

LES PRINCIPALES FORCES DU MOUVEMENTS

LICENCE ENTRAÎNEMENT SPORTIF 2^{ÈME} ANNÉE

Septembre 2022
Diane HAERING



Objectifs

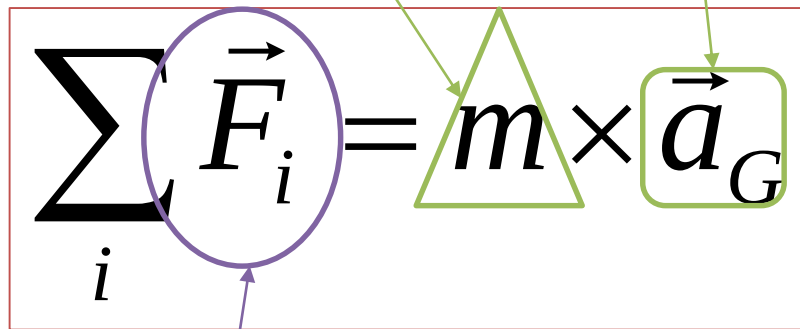
- Etre capable d'identifier les principales forces en jeu lors d'un geste sportif en reportant sur un schéma ce bilan des forces.
- Savoir expliquer le lien entre ces forces, les paramètres du mouvement (accélération et vitesse) et la performance sportive
- Connaître les différents outils de mesure des forces et donner des exemples pour lesquels il est possible de les utiliser.



Les 3 lois de Newton

- 1ère : Masses/Inerties & Mouvement

- 2ème : Dynamique



The diagram shows the equation $\sum_i \vec{F}_i = m \times \vec{a}_G$ enclosed in a red rectangular box. A purple circle highlights the term $\vec{F}_i$, with a purple arrow pointing from the text '3ème : Action/Réaction' below to it. A green triangle highlights the mass m , with a green arrow pointing from the text '1ère : Masses/Inerties & Mouvement' above to it. A green rounded rectangle highlights the acceleration $\vec{a}_G$, with a green arrow pointing from the text '1ère : Masses/Inerties & Mouvement' above to it.

$$\sum_i \vec{F}_i = m \times \vec{a}_G$$

- 3ème : Action/Réaction



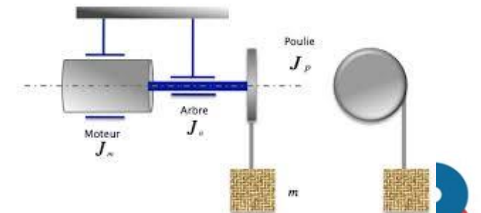
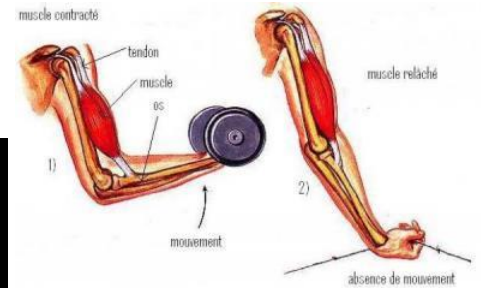
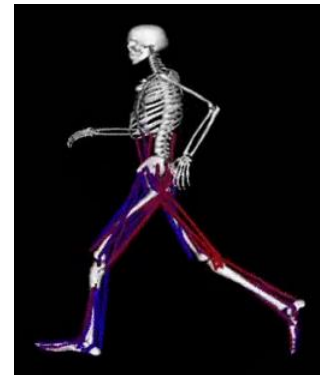


Quelles sont les forces ?





Forces externes vs. forces internes



Dès qu'il y a interaction entre plusieurs corps, ou entre le corps et l'environnement, il y a des forces.



2^{ème} loi de Newton

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Forces
extérieures

→ Accélération

→ Changement de vitesse

- corps = poids du corps + interactions avec l'environnement
- segment du corps = poids du segment + forces musculaires + interactions avec les autres segments (+ interactions avec l'environnement)
- Les forces peuvent être considérées comme la cause du mouvement (ou de l'absence de mouvement = équilibre)



Vecteur Force

- En physique, on représente une force par un vecteur caractérisé par quatre éléments :
 - La direction : orientation de la force ;
 - Le sens : vers où la force agit ;
 - La norme : intensité de la force, elle est mesurée en [newtons](#) (N) ;
 - Le point d'application : endroit où la force s'exerce.



