

Benjamin Franklin¹ et l'épaisseur d'un film d'huile

Objectif

Effectuer le quotient de deux grandeurs pour les comparer. Utiliser les opérations sur les puissances de 10. Exprimer les valeurs des grandeurs en écriture scientifique.

L'expérience dite *de Franklin* permet avec quelques simples mesures et calculs de déterminer la longueur d'une molécule. Ce travail sur le film monomoléculaire n'est pas l'œuvre de Benjamin Franklin (1706-1790) mais plutôt d'un physicien anglais : Lord Rayleigh (1842-1919), futur prix Nobel de Physique 1904 et d'une femme allemande, isolée et seule dans sa cuisine : Agnès Pockels (1862-1935)². On se propose ici de retracer la démarche historique de Franklin à Lord Rayleigh.

C'est dans une lettre de Benjamin Franklin à William Brownrigg, écrite en 1773, que ce dernier expose ses idées et ses expériences autour du problème de l'huile sur l'eau³.

... Dans ma jeunesse, j'avais lu avec amusement les comptes-rendus de Pline (23-79) sur une pratique des marins de son temps, qui consistait à calmer les vagues dans une tempête en versant de l'huile dans la mer ; ...



Etang de Clapham

C'est en effet ce problème que Franklin va développer tout au long de la lettre : « Pourquoi et comment l'huile versée dans la mer peut-elle rendre la surface de l'eau moins agitée ? ». Après avoir évoqué de nombreuses observations faites par des marins ou rapportées par des écrivains, Franklin fait le récit de sa première expérience : *Enfin, alors que j'étais à Clapham⁴, où il y a dans la commune une grande mare⁵ que j'observais un jour très agitée par le vent, j'apportai un petit flacon d'huile et en versai un petit peu sur l'eau. Je la vis s'étendre avec une surprenante rapidité sur la surface ; mais l'effet de calmer les vagues ne fut pas produit ; car je l'avais appliqué d'abord sur le côté de la mare sous le vent, là où les vagues sont les plus grandes ; et le vent ramenait mon huile sur le rivage. Je suis ensuite allé sur le côté au vent, là où elles commencent à se former ; et l'huile, quoique que je n'en aie pas mis plus d'une cuillère à thé⁶, produisit un calme dans un espace de plusieurs yards carrés qui s'étendit étonnamment,*

¹ Étienne BOLMONT, « L'expérience de Franklin », encore... BUP, n°833, avril 2001

http://bupdoc.udppc.asso.fr/consultation/article-bup.php?ID_fiche=11364

² Le travail insolite fut publié avec l'amabilité de Lord Rayleigh (1842-1919), et les articles qu'elle publia ensuite inspirèrent Langmuir (1881-1957) qui obtint un prix Nobel de Chimie en 1932.

³ From Benjamin Franklin to William Brownrigg, 7 November 1773,

<https://founders.archives.gov/documents/Franklin/01-20-02-0250>

⁴ Sud de Londres

⁵ Source de l'image : Wikimedia

⁶ L'équivalent d'une cuillère à thé a un volume de 1 cm³ environ.

et graduellement jusqu'au côté sous le vent, rendant tout le quart de la mare, sûrement la moitié d'une acre⁷, aussi lisse qu'un miroir. A la suite de cela, je m'arrangeai pour emmener, chaque fois que j'allais à la campagne, un petit peu d'huile dans le joint creux supérieur de ma canne de bambou avec laquelle je pouvais répéter l'expérience dès que l'opportunité m'en était offerte, et j'y réussis constamment.

Franklin s'étonne de l'expansion de la goutte d'huile sur l'eau, puis tente une explication :

C'est comme si une répulsion mutuelle entre ses particules avait lieu dès qu'elle touche l'eau, et une répulsion si forte pour agir sur les autres corps flottant à la surface, comme de la paille, des feuilles, des copeaux, etc., les forçant à fuir la goutte par n'importe quel chemin comme depuis un centre, laissant un grand espace libre. L'intensité de la force et la distance à laquelle elle agit, je ne les ai pas encore établies ; mais je pense que c'est une recherche curieuse et je désire comprendre d'où cela vient.

Benjamin Franklin n'a pas calculé l'épaisseur du film d'huile. Cependant, même s'il avait calculé cette épaisseur, les connaissances scientifiques de l'époque ne lui auraient pas permis d'exploiter cette mesure, comme nous pouvons le faire aujourd'hui.

Questions

1. Faire le schéma d'une tache d'huile assimilable à un cylindre d'épaisseur e .
2. Donner l'expression littérale du volume de ce cylindre.
3. Sachant que $1 \text{ are} = 100\text{m}^2$, calculer l'épaisseur du film d'huile sur l'étang de Clapham. Donner le résultat dans une unité appropriée avec une écriture scientifique.

⁷ 1 acre = 20,5 ares