

Gouttes soufflées

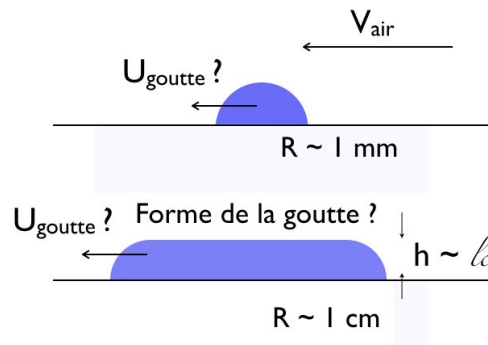


FIGURE 1 – Gouttes posées et soufflées par le vent.

Une goutte d'eau posée sur un solide peut être soufflée par le vent comme nous le constatons sur les vitres d'une voiture ou d'un train. Nous cherchons à déterminer la vitesse à laquelle se déplacent de petites gouttes millimétriques et quelle forme prennent de plus grosses gouttes, centimétriques, aplaties par la gravité.

La fig. 2 montre le mouvement sous l'effet du vent d'une goutte millimétrique de mélange eau-glycérol sur un surface de polymère. La fig. 3 montre quelques données expérimentales pour deux viscosités différentes du liquide et des volumes de goutte variant d'un ordre de grandeur.

Pour remettre toutes ces données sur une courbe maîtresse, nous devons évaluer la force aérodynamique exercée sur les gouttes et les mécanismes de dissipation dans le liquide.

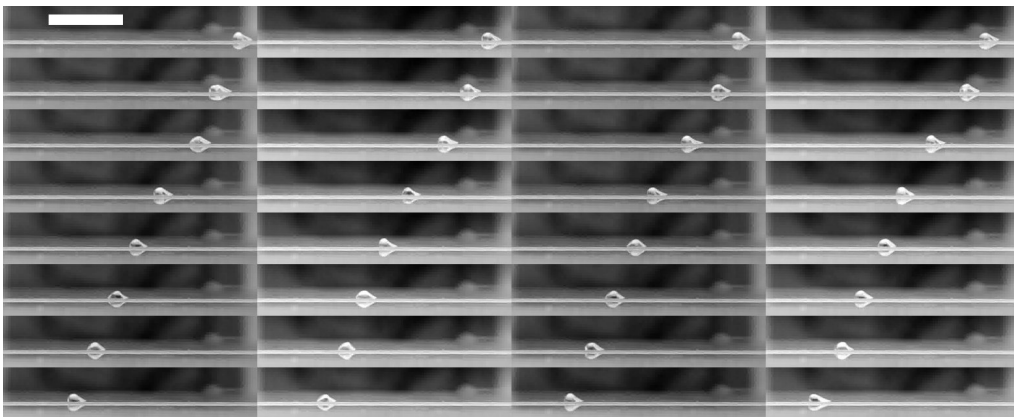


FIGURE 2 – Goutte de mélange eau-glycérol (volume 20 mm^3 , viscosité $4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$), soumise à un vent de 14 m/s . Ecart entre images : 120 ms , échelle : 1 cm .

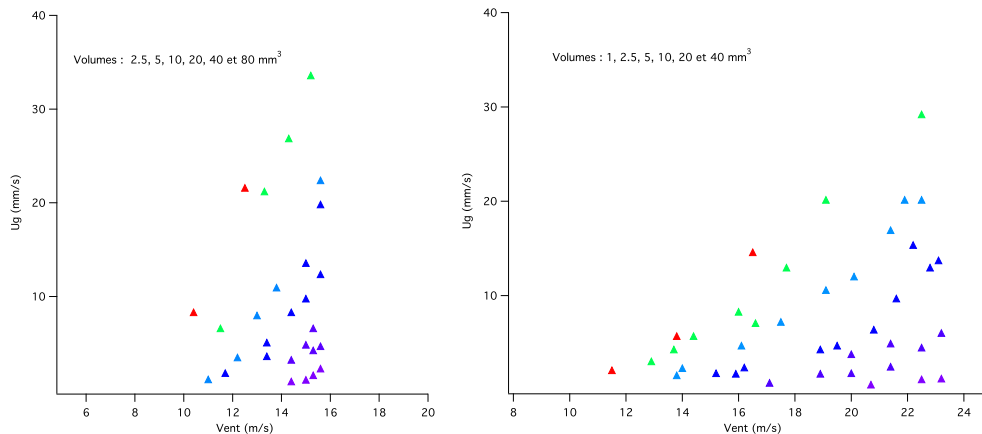


FIGURE 3 – Vitesse de gouttes de mélange eau-glycérol en fonction de la vitesse du vent, pour différents volumes (différentes couleurs). À gauche, viscosité = 4 mPa.s, à droite viscosité 17 mPa.s.

