

1. Bilan de forces

1.1. Rappels de collègue :

QU'EST-CE QU'UNE FORCE ?

Une force est une action mécanique entre un objet qui reçoit l'action (le système, le receveur) et un objet qui crée l'action (l'acteur).

L'action mécanique peut être de contact si elle n'existe que lors du contact entre l'acteur et le receveur ou à distance si le contact n'est pas indispensable pour que l'action existe.

Applications :

- Pour chaque exemple, indiquer le système étudié entre { } et le référentiel de l'étude.
- Puis identifier les forces demandées, vous pouvez vous aider, au brouillon, si besoin, d'un diagramme interaction objet.

Rappel collègue : diagramme objet-interaction voir en bas page 171 du manuel

Exemple 1 : Identifier les forces s'exerçant sur le ballon de volley à cet instant (la joueuse est en train de le frapper).

Classer ces forces en deux familles : forces de contact ou forces à distance.



Exemple 2 : Identifier les forces s'exerçant sur le ballon de football à cet instant (il est encore au sol mais déjà frappé par le pied du joueur).

Classer ces forces en deux familles : forces de contact ou forces à distance.



Exemple 3 : Identifier les forces s'exerçant sur le skieur nautique.

Classer ces forces en deux familles : forces de contact ou forces à distance.



COMMENT RECONNAIT-ON L'EXISTENCE D'UNE FORCE ?

Une force peut se manifester par

- Une modification du mouvement (modification de la vitesse ou de la trajectoire)
- Un maintien en équilibre
- Une déformation du système

COMMENT REPRESENTE T-ON UNE FORCE SUR UN SCHEMA ?

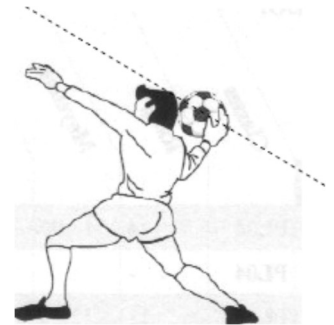
On représente la force par **un vecteur** (flèche) avec les caractéristiques suivantes

- **Point d'application** (=origine du vecteur) : Il est toujours sur le système soit au centre du système pour une action à distance, soit au point de contact pour une action de contact.
- **Direction** (= droite sur laquelle on trace la flèche) : droite reliant les deux objets en interaction
- **Sens** (= pointe de la flèche) : selon le sens de l'action
- **Norme** (= longueur de la flèche) : proportionnelle à l'intensité de la force (en N) avec éventuellement une échelle.

Exemple 1 :

Le gardien lance le ballon avec une force de 80 N suivant la direction tracée en pointillés.

Représenter la force correspondant à l'action du gardien sur le ballon en respectant l'échelle : 1cm \Leftrightarrow 40 N



Exemple 2 :

Un homme soulève sa valise avec une force verticale d'intensité 30N alors que la Terre attire la valise avec une force de 20N.

Décrire les caractéristiques des deux forces s'exerçant sur la valise.

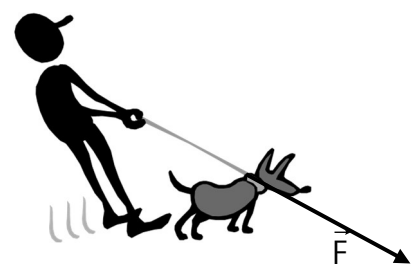
Les tracer sur le schéma ci-contre avec l'échelle 1cm \Leftrightarrow 20 N



Exemple 3 :

A partir du tracé du vecteur ci-contre, déterminer

- Qui subit la force \vec{F} (receveur) ?
- Qui crée la force \vec{F} (acteur) ?
- En déduire le système étudié ?
- Déterminer l'intensité de cette force ?
- Proposer un énoncé d'exercice dont la réponse serait le tracé ci-contre.



1cm \Leftrightarrow 50 N

QU'EST-CE QU'UN BILAN DE FORCE ?

Un bilan de forces, consiste à trouver toutes les forces qui s'exercent sur un système à un instant donné, à les décrire et à les représenter.

- Pour les identifier, il peut être utile d'effectuer un diagramme objet-interaction (DOI) qui consiste à réfléchir à tous les objets extérieurs qui peuvent agir sur le système étudié. Pour vous remettre ça en tête plusieurs vidéos sont à voir sur le netboard.
- Pour les décrire on indique en toutes lettres toutes les caractéristiques connues de chaque force
- Pour les représenter on utilise un schéma de la situation (au crayon) sur lequel on fait apparaître les vecteurs (en couleur)

1.2. Quelques forces à connaître

Le poids \vec{P}

Le poids est le nom donné à la force exercée par la Terre (ou tout autre astre) sur un système placé à proximité de sa surface. C'est une force à distance, elle existe même si l'objet ne touche pas la Terre.

