

TP - Propulsion d'un bateau par effet MARANGONI

Version 1.00, compilée le 18 février 2021 à 14:45.

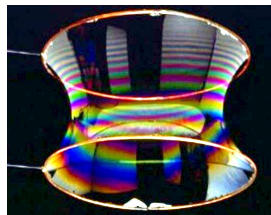
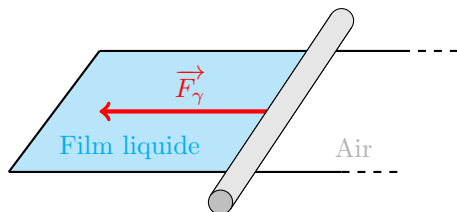
Très tôt, on a appris que les liquides prennent la forme du récipient qui les contient. Au Collège, c'est même cette propriété qui est utilisée pour les définir. Pourtant, en observant ce qui nous entoure, on remarque des exceptions : les gouttes de rosée sur les feuilles semblent adopter spontanément une forme sphérique.



Dans ce TP, on cherche à **comprendre les propriétés des interfaces eau-air**, et à les utiliser pour **propulser un navire**.

DOCUMENT 1 - Tension de surface

Considérons une interface eau-air, par exemple la périphérie d'une goutte de pluie tombant dans l'air. Bien que cela ne se remarque pas toujours dans la vie courante, l'**interface eau-air est assimilable à une membrane tendue**. L'eau cherche ainsi à **minimiser sa surface de contact avec l'air**.



À gauche, un film d'eau, qui cherche à minimiser sa surface, exerce une force sur un barreau mobile. À droite, film liquide formé entre deux cercles. Le film prend une forme de caténoïde, forme qui minimise sa surface.

La « tension » de la membrane (la difficulté à augmenter la surface de l'interface liquide-air) est caractérisée par la **tension de surface** γ (« gamma »), d'autant plus grande que la création d'interface est difficile.

QUESTIONS

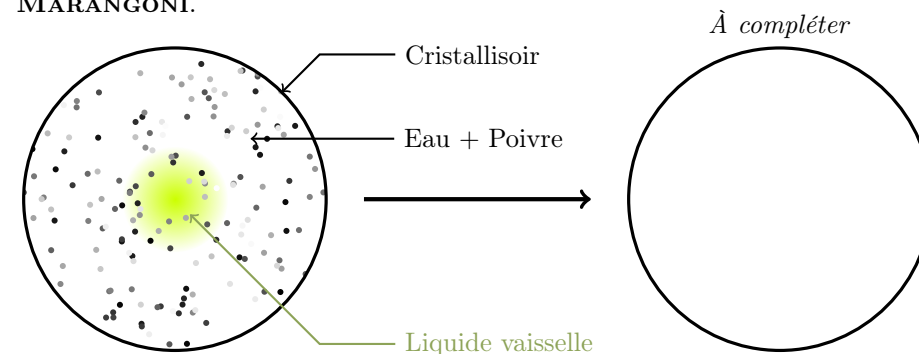
1. **S A** Dans l'expérience illustrée dans le DOC. 1, que va-t-il arriver au barreau subissant la force \vec{F}_γ ?
2. **I** Les gouttes d'eau semblent prendre spontanément une forme sphérique. À votre avis, quelle propriété géométrique la sphère permet-elle d'assurer à un volume d'eau donné ?

I. Effet MARANGONI

DOCUMENT 2 - Effet MARANGONI

Il est possible de **modifier la tension de surface entre l'eau et l'air** en y dissolvant des **tensioactifs** (savon, liquide vaisselle, etc.).

Une situation remarquable peut alors se produire : si une zone de l'eau est plus concentrée en tensioactifs qu'une autre, il existe alors des **différences de tension de surface** entre plusieurs points du liquide. Cela engendre l'**effet MARANGONI**.

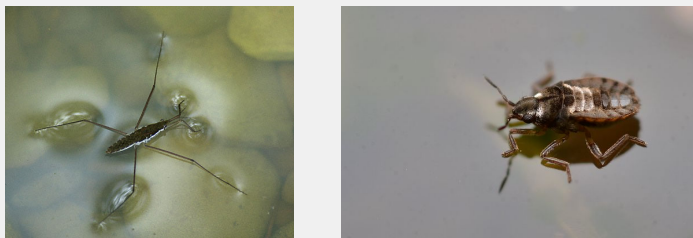


Une expérience simple permet de visualiser ce qu'il se produit alors : on saupoudre de grains de poivre un cristalliseur rempli d'eau. On ajoute une goutte de liquide vaisselle au centre, et on observe ce qui se passe.

