

Ecoulements multiphasiques

TD3: Dynamique des interfaces/piégeage

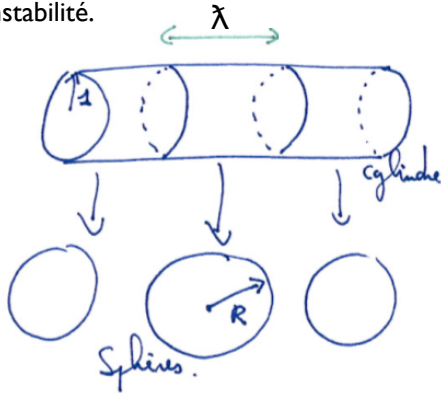
UMPC. NSF16. 2011-2012

Jérôme Hoepffner & Arnaud Antkowiak

Ex1: Filet d'eau coulant du robinet.
Instabilité de Rayleigh-Plateau.

Le jet liquide se transforme en gouttelettes par cette instabilité. L'instabilité se produit lorsque cette transformation est capable de réduire la surface totale.

On fait ici une première approche quantitative de ce phénomène en considérant une transformation simple: on découpe le cylindre liquide de rayon R en tronçons de longueur λ . Les sphères qui en résultent contiennent le volume liquide des tronçons. Calculer le rayon et la surface de ces sphères et déduisez-en les λ qui correspondent à l'instabilité.



Ex3: Film liquide plan

1) Ces gouttes sont elles le résultat de l'instabilité de Rayleigh-Plateau?

2) Démouillage: supposons un film liquide recouvrant une surface plane. Décrivez ce qui se passe si on y fait un trou: Faites un schéma.



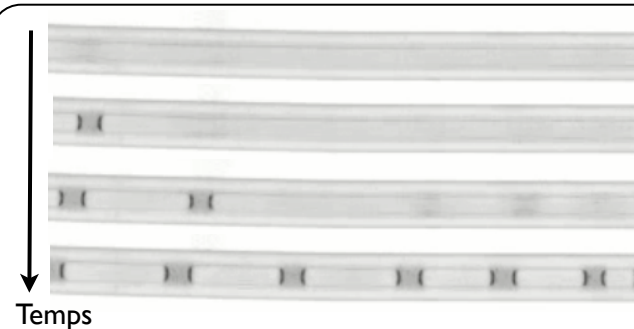
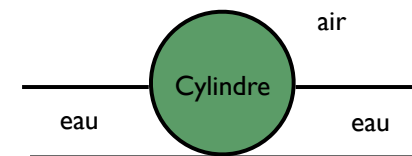
Infime «sisyphé». Pour réaliser cette image, le photographe indonésien Teguh Santosa s'est amusé à placer divers obstacles sur la route détournée empruntée habituellement par les fourmis qui pullulent autour de chez lui. Après avoir disposé des billes de verre, qui ont plongé les insectes dans une profonde perplexité, il a pu observer leur étonnante réaction : confrontés à un nouveau problème, certains ont contourné l'obstacle, d'autres l'ont escaladé. Puis l'entomologiste amateur a découvert la perle rare : un minuscule «Sisyphé», qui a décidé, lui, de prendre le problème à cœur et de pousser la bille à la force de ses fines pattes arrière. Rien n'a pu distraire la fourmi de ses vains efforts. <http://www.lefigaro.fr/photos/>

Ex2: Piégeage de ligne de contact

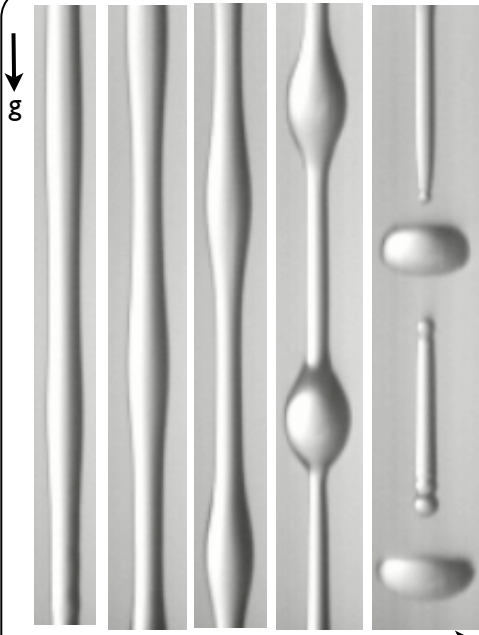
La ligne de contact sur la bille est piégée, on essaye ici de comprendre pourquoi cela empêche la fourmi de faire rouler la bille.

