y existe de nombreuses applications dans le domaine de l'industrie, comme la conception d'avions qui possèdent un matériau hydrophobe résistant à la pluie: en son absence, les gouttes viennent s'éclater contre l'avion, ne peuvent se recomposer et vont, à cette vitesse, décapier l'avion et abimer sa carcasse ([3]).

Si l'hydrophobie trouve une explication physique, elle trouve également une explication chimique. En effet une surface peut être rendue superhydrophobe via l'emploi de molécules fluorées, mais l'angle de contact ne dépasse pas  $120^\circ$  : une superhydrophobie plus importante se doit de coupler l'aspect chimique avec l'aspect physique. ([1],[6]).

## **Problématique retenue**

Toute surface présente une affinité plus ou moins forte avec l'eau. On peut donc se demander ce qu'est une surface hydrophobe, comment la caractériser et comment améliorer

cette propriété jusqu'à avoir une surface superhydrophobe.

### **Objectifs du TIPE du candidat**

Observer et comprendre le phénomène d'hydrophobie d'un point de vue physique : étude et modélisation des modèles de Cassie et Wenzel.

Rendre une surface hydrophobe voire super hydrophobe à l'aide de différentes techniques se centrant sur la modification de la structure du matériau de surface, comme en texturant des plaques de cire.

Caractérisation de cette hydrophobie par mesure d'angle de contact, via différentes manières (angle de contact direct avec la surface, et mesure d'avancée et de reculée).

### **Objectifs du TIPE du second membre du groupe**

Observer et comprendre le phénomène d'hydrophobie d'un point de vue chimique : étude de l'interaction entre goutte et surface (notion de mouillage, relation de Young).

Rendre une surface hydrophobe, voire super hydrophobe, avec par exemple l'enrobage de sable par une substance plus hydrophobe, ou rendre hydrophile des plaques de cuivre et de zinc, via réaction avec l'argent.

Caractérisation de cette hydrophobie par mesure d'angle de contact, via différentes manières (angle de contact direct avec la surface, et mesure d'avancée et de reculée).

### **Références bibliographiques (phase 2)**

- [1] D. QUÉRÉ, C. LABURTHE : La physique d'une goutte d'eau : *extrait d'une conférence du 13 mai 2004 à l'espace Clément Marot, Cahors(46)*
- [2] L. ARRANZ, G. FRENCIA, A. LAGOUGE : Des gouttes rebondissantes : *rapport des olympiades de physique du 9 décembre 2009*
- [3] M. REYSSAT, D. QUÉRÉ : L'effet Lotus : *Pour la science, n°347, Septembre 2006, p.34-40*
- [4] D.QUÉRÉ : Les surfaces super-hydrophobes :  
*<http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/IdP2005/37Quere.pdf>, date de consultation : 05/02/2018*
- [5] C. ESCOLA, R. LAPORTE, F-X. LUX, L.MOURGES : La mécanique de la pluie : *rapport des olympiades de physique 2006-2007*
- [6] M. CALLIES REYSSAT : Splendeur et misère de l'effet lotus : *thèse de doctorat de l'université Paris VI, spécialité : physique des liquides, juin 2007*
- [7] R. THÉVENIN : Superhydrophobie active : *thèse de doctorat de l'école polytechnique université Paris-Saclay, spécialité : physique, octobre 2014*
- [8] P.G.DE GENNES, D. QUÉRÉ, : Gouttes, bulles, perles et ondes : *Belin 2005*