Force aérodynamique sur les gouttes

Quel est l'ordre de grandeur du nombre de Reynolds associé à l'écoulement d'air autour de la goutte ? Comment s'exprime la force exercée par l'air sur les gouttes et quel est son ordre de grandeur ?

Hystérésis de l'angle de contact

Lorsqu'on dépose un liquide sur un solide (homogène idéal), l'angle de contact θ est défini par l'équilibre des tensions de surface à la ligne triple : $\gamma \cos \theta = \gamma_{SG} - \gamma_{SL}$. En réalité, les défauts du substrat solide sont responsables de l'hysteresis de l'angle de contact : la ligne triple ne peut avancer que si l'angle dépasse l'angle d'avancée θ_A et elle ne peut reculer que si l'angle est plus petit que l'angle de reculée θ_R . Pour les expériences décrites ci-dessus, la tension interfaciale liquide-air est 40 mN/m, $\theta_A = 90^\circ$ et $\theta_R = 45^\circ$. Estimer la vitesse de vent minimale pour mettre les gouttes en mouvement.

Dissipation visqueuse dans la goutte

Une des interprétations de la résistance au déplacement des gouttes est la dissipation visqueuse près des lignes de contact. La fig. 4 schématise l'écoulement à l'intérieur du liquide, près de la ligne de contact qui recule. Le liquide est confiné dans un coin d'angle $\theta \leq \theta_R$. La puissance dissipée par unité de volume est $\eta(\nabla u)^2$. Estimer la puissance totale dissipée dans l'écoulement et en la comparant au travail de la force aérodynamique, proposer une loi de variation de U_{goutte} en fonction du vent et du volume. Comment pourrait-on présenter les données de la fig. 3 en variables sans dimensions ?

Déformations des grandes gouttes

Les gouttes de taille centimétrique sont aplaties par la gravité et forment des flaques dont l'épaisseur est fixée par la longueur capillaire $\sqrt{\gamma/\rho g}$. Lorsqu'elles sont soumises au vent, ces gouttes s'allongent dans la direction perpendiculaire au vent. Contrairement aux petites gouttes dont la vitesse de déplacement augmente avec le volume, ces grosses gouttes ont une vitesse indépendante de leur volume (fig. 5). Pouvez vous proposer une explication ?

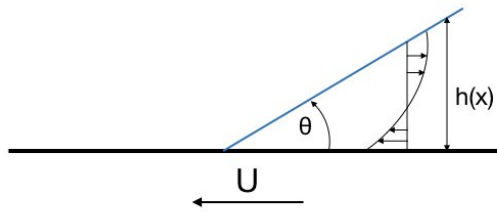


FIGURE 4 – Schéma de l'écoulement dans le coin arrière de la goutte (vu dans le référentiel où la goutte est immobile et le solide se déplace à la vitesse U).

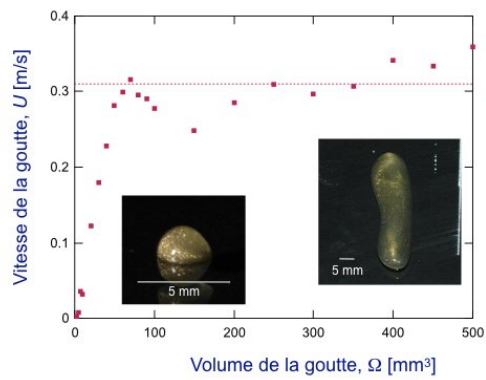


FIGURE 5 – Vitesse des gouttes en fonction de leur volume pour un vent donné (10 m/s).