

Modéliser une action sur un système : les forces

I) Notion de force

Définition : Une force est toute cause capable de déformer un corps ou de modifier son état de repos ou de mouvement.

On ne voit pas une force mais on observe ses effets. Parler de force ne veut rien dire. Il faut toujours préciser : « **force exercée par A sur B noté $F_{A/B}$** »

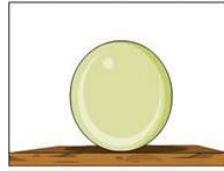
A) Les effets des forces

- **Déformer le système étudié**

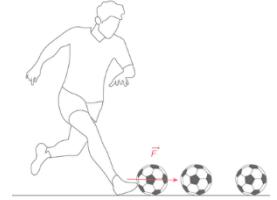
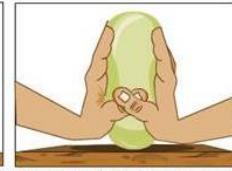
Soit de manière temporaire, soit de manière définitive



De manière temporaire (déformation élastique)



De manière définitive (déformation inélastique)

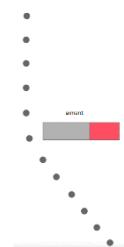


- **Mettre en mouvement**

La frappe du footballeur met en mouvement le ballon initialement au repos.

- **Modifier le mouvement (la trajectoire et/ou la vitesse)**

La bille qui initialement avait un mouvement rectiligne uniforme a son mouvement modifié en raison de la force d'attraction magnétique de l'aimant. Le mouvement devient curviligne accéléré.



B) Rôle de la masse

Plus la masse d'un objet est grande, plus la force doit être **importante** pour modifier le mouvement de cet objet.

C) Caractéristiques des forces

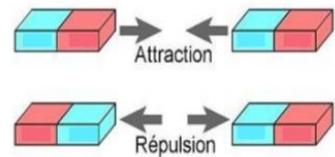
- **Une force possède une direction**

La bille est attirée par l'aimant, il y a donc eu une force qui a modifié son état de repos. Cette force a une direction **horizontale**.



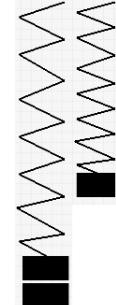
- Une force possède un sens

Quand les aimants sont présentés avec le même pole ils se **repoussent**,
Quand ils sont présentés avec des pôles opposés, ils **s'attirent**. La force a donc un **sens**.



- Une force possède une intensité (=valeur)

Une masse fait descendre le ressort de 2cm. Si on accroche une masse plus lourde, le même ressort descendra de plus de 2cm. Une force a donc une **intensité** (= valeur). On la mesure en **newton** (N).



- Une force possède un point d'application



C'est sur la tête du clou que s'exerce la force de frappe du marteau.

Conclusion :

Avec quel « objet mathématique » va-t-on représenter une force ?

Un vecteur (une flèche) car une force possède un sens, une direction, une norme (intensité en newton) et un point d'application !

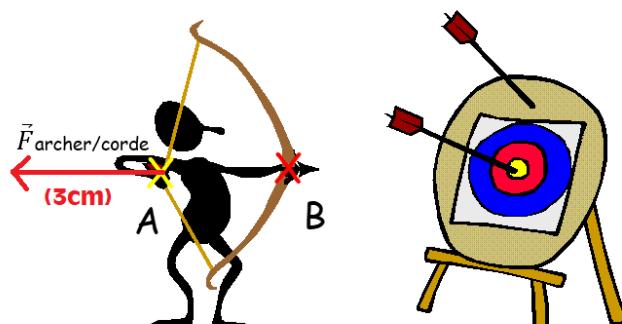
Attention : il faut utiliser une échelle pour représenter l'intensité de la force. Elle donne la correspondance entre les newtons de la réalité et la longueur en cm du vecteur force sur le dessin.

Exemple : on considère l'archer ci-contre.

La force qu'il exerce sur la corde de l'arc a une valeur de 60 N.