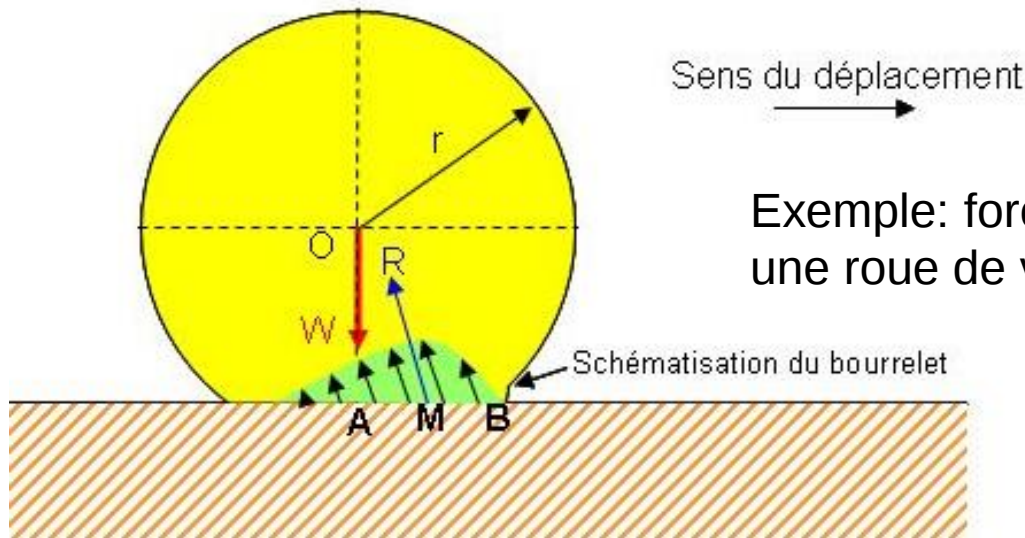
Forces – poids

- Le poids est la force de la pesanteur, c'est une force gravitationnelle qui peut agir à distance.
- C'est l'attraction entre deux corps qui ont une masse
- Elle s'applique au centre de gravité du corps et sa direction définit la verticale qui passe approximativement par le centre de la Terre. Le poids est une action à distance toujours proportionnelle à la masse.
- $\vec{P} = m\vec{g}$
avec $\vec{g}$ qui est l'accélération de la pesanteur.



Forces – réaction du support

- Celle-ci est en réalité une force de contact en deux éléments qui se touchent.
- Elle est la résultante de l'ensemble des pressions exercée entre les deux objets en chaque point de la zone de contact.



Exemple: force de réaction du sol sur une roue de vélo en mouvement



Exemple 1 - haltérophile

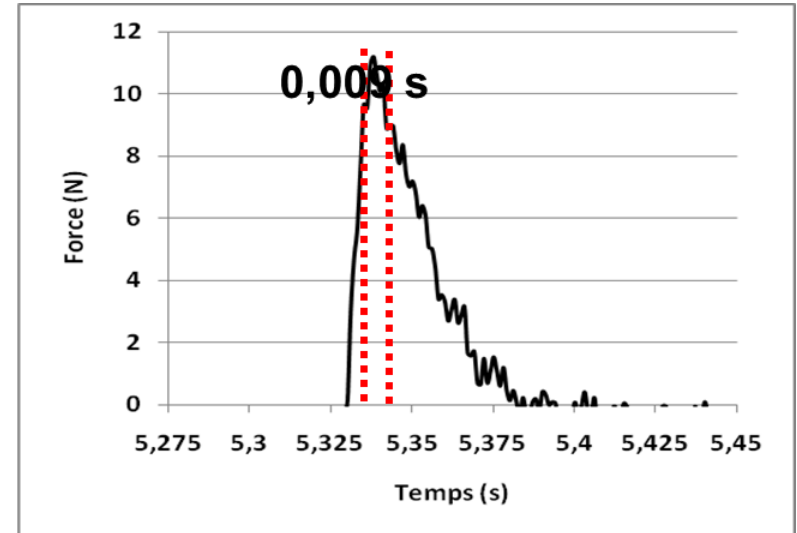
- Un haltérophile de 100kg est en position debout statique, avec une barre d'environ 200kg au-dessus de la tête.



1. Faire le bilan des forces externes sur :
 - Le système haltérophile
 - Le système haltère
2. Indiquer un ordre de grandeur relatif de ces forces
3. En quoi ces ordres de grandeur sont modifiés quand l'haltérophile est en cours de soulever (l'athlète a une accélération verticale de 1m.s^{-2} , et transmet à la barre une accélération de 4 m.s^{-2}) ?



Forces – Impact



La force d'impact est une force de réaction très brève entre deux objets qui rentrent en collision

- Cette force n'est pas constante
- Sa valeur maximale est atteinte très rapidement par rapport à sa durée d'application, puis diminue plus progressivement



Forces – frottements

- Définition

C'est une force exercée au contact de deux surfaces s'opposant au glissement de l'une sur l'autre.

