

Le frottement dans l'air

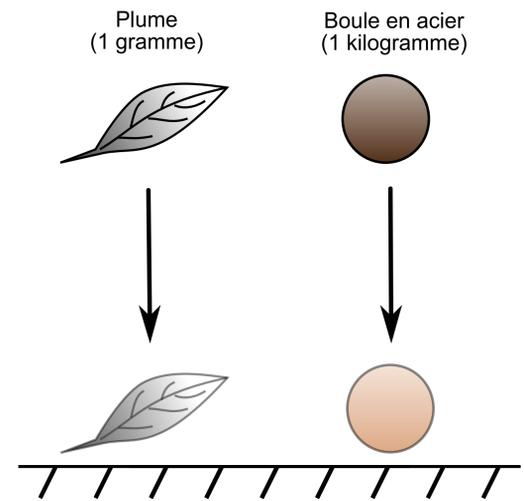
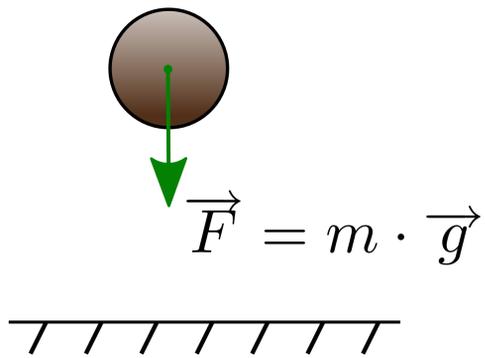
Antonik Piotr, Friart Gaetan
Département de Physique



Dans le vide

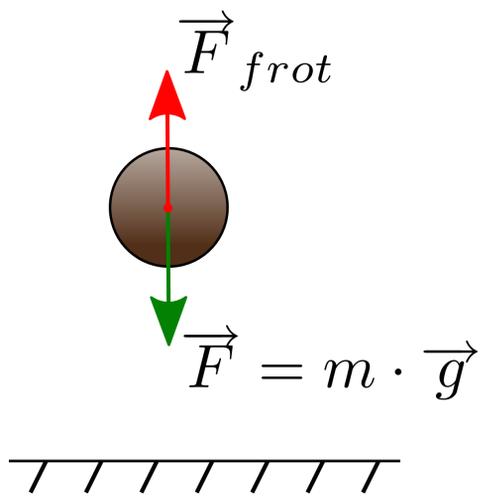
Seule la force d'attraction terrestre agit sur l'objet.

Tous les objets tombent avec la même accélération.



Dans l'air

En présence d'air, une force de frottement apparait, dirigée dans le sens opposé au mouvement.



Cette force dépend d'un grand nombre de paramètres:

- la densité du fluide
- la viscosité du fluide
- la surface effective de l'objet
- la forme de l'objet
- la vitesse de l'objet
- ... et bien d'autres

Exemple de formule:
$$F_{frot} = \frac{1}{2} \rho S c_x V^2$$

où V - vitesse de l'objet
 S - surface effective de l'objet
 c_x - coefficient de pénétration de l'objet
 ρ - densité du fluide

Le frottement dans l'air

Antonik Piotr, Friart Gaetan
Département de Physique

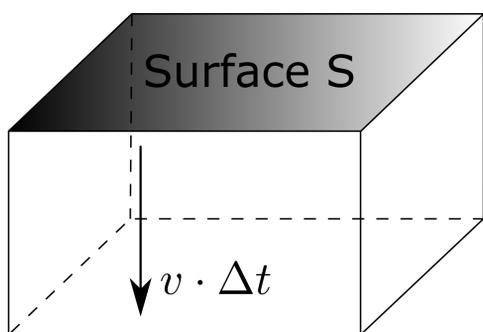


Modèle simplifié du frottement

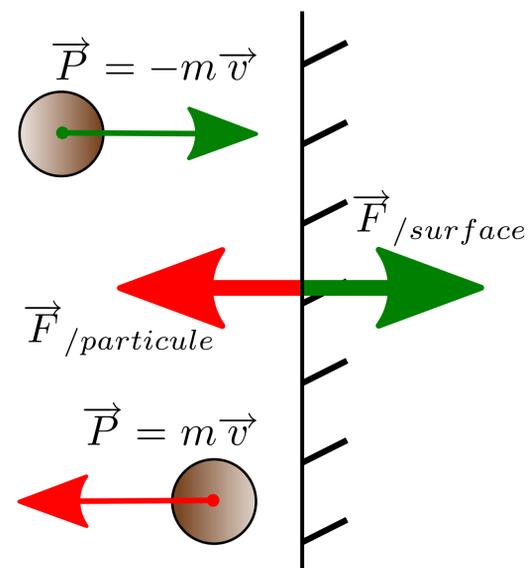
Hypothèse: le frottement est dû aux chocs élastiques des molécules d'air contre la surface de l'objet.