Echelle de représentation : 1 cm pour représenter 20 N

- Cette force est :
 - la force de l'archer sur la corde que l'on note $\vec{F}_{\text{archer/corde}}$
 - la force de la corde sur l'archer que l'on note $\vec{F}_{\text{corde/archer}}$
- L'archer exerce sa force
 - au point A
 - au point B
- Cette force a une direction
 - horizontale
 - verticale
 - en biais
- Le sens de la force est vers
 - la gauche
 - la droite
- La valeur de la force est de 60 N. Quelle sera la longueur du vecteur à tracer en tenant compte de l'échelle ? Tracer le vecteur correspondant. **3cm car 1cm représente 20N et il y a 60 N à représenter**



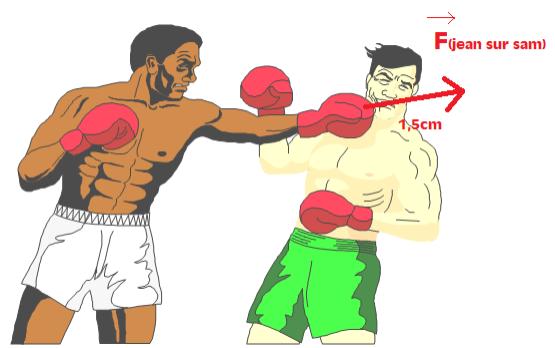
Exercice : Lors d'un match de boxe, Jean KHOLLUNE a mis son adversaire Sam FEMAL K.O en lui envoyant un crochet équivalent à une force de 1500 N.

Echelle : (1cm → 1000 N)

Représente cette force à l'échelle au bon endroit sur le dessin et donner toutes ses caractéristiques (origine, sens, direction, valeur...)

On représente une force qui part du poing de Jean vers la mâchoire de Sam.

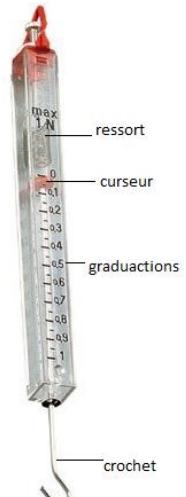
Le vecteur a pour norme 1500N donc on trace un vecteur de 1,5cm d'après l'énoncé.



Comment mesurer une force ? Le dynamomètre

Le dynamomètre est l'instrument de mesure des forces. Il est composé d'un ressort prolongé d'une tige terminée par un crochet. À la jonction du ressort et de la tige métallique se trouve un curseur coloré. Le dispositif est enfermé dans un boîtier en plastique. Une échelle graduée en "N" est gravée sur la paroi. Lorsque le crochet est libre, le curseur indique 0 N, si je tire sur le crochet, le curseur se déplace et indique la valeur de la force exercée sur le crochet.

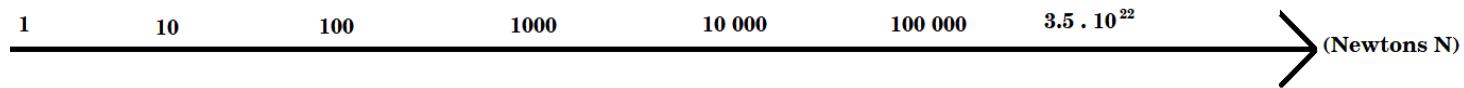
L'unité de mesure de l'intensité des forces est donc le newton de symbole N (majuscule)



D) Ordre de grandeur des forces

Compléter l'axe en attribuant les ordres de grandeurs aux forces suivantes :

Force exercée par (pour)	Soulever des haltères de 100 kg	Le pied sur la pédale de frein	Le doigt sur le poussoir d'un stylo	Le Soleil sur la Terre	Ouvrir une porte de placard à fermeture magnétique	Un réacteur d'avion sur les gaz qu'il éjecte	Traction d'une caravane par une auto
Lettre	a	b	c	d	e	f	g



c e b a g f d

II) Les types d'action

A) Actions de contact

Définition : Une action est dite de contact si les deux corps (actionneur et receveur) sont en contact l'un avec l'autre.

Exemple : la force exercée par un volleyeur sur une balle.

B) Actions à distance

Définition : Une action est dite de contact s'il n'y a aucun contact entre l'actionneur et le receveur.

Exemple : la force magnétique d'un aimant sur une bille en fer.