- Loi de Coulomb

$$\left\| \vec{F}_t \right\| = \mu \left\| \vec{F}_n \right\|$$

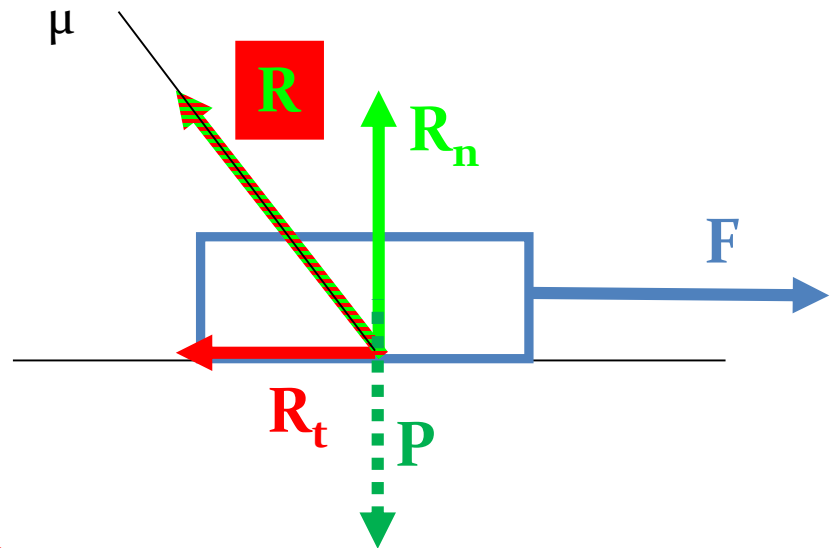
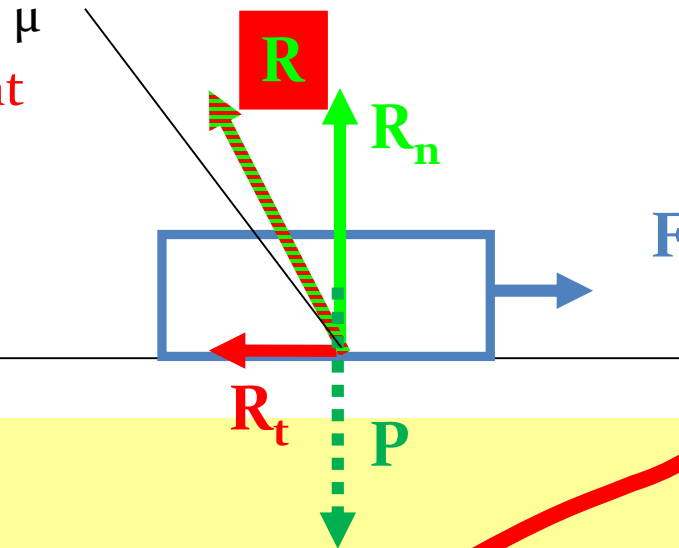
- Proportionnelle à la force normale
où μ est le coefficient de frottement, d'adhérence ou friction
- Dépend de la nature des surfaces en contact
- Ne dépend pas des autres facteurs (vitesse, aire des surfaces...)



limite d'adhérence
fonction de

limite d'adhérence
fonction de

Force de
frottement
[N]



Statique:
 $R_t = F$

Accélération de plus en
plus grande:
 $R_t = \mu R_n < F$

$F > \mu \cdot R_n$

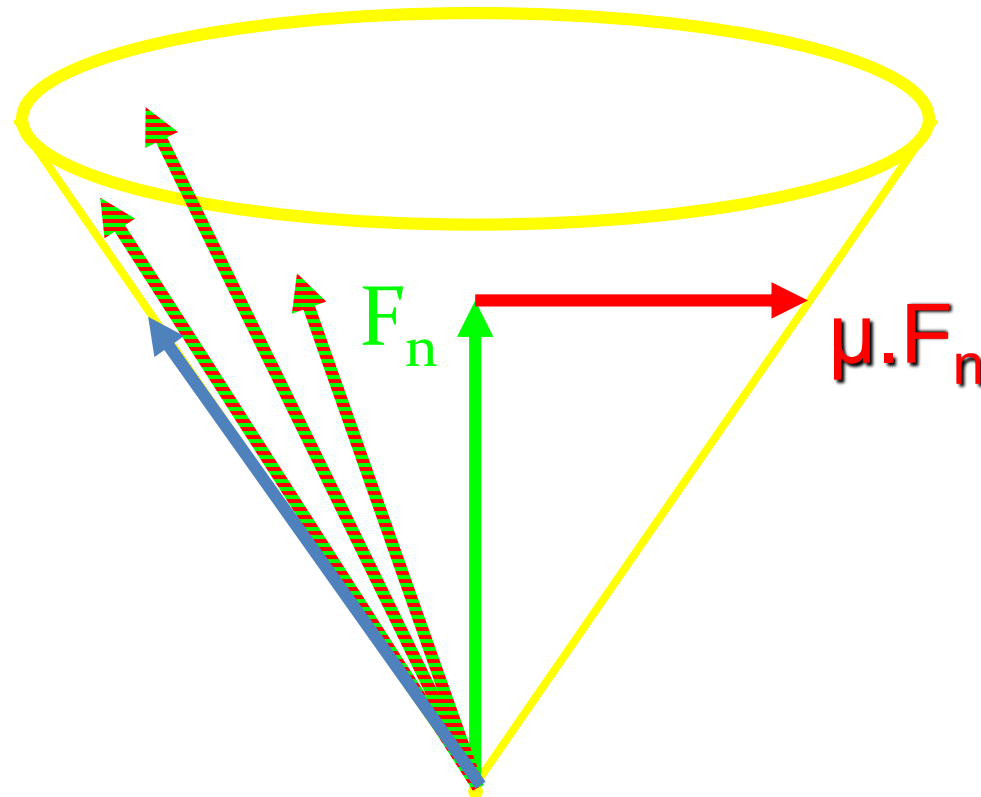
Force de
traction [N]