Variation de quantité de mouvement pour 1 choc:

$$\begin{aligned}\Delta \vec{P} &= m\vec{v} - (-m\vec{v}) \\ &= 2m\vec{v}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\vec{F} &\doteq \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} \doteq \frac{2\Delta m \vec{v}}{\Delta t} \\ &\doteq \frac{2 \cdot S v \Delta t \rho \cdot \vec{v}}{\Delta t} \\ \Rightarrow F_{frot} &\sim S \rho v^2\end{aligned}$$



Mais ce raisonnement ne tient pas compte

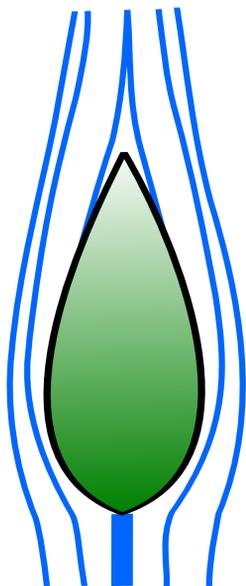
- de la vraie nature des chocs
- du sens de rebond des molécules
- des interactions entre molécules
- de la forme de la surface
- des effets aux bords
- de la situation de l'autre côté de la surface

Écoulement des fluides

On distingue 2 modes d'écoulement des fluides, qu'on étudie en introduisant le nombre de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v d}{\eta}$$

Exemple: de l'eau s'écoulant d'un robinet



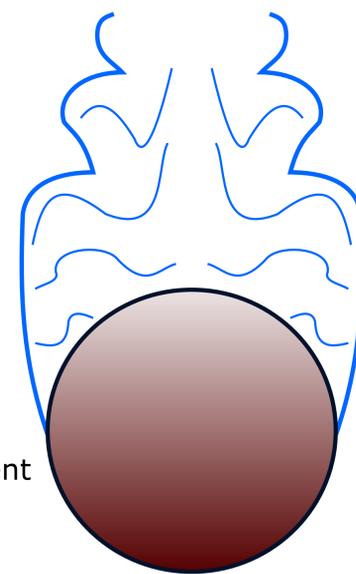
Écoulement laminaire
 $Re < 1$
 $F_{frot} \sim v$

$$v_{eau} \approx 2 \text{ m/s}$$

$$d = 1 \text{ m}$$

$$v_{eau} = \frac{\eta_{eau}}{\rho_{eau}} = 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$Re \approx 2 \cdot 10^6$$