Exercice : indiquer si les actions suivantes sont de contact ou à distance

De contact ou à distance	contact	contact	distance	distance	contact	distance	distance
Action	Du vent sur les voiles d'un bateau	Du pied sur un ballon	D'une règle en plastique frottée avec de la laine sur un petit bout de papier	De la Terre sur la Lune (gravitation)	De la chaise sur une personne assise	De la Terre sur une balle en chute libre	Des protons sur les électrons du noyau de l'atome

III) Exemples de forces courantes1. Le poids (Voir TP)

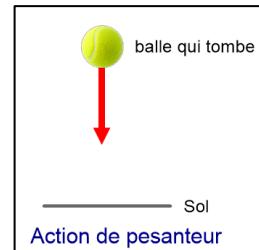
La Terre attire tous les corps dans son environnement. La force exercée par la Terre sur un corps est appelée poids P de ce corps. C'est une force à distance.

Exemple : poids de la balle

$$P = m \times g \quad \text{avec } g \text{ intensité de la pesanteur sur Terre } g=9.81\text{N/kg et } m \text{ la masse de l'objet en kg}$$

Exemple : calculer le poids de Sakounette sur Terre qui a une masse de 49kg

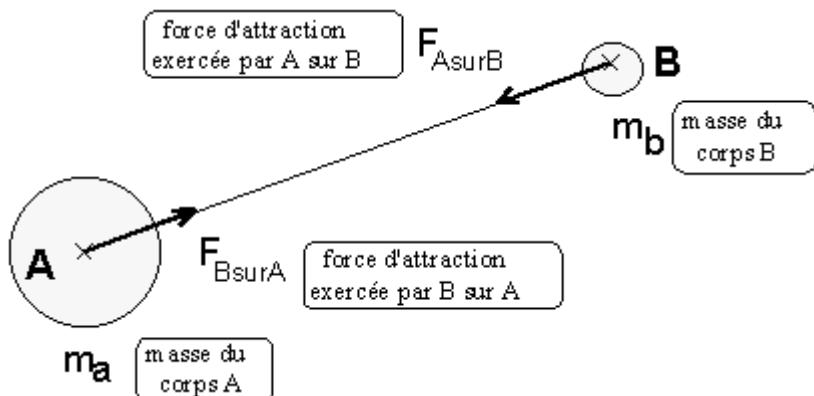
$$P = 49 \times 9.81 = 481 \text{ N}$$

2. Force gravitationnelle (voir TP)

Deux objets A et B ayant chacun une masse m_A et m_B (en kg) s'attirent n'importe où dans l'univers ! La valeur de cette force vaut

$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G \times m_A \times m_B}{AB^2} \quad \text{avec } AB$$

la distance en mètre entre A et B, et G la constante universelle de gravitation gravitation qui vaut partout dans l'univers $G=6.67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$



NB : le poids est un cas particulier de la force de gravitation entre la Terre et un objet sur la Terre (voir TP).

Exemple : calculer la valeur des forces d'attraction Terre-Lune et vérifier la valeur donnée plus haut :

Données : masses : $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$ $M_L = 7,4 \times 10^{22} \text{ kg}$ distance Terre-lune $TL = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$

Pensez à convertir les km en m d'où le ($\times 1000$) dans le calcul

$$F_{terre/lune} = \frac{G \times M_T \times M_L}{TL^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 7,4 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^5 \times 1000)^2} = 2 \times 10^{20} \text{ N}$$

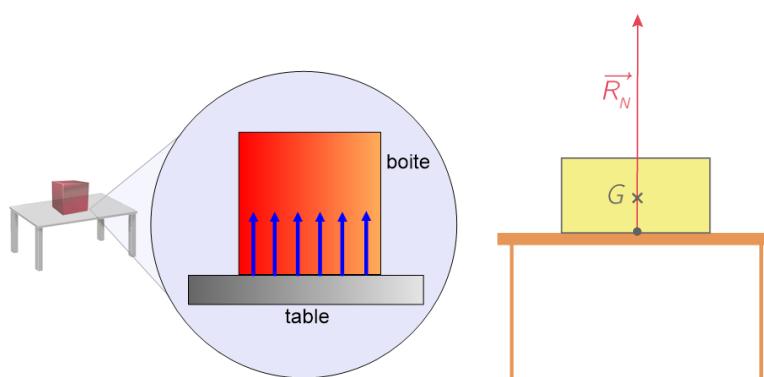
Représenter les vecteurs Force gravitationnelle à l'échelle suivante : 1cm $\Leftrightarrow 10^{20}$ N

On doit tracer une forme de valeur 2×10^{20} N donc avec cette échelle on fait un vecteur de 2 cm. La force exercée par la Terre sur la lune part du centre de la lune et va vers le centre de la Terre (car la Terre attire la lune).