$\mu \cdot R_n$ est une force limite.
Elle ne peut pas être dépassée



Forces – frottements

Cône de frottement



S'il y a glissement alors,

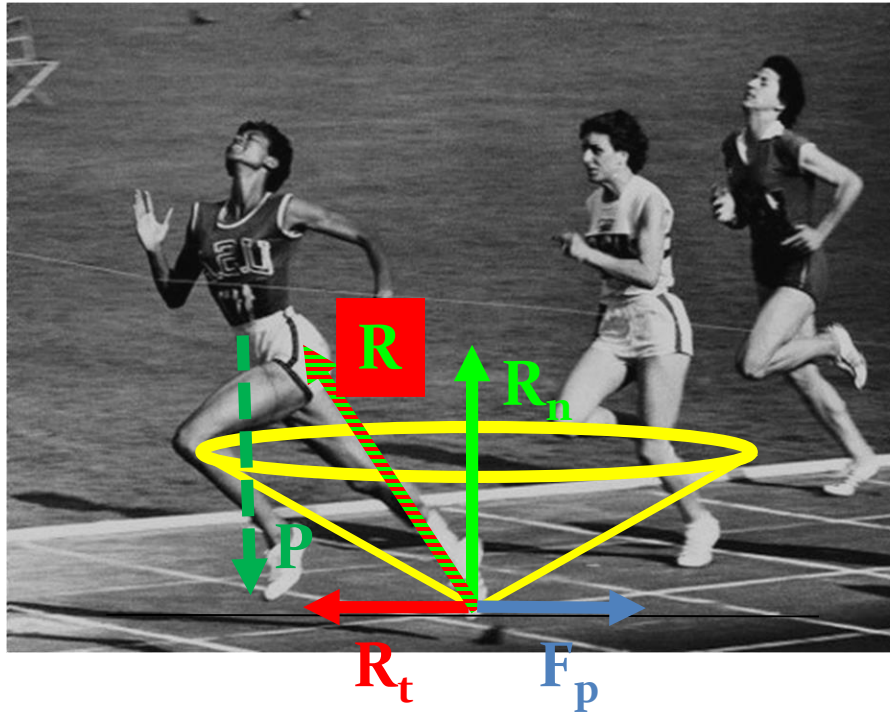
$$F_t = \mu \cdot F_n < F$$

Tant que les forces restent dans le cône de frottement, il n'y a pas de glissement

La composante horizontale est toujours inférieure ou égale à $\mu \cdot F_n$



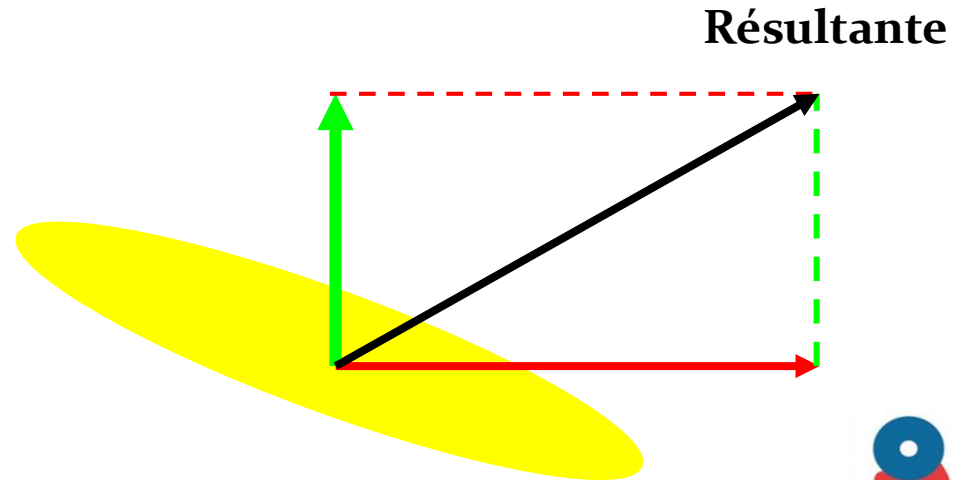
Forces – frottements



Forces – résistance aérodynamique

- **Traînée**: force agissant dans la direction de l'écoulement
- **Portance**: force perpendiculaire à la direction de l'écoulement