L'unité de la valeur du poids est le Newton et non le kilogramme, puisqu'il s'agit d'une force.

Lors d'un bilan de forces pour un système sur Terre, le poids est à envisager en premier car cette force est toujours présente : tout objet proche de la terre et qui a une masse subit le poids.

Caractéristiques du poids :

Point d'application : le centre du système

Direction : verticale (= vers le centre de la Terre)

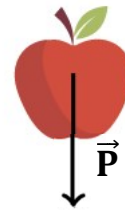
Sens : vers le bas (le système est attiré par la Terre)

Valeur du poids : $P = m \times g$

avec m la masse en kg

et g l'intensité de la pesanteur sur Terre (ou sur une autre planète).

Sur Terre $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$



Système {pomme}

Si la masse de la pomme est $m = 150 \text{ g} = 0,150 \text{ kg}$

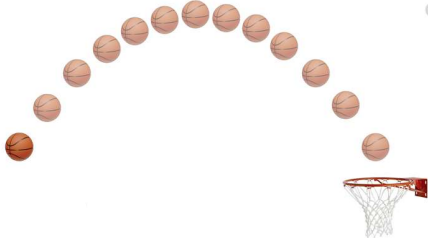
Son poids vaut

$$P = m \times g = 0,15 \times 9,8$$

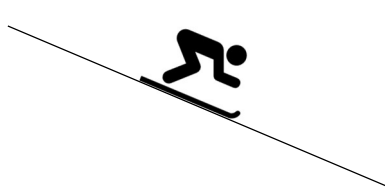
$$P = 1,5 \text{ N (environ)}$$

Application : pour les 3 situations ci-dessous, tracer le vecteur poids du système .

{Ballon de 250 g}
(échelle : 1cm pour 1N)



{Skieur de 60 kg}
(échelle : 1cm pour 200N)



{Pendule de 10 g}
Le pendule est la petite sphère suspendue au fil
(échelle : 1cm pour 0,1 N)



La tension d'un fil \vec{T}

La tension est le nom donné à la force exercée par un fil tendu sur le système auquel il est fixé. C'est une force de contact.

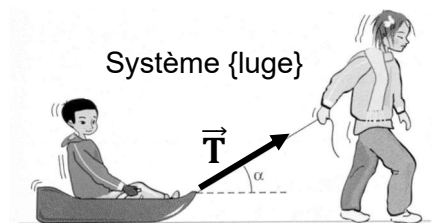
Caractéristiques de la tension :

Point d'application : le point d'attache entre le fil et le système

Direction : le long du fil

Sens : vers le fil

Norme : pas de méthode simple pour connaître la valeur d'une tension



Application: Tracer le vecteur correspondant à la force de tension s'exerçant sur le système (sans soucis d'échelle).

Système {le collier du chien}



Système {le maitre du chien}



Système {le pendule}



La réaction d'un support : \vec{R} (ou réaction normale \vec{R}_N)

La réaction est le nom donné à l'action exercée par une surface sur un objet posé sur cette surface, qu'il soit immobile ou en mouvement (l'action d'une table sur un livre, d'une route sur une voiture, d'une piste de ski sur un skieur etc...). Force de contact.
Le support agit de telle façon que le système ne s'enfonce pas. Il repousse l'objet posé.



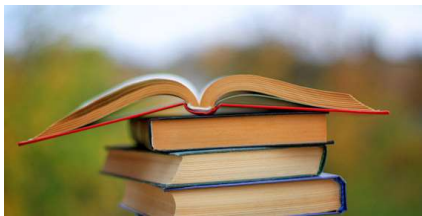
Système {boule de billard}

Caractéristiques de la réaction :

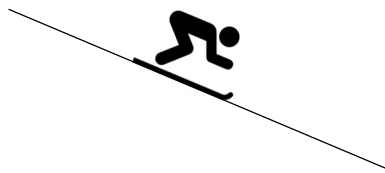
- Point d'application : au milieu de la zone de contact
- Direction : perpendiculaire au support
- Sens : de façon à repousser le système
- Norme : pas de méthode simple pour connaître la valeur d'une réaction

Application : Tracer le vecteur correspondant à la réaction normale du support s'exerçant sur le système (sans soucis d'échelle).