3. La réaction du support

Un corps posé sur un support ne s'enfonce pas dans la table. La force exercée par un support sur un corps est la réaction du support. C'est une force de contact. On la note souvent R.

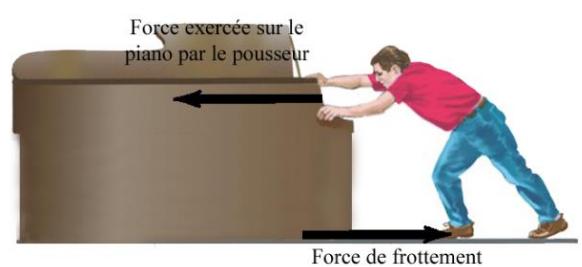


4. Les forces de frottements

Tout corps en mouvement est soumis à des forces de frottements. Ce sont des forces de contact qui **s'opposent au sens du déplacement**. Elles sont soit exercées par le solide, le liquide ou le gaz avec lequel le corps est en contact.

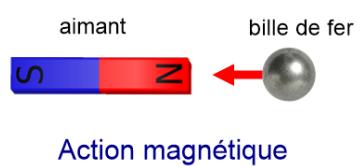
Quand les autres forces exercées sur le corps sont plus importantes, on peut négliger les forces de frottements sur le corps.

Exemple : un homme pousse un piano de droite à gauche. Les forces de frottements du sol sont opposées au mouvement.



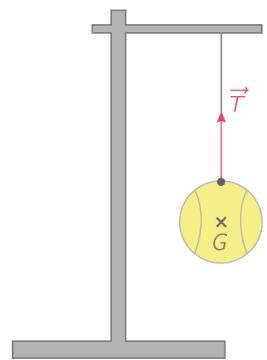
5. Les forces magnétiques

Ce sont généralement des forces exercées par un aimant sur un objet en fer



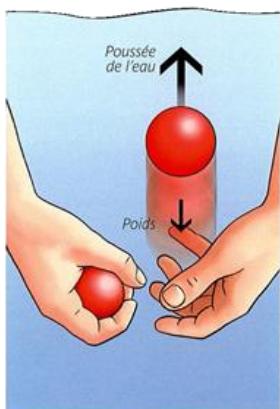
6. Tension d'un fil

La tension d'un fil est une action mécanique de contact localisée au point d'attache fil-boule. Cette action empêche la boule de tomber.

**7. La poussée d'Archimède (notée Π (pi))**

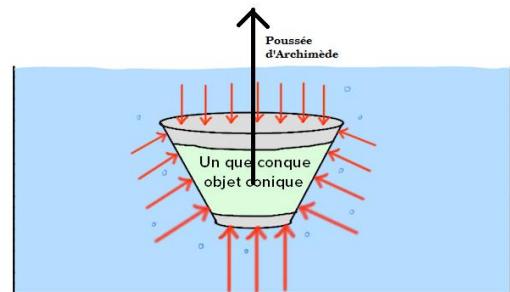
C'est la résultante (=somme) de l'ensemble des **forces de pression** exercées par un fluide (liquide ou gaz) sur un objet présent dans ce fluide. Elle est verticale et opposée au poids. Elle est égale au poids du fluide déplacé par l'objet immergé dans ce fluide.

Sa valeur vaut donc $\Pi = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{fluide}} \times g$.



Exemple : un ballon lâché dans l'eau va rapidement remonter jusqu'à la surface en raison des forces de pression de l'eau qui s'exercent sur lui. Cela revient à une force unique appelée **poussée d'Archimède**, verticale vers le haut.

Sur le schéma de droite, on voit que la poussée d'Archimède est la somme de tous les vecteurs forces de pression de l'eau qui sont plus important en fonction de la profondeur.