Vitesse de l'écoulement



Forces – résistance hydrodynamique

$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times V^2 \quad \text{TRAINÉE}$$

coefficient de trainée

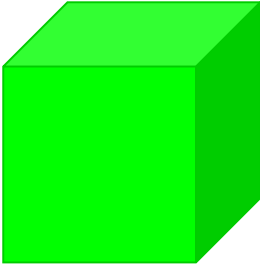
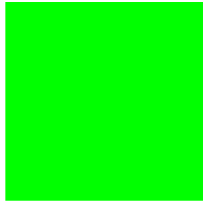
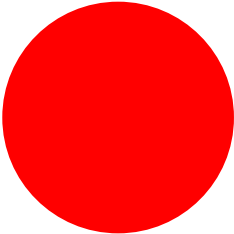
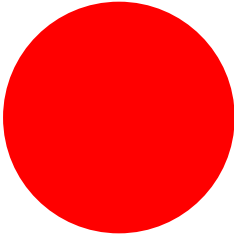
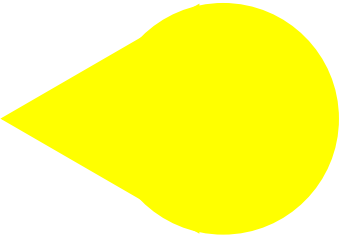
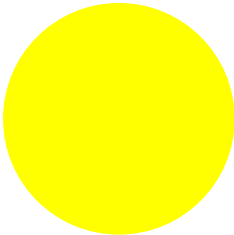
$$R = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_z \times V^2 \quad \text{PORTANCE}$$

coefficient de portance



Coefficients de forme

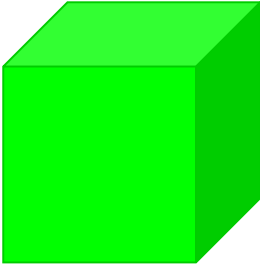
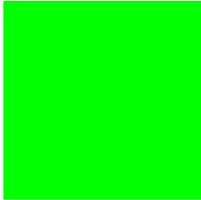
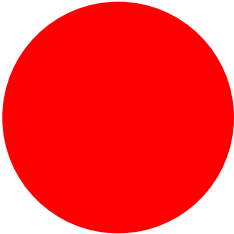
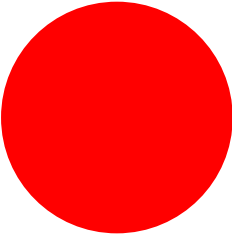
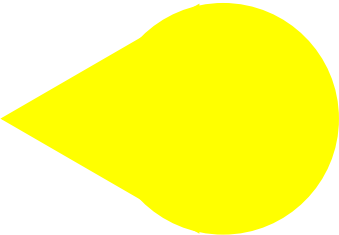
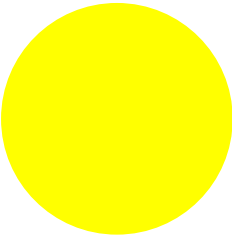
- **Surface:** Les couches proches de la surface sont ralenties et frottent avec les suivantes.

		Surface frontale	Trainée
	CUBE		100%
	BOULE		50%
	GOUTTE		5%



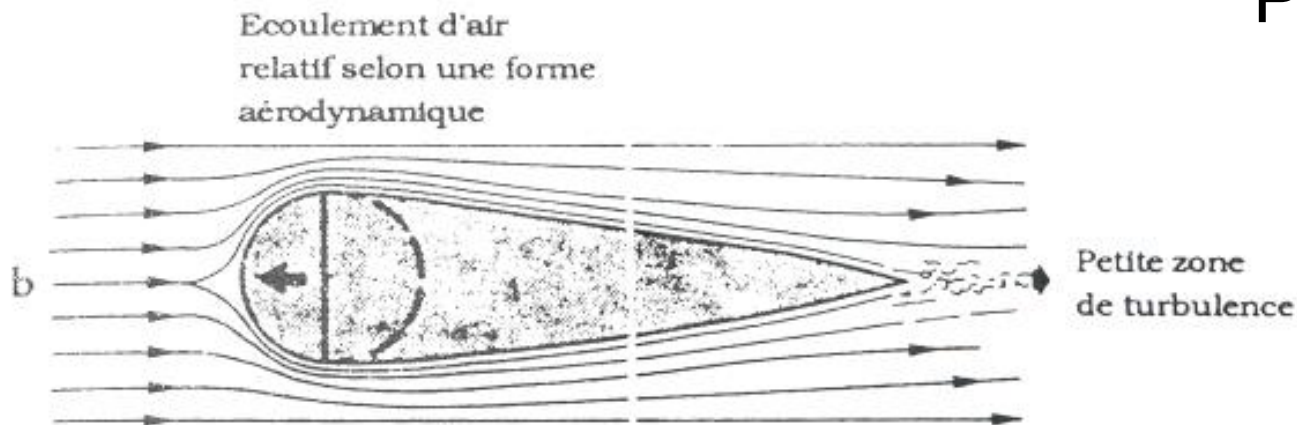
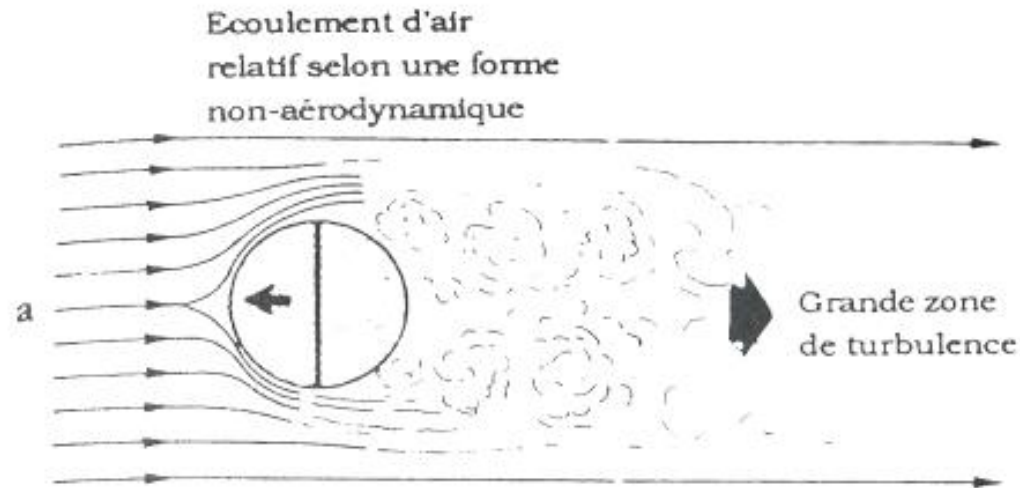
Coefficients de forme