Écoulement turbulent
 $Re > 2000$
 $F_{frot} \sim v^2$

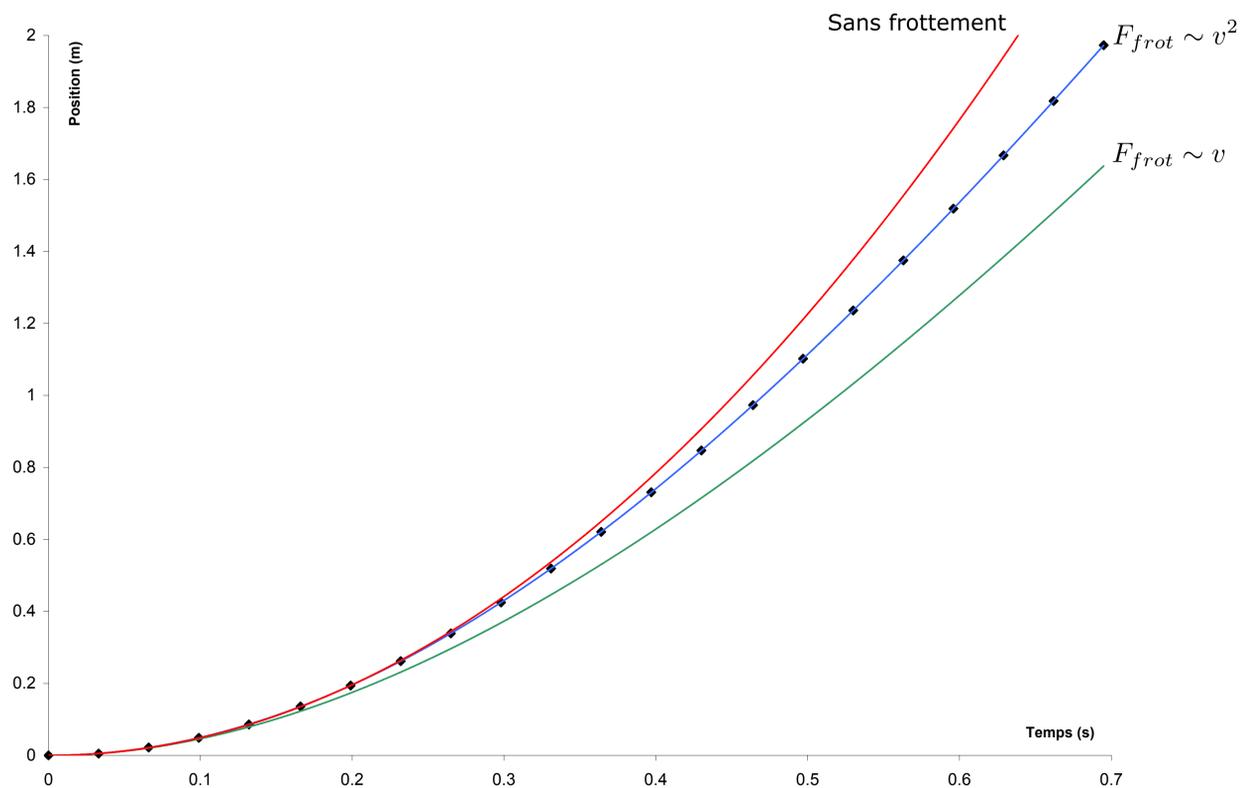
Le frottement dans l'air

Antonik Piotr, Friart Gaetan
Département de Physique



Le volant de badminton

L'étude de la chute d'un volant permet de déterminer si le frottement est proportionnel à v ou à v^2

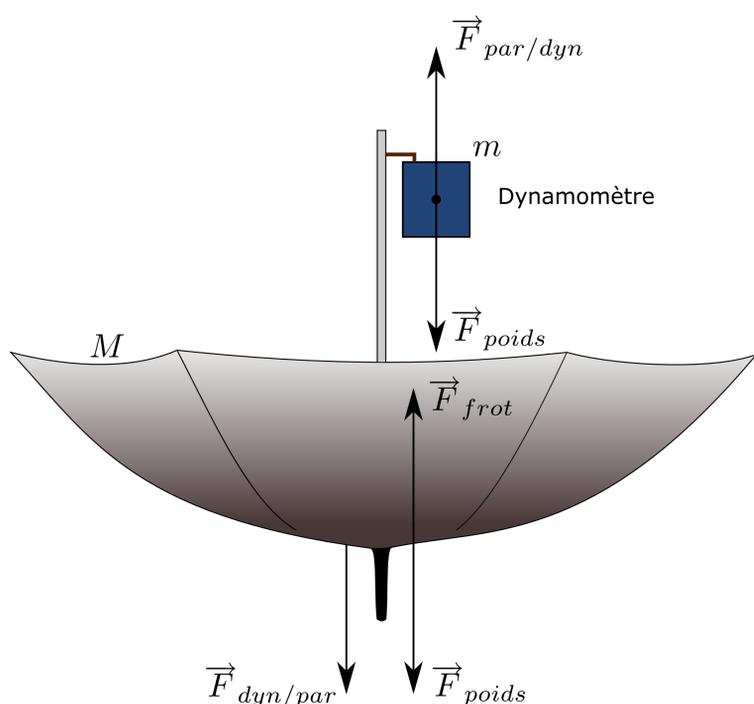


La force de frottement croît tant que le volant accélère. Lorsque sa valeur atteint le poids du volant, celui-ci continue sa chute avec une vitesse constante.

Vitesse limite du volant: $v_{limite} = 5,56 \text{ m/s}$

L'expérience d'Eiffel

Du 2-ème étage de sa tour, Eiffel lançait un appareil qu'il avait construit pour mesurer la force de frottement.



Pour le dynamomètre:

$$m \cdot \vec{a}_{dyn} = \vec{F}_{par/dyn} + \vec{F}_{poids}$$

Pour le parapluie:

$$M \cdot \vec{a}_{par} = \vec{F}_{dyn/par} + \vec{F}_{poids} + \vec{F}_{frot}$$

Le dynamomètre étant attaché au parapluie:

$$\vec{a}_{par} = \vec{a}_{dyn}$$

D'où

$$\vec{F}_{par/dyn} = \frac{m}{M + m} \vec{F}_{frot}$$