**IV) Bilan des forces**

Faire un bilan des forces revient à lister toutes les forces qui s'exercent sur le système étudié par l'extérieur. Avant de commencer, il faut TOUJOURS préciser :

- Le système (objet où l'on étudie les forces exercées par l'extérieur)
- Le référentiel (endroit depuis lequel on étudie le système)

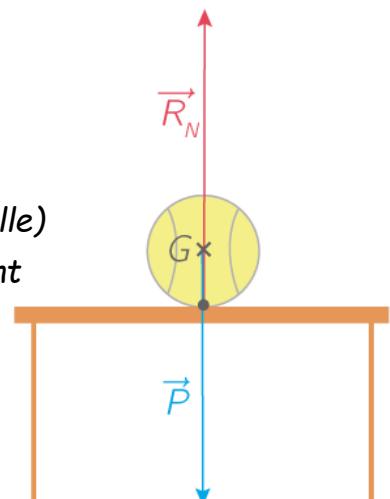
Exemple simple : Une balle posée sur une table

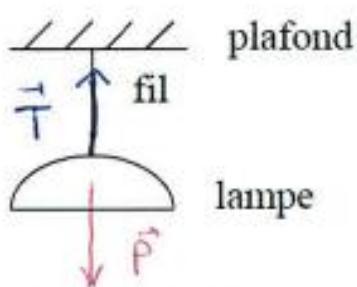
Système : la balle

Référentiel : terrestre

Bilan des forces :

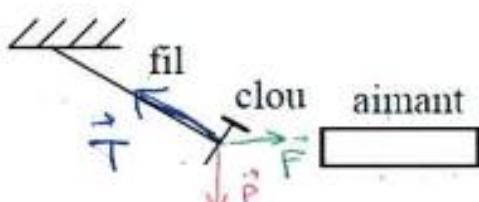
- Poids P (vertical vers le bas appliqué au centre de gravité de la balle)
- Réaction R_N de la table (verticale, vers le haut, appliquée au point de contact entre la table et la balle).



Exercice : faire le bilan des forces :

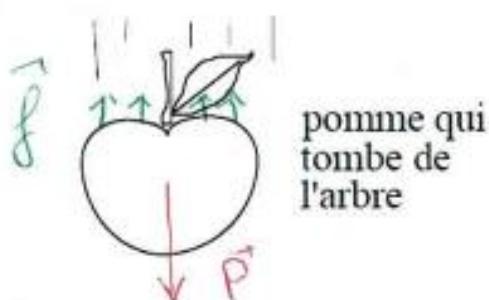
Système : la lampe

- * Poids \vec{P} vertical vers le bas au centre de gravité de la lampe
- * Tension du fil \vec{T} vertical vers le haut au point d'attache de la lampe



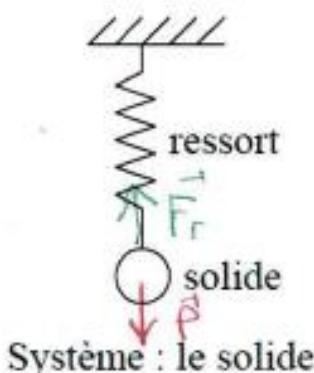
Système : le clou

- * Poids \vec{P} vertical vers le bas au centre de gravité du clou.
- * Tension \vec{T} du fil oblique au point d'attache avec le clou
- * force d'attraction magnétique \vec{F} horizontale vers l'aimant au centre de gravité du clou



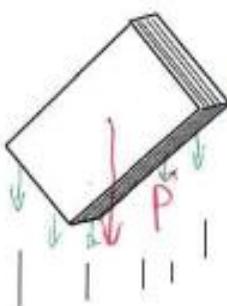
Système : la pomme

- * Poids \vec{P} de la pomme vertical vers le bas au centre de gravité de la pomme.
- * les frottements de l'air sur la pomme \vec{f} , vertical vers le haut