- **Trainée:** Les variations de section brutales du corps amènent des zone de turbulence et donc de la traînée.

		Surface frontale	Trainée
	CUBE		100%
	BOULE		50%
	GOUTTE		5%



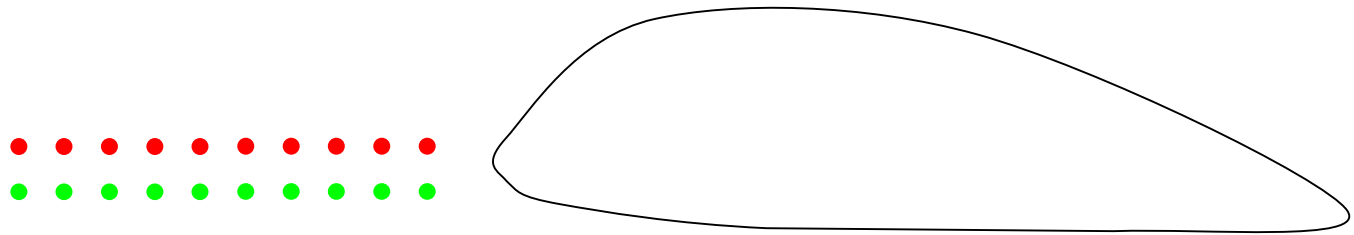
Trainée



Turbulence↑
=
Pression↓

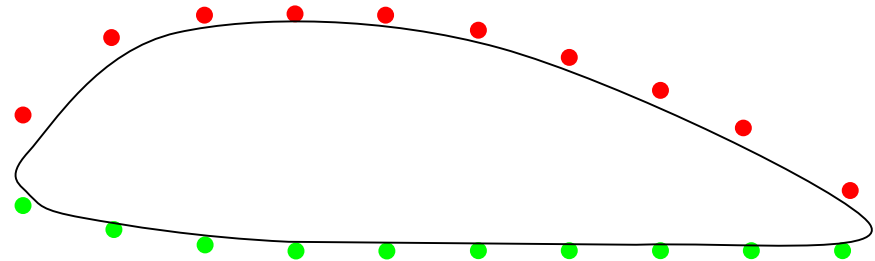


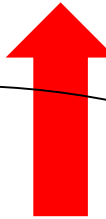
Effet de Bernouilli



vitesse ↑ pression ↓

vitesse ↓ pression ↑

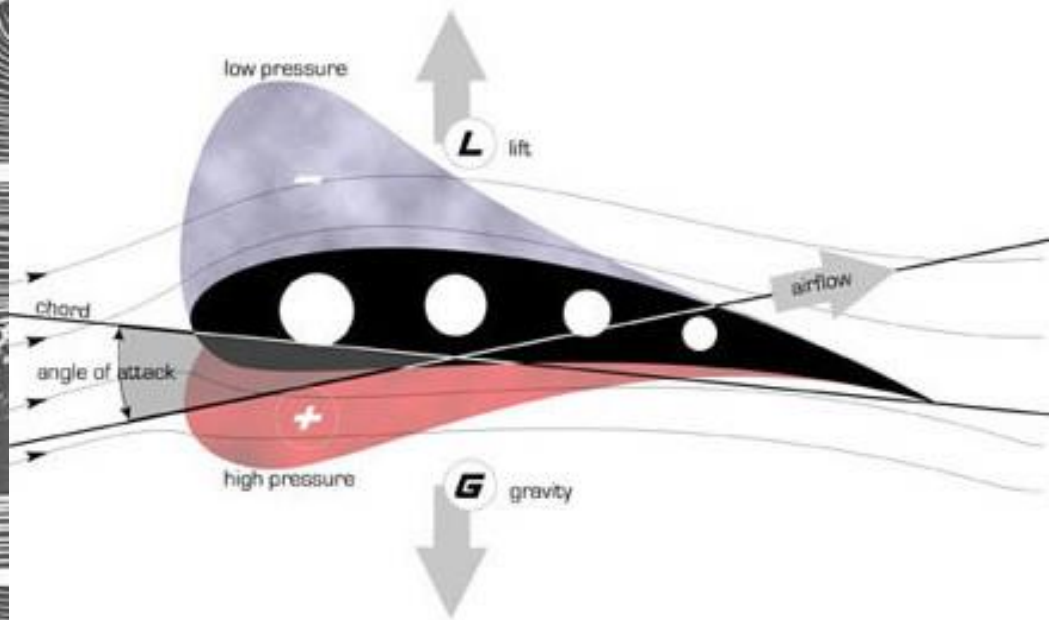
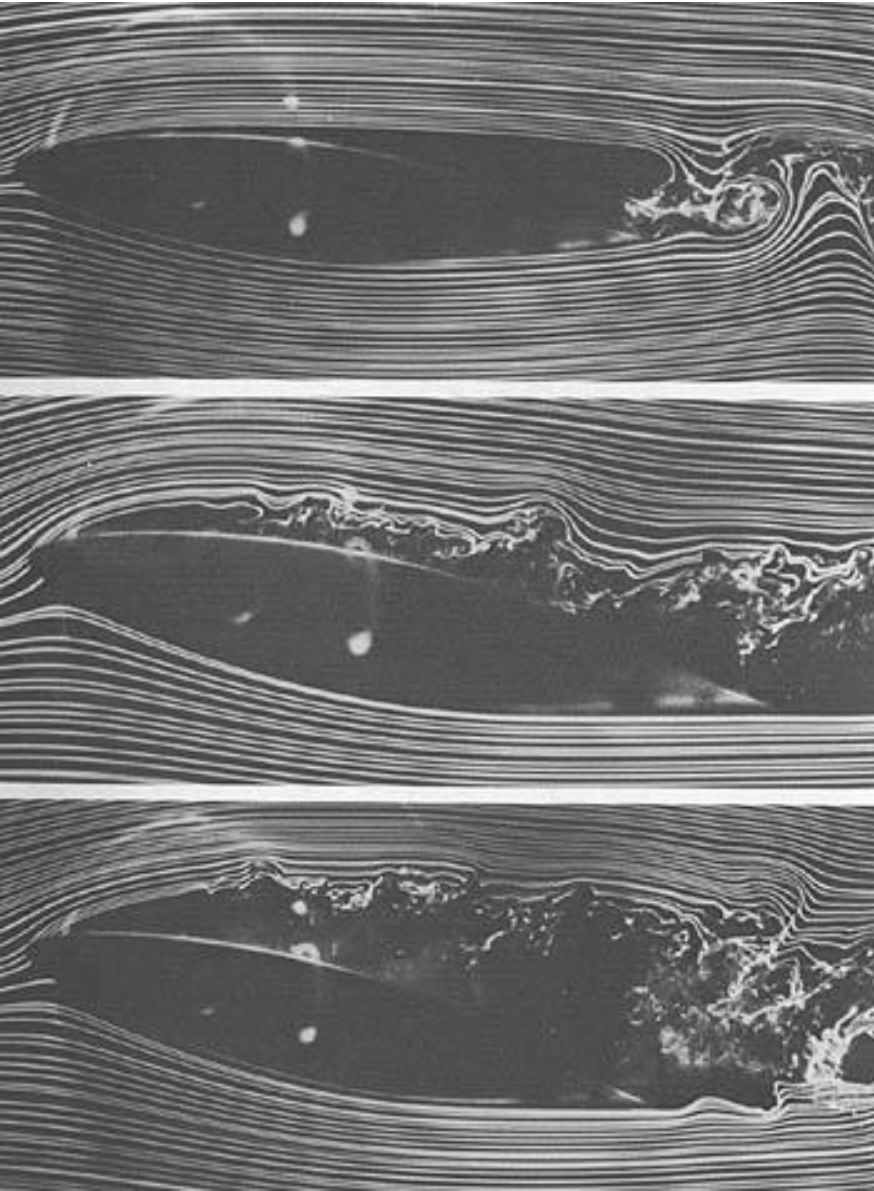


pression -  **PORTANCE**

pression +



Effet de Bernouilli



Forces – résistance hydrodynamique



$$R = \frac{1}{2} \rho s c v^2$$

Masse volumique de l'eau

Coefficient de résistance de vague

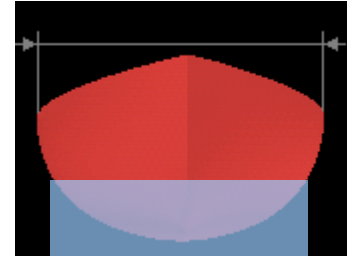
Coefficient de traînée



Forces – résistance hydrodynamique

Résistance de vague

$$S = \frac{\sigma}{L}$$



σ = section transversale maximale
ou maître-couple



L = Longueur à la flottaison

Plus le bateau est long, plus il est capable d'aller vite.