QUESTIONS

3. **R** Observer l'expérience réalisée en classe. Représenter le résultat en complétant le schéma du DOC. 2.
4. **A** Nous avons vu précédemment qu'une interface eau-air tend à minimiser sa surface en exerçant des forces sur les objets qui s'y trouvent. Avant le début de l'expérience, les grains de poivre sont immobiles. Ils sont pourtant situés sur l'interface eau-air. Comment est-ce possible ?
5. **A** On considère un grain de poivre au cours de l'expérience. La force qui le tire vers le centre du cristalliseur est-elle plus grande ou plus faible que celle qui le tire vers l'extérieur ?
6. **A C** En rédigeant un court paragraphe expliquant votre raisonnement, indiquer si l'ajout de liquide vaisselle augmente ou abaisse la tension de surface de l'eau.
7. **A I** Les gerris sont des insectes capables de se déplacer sur l'eau sans couler. En vous aidant de la photographie page suivante, indiquer d'où vient la force qui permet de compenser leur poids.

8. **A** Les microvelia, insectes aquatiques (photo ci-dessous), peuvent se déplacer à des vitesses de plusieurs dizaines de centimètres par seconde en projetant un tensioactif sur l'eau. Si l'insecte souhaite avancer, doit-il injecter ce tensioactif devant lui ou derrière lui ?



Gerris à la surface de l'eau à gauche, microvelia à droite.

II. La propulsion des microvelia au laboratoire

2.1. Modélisation des microvelia

Comme nous l'avons vu précédemment, les microvelia utilisent l'effet MARANGONI pour se propulser. Dans cette section, on cherche à **recréer ce phénomène en laboratoire** : on modélise les insectes par de **petits bateaux découpés dans une feuille plastique**.

L'injection de tensioactifs dans l'eau sera assurée par un **morceau de papier filtre imbibé de liquide vaisselle** placé à l'arrière du bateau.

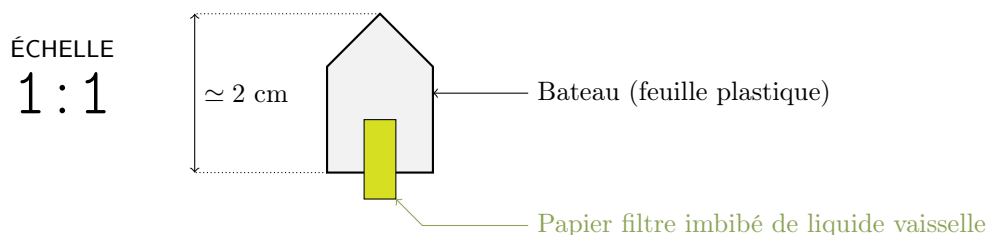


Schéma des bateaux utilisés dans ce TP pour modéliser les microvelia.

2.2. Mise en œuvre

Afin de réaliser les expériences, vous avez à votre disposition :

- Un **cristalliseur** et du matériel de chimie courant ;
- Une **solution de tensioactifs** (distribuée par le professeur) ;
- Une **feuille plastique** et du **papier filtre**.

RÉALISER

9. **S R** En respectant approximativement les proportions et les dimensions du schéma précédent, découper avec vos ciseaux un bateau dans votre feuille plastique.
10. **R** Découper une bande de papier filtre et la plonger dans la solution de tensioactifs. La sortir de la solution avec la pince et la placer à l'arrière du bateau.
11. **R** Remplir le cristalliseur avec quelques centimètres d'eau.
12. **R C** Poser l'ensemble {Bateau + Papier imbibé} à la surface de l'eau du cristalliseur. Observer le résultat et le décrire sur votre compte rendu.
13. **I** Le bateau reste-t-il en mouvement indéfiniment ? À votre avis, pourquoi ?
14. **R V** Remplacer l'eau du cristalliseur et replacer le bateau déjà utilisé à la surface de l'eau. Se met-il en mouvement ? En quoi cela confirme ou infirme-t-il votre réponse à la question précédente ?

2.3. Influence de la pollution sur les microvelia (★)

Dans cette section, on étudie l'influence de la pollution de l'eau sur la propulsion des microvelia. On **continue de modéliser** ces derniers par un bateau muni d'un papier filtre imbibé de tensioactifs. Afin de simuler la pollution d'un lac, on verse dans l'eau du cristalliseur d'eau quelques mL de **liquide vaisselle**.



À gauche, fleuve pollué. Au centre, panneau à proximité d'un lac en Île de France.

15. **N** Que signifie le pictogramme de sécurité représenté ci-dessus ?
16. **I** Proposer un protocole permettant d'étudier l'influence de la pollution d'un lac sur la propulsion des microvelia. Le faire vérifier par le professeur.
17. **R** Mettre en œuvre ce protocole.
18. **A C** Rédiger un court paragraphe de conclusion quant à l'influence de la pollution sur les microvelia. Peut-on utiliser ces derniers comme indicateurs de la qualité de l'eau ?