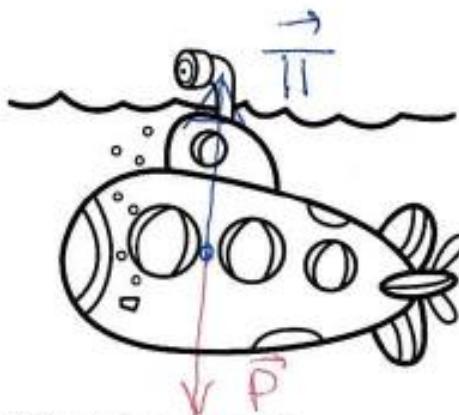
Système : le solide

- * Poids \vec{P} vertical vers le bas au centre de gravité du solide
- * force \vec{F}_r du ressort verticale vers le haut au point de contact avec le solide

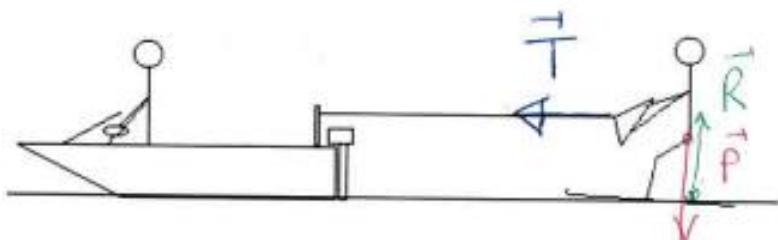


livre de physique lancé en l'air par un élève excédé (il est en train de monter)

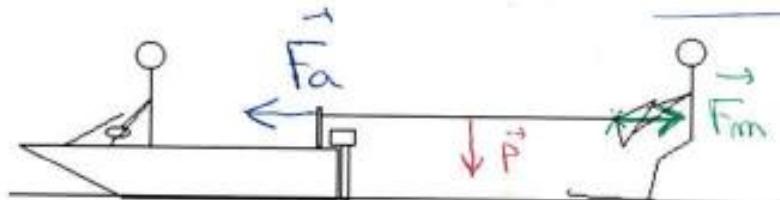
Système : le livre



Système : le sous-marin



Système 1 : l'homme et ses skis



Système 2 : le câble

- * Poids \vec{P} vertical vers le bas au centre de gravité du livre
- * \vec{f} les forces de frottements de l'air verticales vers le bas (opposées au mouvement).

- * Poids \vec{P} vertical vers le bas au centre de gravité du sous-marin
- * Poussée d'Archimède \vec{T} verticale vers le haut au centre de gravité

- * Poids \vec{P} de l'homme + skis vertical vers le bas au centre de gravité de l'ensemble

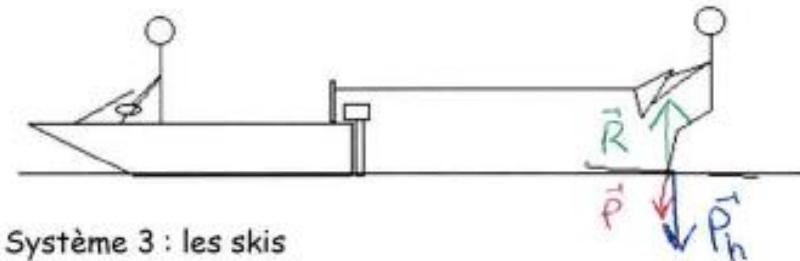
- * Réaction de l'eau sur les skis et l'homme verticale vers le haut au point de contact ski/ea

- * Tension de la corde horizontale vers la gauche sur la main de l'homme

- * Poids de la corde verticale vers le bas au centre de gravité de la corde

- * F_m force de la main sur la corde vers la droite au point de contact main/corde

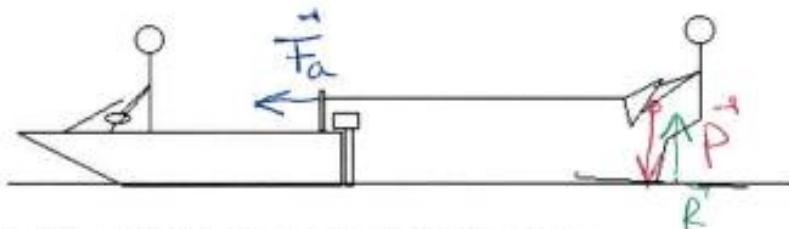
- * F_a force d'attache horizontale vers la gauche



* R Réaction de l'eau sur les skis verticale vers le haut au point de contact eau/ski.