Forces – poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide (...) subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé (ρV).

$$\vec{P}_A = -\rho V \vec{g}$$

V = Volume déplacé

ρ = masse volumique [kg/m^3]
du fluide

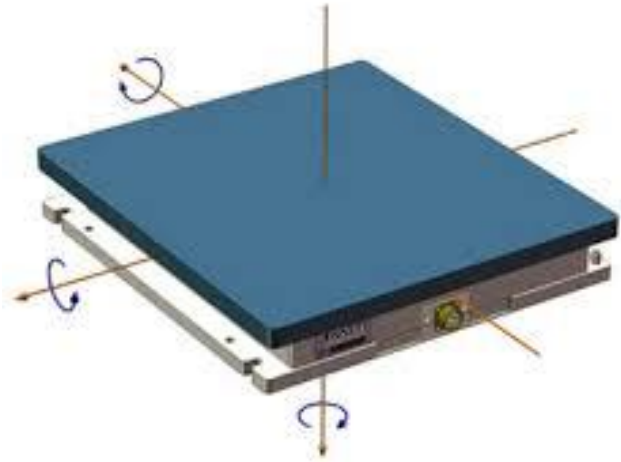


Exemple 2 - Ski

1. Quelles sont les forces exercées sur un skieur en descente?
2. Parmi ces forces laquelle/lesquelles permettent d'expliquer que plus la pente est importante, plus il est facile de gagner de la vitesse?
3. Quelle préparation spécifique du skieur de descente permettra d'optimiser le gain de vitesse en course?

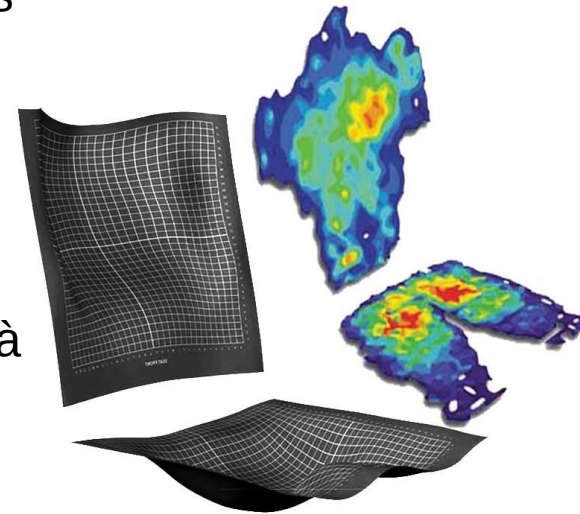


Forces – mesure des forces



Platteforme de force
mesure les forces et les moments au sol

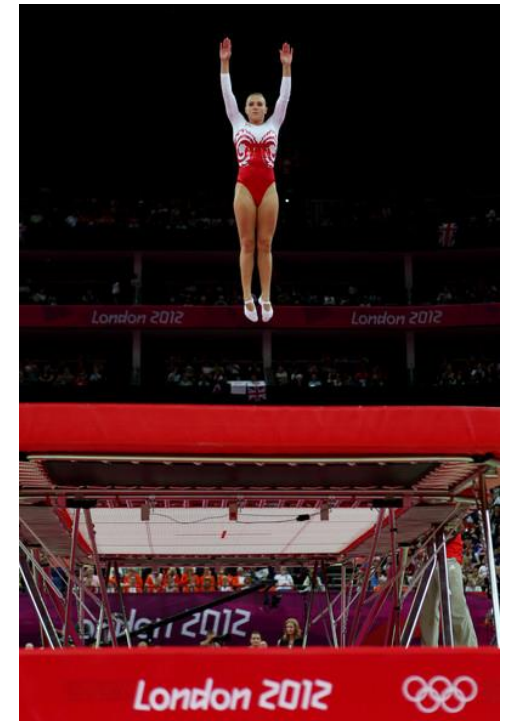
Nappe de pression
Pour mesurer la répartition des efforts à la surface de contact



Capteurs de force
Mesure les force et moment à l'interface avec un objet manipulé



Exercise 4



Exercice 4

- Etude d'un geste sportif (de votre spécialité)
 - Temps de préparation 30-45 min
 - Analyse des forces extérieures :
faire le schéma, présenter chaque force
 - Proposer une méthode de mesure ou estimation de ces forces, lorsque c'est possible ou justifier si ce n'est pas le cas.