1) On considère le cas d'un cylindre plutôt qu'une bille pour simplifier l'analyse. Faites un croquis qui décrit ce qu'il se passe si le cylindre roule un peu.

2) Dans le cas simple de la figure ci-dessous, mouillage à 90 degrés et interface initialement plane, calculez le moment dû à la tension de surface pour un roulement de petit angle α (ménisque en approximation de faible pente).



Ex4: On a fait passer une goutte dans un tube. Elle a laissé derrière elle un mince film contre la paroi. Décrivez ce que vous observez sur l'image. Faites un schéma, et décrivez le mécanisme de cette instabilité.



Ex2: Filet d'eau coulant du robinet.
 Nous étudions l'évolution d'une petite perturbation sinusoidale et axisymmetrique d'un cylindre liquide. C'est une seconde approche un peu plus sophistiquée que l'exercice 1.

La surface déformée a pour équation (voir schéma)

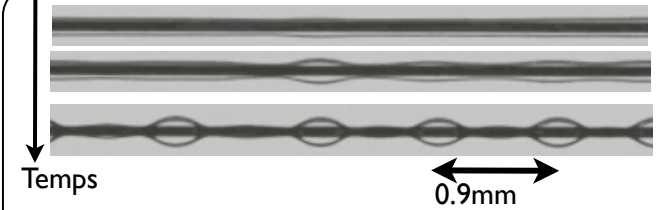
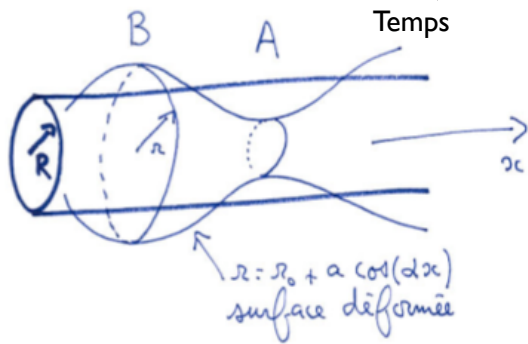
$$r(x) = r_0 + a \cos(\alpha x)$$

ou r_0 est le rayon moyen, et a est l'amplitude de la perturbation, qui évolue dans le temps (a croît dans le temps si c'est instable -comme sur l'image-, et décroît si c'est stable).

1) Conservation du volume : au cours de cette déformation, le diamètre moyen r_0 est-il égal au diamètre initial R du cylindre?

2) En supposant maintenant que la déformation est statique, calculer la pression due au saut de Laplace en A (zone étranglée) et en B (zone gonflée). (Pour cela on peut exprimer la courbure de l'interface dans deux plans orthogonaux).

4) Peut-on en déduire un critère de stabilité?



Ex1: Instabilité d'un film sur une fibre.

On dépose un mince film visqueux de viscosité μ et de tension de surface γ sur une fibre de rayon b , et on observe l'instabilité ci dessus, c'est ce qu'il se passe si on a trempé un cheveu dans le miel.

Pour une perturbation de forme sinusoidale de nombre d'onde α un calcul utilisant l'approximation de la lubrification donne la dynamique de l'amplitude $e(t)$

$$\dot{e} = e \frac{\gamma e_0^3}{3\mu b^2} \alpha^2 (1 - \alpha^2 b^2)$$

La distance entre les gouttes dépend-elle de l'épaisseur initiale e_0 du film liquide? De cette formule et de l'image, déduire la valeur de b .

Le bourellet dû à l'impact d'une goutte se déstabilise en couronne



Le film de savon se transforme en goutelettes



La rosée sur le fil de l'araignée se déstabilise en goutelettes