* P_h : force de l'homme (son poids) sur les skis verticale vers le bas

* Poids des skis



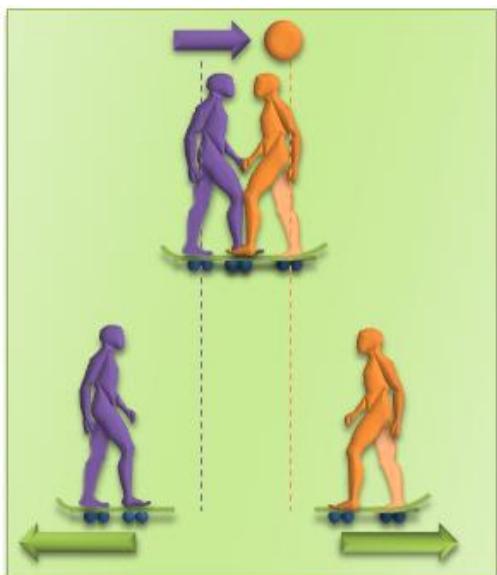
* Poids de l'ensemble

* Réaction R' de l'eau

* Force d'attache F_a

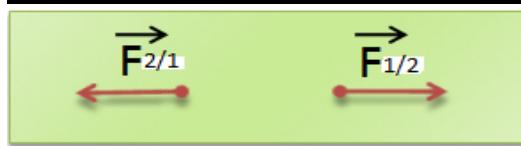
V) Le Principe des actions réciproques (ou 3^{ème} loi de Newton)

Exemple 1 :

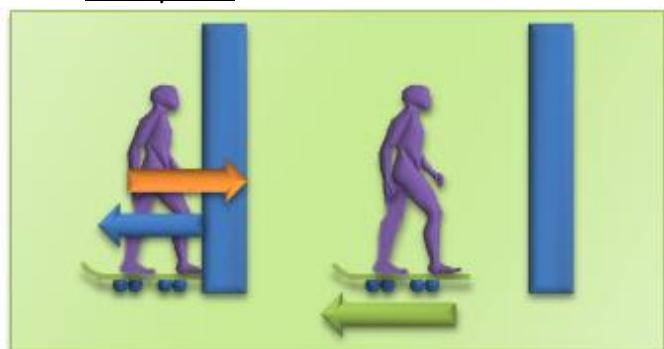


Deux skateboarders sont placés face à face et on la main posée l'une contre l'autre. Le skater 1 pousse sur la main du skater 2, qui lui n'exerce aucune pression. On observe que les deux skateboards se mettent en mouvement selon la même direction (horizontale) et dans des sens opposés. Le skateur 2 subit l'action (du skateur 1) et le skateur 1 subit la réaction (du skateur 2).

Modélisation selon le modèle des forces :



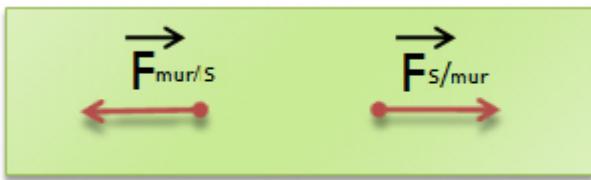
Exemple 2 :



Un skateboarder pousse horizontalement sur le mur.

Expliquer ce qu'il se passe et modéliser la situation selon le modèle des forces.

Le skateur a un mouvement dans la même direction que sa poussée mais de sens opposé. Le skateur S subit la force exercée par le mur (la réaction du mur), d'où son mouvement.



Conclusion : Ces deux expériences montrent que lorsqu' un objet A exerce une force sur un objet B, l'objet B exerce une force sur l'objet A de même direction et de sens opposés de même intensité.

Formulation du principe des actions réciproques (3^{ème} loi de Newton ou loi de l'action/réaction)

A et B étant deux corps en interaction, la force $\vec{F}_{A/B}$ (exercée par A sur B) et la force $\vec{F}_{B/A}$ (exercée par B sur A) qui décrivent l'interaction sont directement opposées : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Ces forces ont :

- o la même droite d'action (direction)
- o des sens opposés
- o la même intensité (= valeur en newton N)

Ces deux forces sont toujours directement opposées, qu'A et B soient immobiles ou en mouvement.