Système {le livre en haut de la pile}



Système {le skieur}



Système {la voiture}

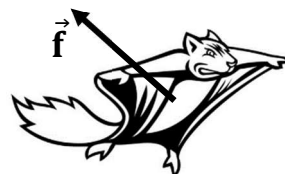


Les frottements \vec{f}

Les frottements résistants, sont une force qui s'oppose au déplacement du système. Ce peut être l'action de l'air sur un objet en mouvement ou l'action du support rugueux qui « freine » le système. C'est une action de contact. Lorsque les frottements sont dus au support on peut appeler cette force une réaction tangentielle \vec{R}_T

Caractéristiques des frottements résistants:

- Point d'application : au milieu de la zone de contact
- Direction : tangent à la trajectoire
- Sens : opposés au déplacement
- Norme : pas de méthode simple



Système {écureuil volant}

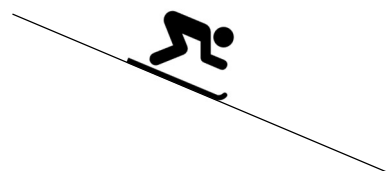
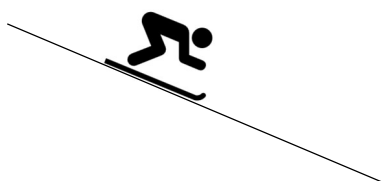
Application : Tracer les vecteurs correspondants aux frottements s'exerçant sur le système {vélo + cycliste}



Remarque, lorsqu'un objet est en mouvement sur un support, le support agit de 2 façons : la réaction normale (qui soutient le système) et la réaction tangentielle (les frottements).

On peut choisir de les représenter séparément ou d'en faire la somme

Exemple, représenter l'action de la piste de ski sur le système {skieur + skis} de 2 façons



1.3. La force de gravitation

Présentation :

Entre deux corps A et B, de masses m_A et m_B , il existe une force attractive à distance créée par l'un sur l'autre.

Cette force est universelle (elle existe partout dans l'Univers), elle existe entre des objets de toutes tailles : pour les objets petits (pour lesquels elle est souvent négligeable devant les autres forces), comme pour des objets très gros (étoiles, planètes, satellites etc..)

Dans l'espace, c'est la seule force qui existe, c'est donc elle qui régit les mouvements des astres. Le poids étudié précédemment est un cas particulier de l'interaction gravitationnelle (voir page suivante).

Caractéristiques de l'interaction gravitationnelle :

- Point d'application : Le centre du système (force à distance)
- Direction : la droite reliant les deux objets en interaction
- Sens : force attractive, dirigée vers l'objet qui crée la force
- Intensité : La valeur de la force se calcule avec la relation suivante :

$$F \text{ (ou } F_G) = \frac{G \times m_A \times m_B}{d^2} \quad \text{qui peut aussi s'écrire} \quad F \text{ (ou } F_G) = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

Avec m_A : masse du corps A en kg

m_B : masse du corps B en kg

d : distance entre les centres de A et de B en m

$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ = la constante gravitationnelle (même valeur dans tout l'univers)

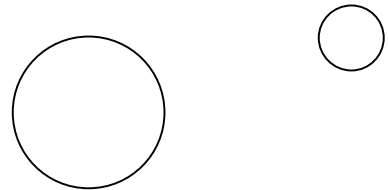
F (ou F_G) : intensité de la force gravitationnelle en N (Newton)

Application 1 : On étudie la Lune.

- Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune.
- Tracer la force gravitationnelle subie par la Lune avec l'échelle 1cm pour 10^{20} N:

Données : $m_{\text{Terre}} = 5,98.10^{24} \text{ kg}$; $m_{\text{Lune}} = 7,34.10^{22} \text{ kg}$; $d_{\text{Terre-Lune}} = 380\,000 \text{ km}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$

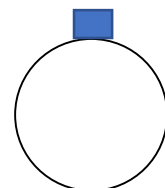
Système étudié {Lune}



Application 2 :

- Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et un objet de 2,0 kg posé à sa surface.
- Tracer cette force lorsque le système étudié est l'objet de 2kg. Echelle : 1 cm pour 10 N

Données : $m_{\text{Terre}} = 5,98.10^{24} \text{ kg}$; $m_{\text{objet}} = 2,0 \text{ kg}$; $R_{\text{Terre}} = 6371 \text{ km}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$



Application 3 :

- Calculer l'intensité de l'interaction gravitationnelle entre un objet de masse $m = 2,0 \text{ kg}$ et un de masse $m' = 5,0 \text{ kg}$ distants de $d = 3,0 \text{ m}$.

- Que peut-on dire de cette force si ces deux objets sont sur Terre ?

Remarque (pour EDS PC ou STI2D) La notation vectorielle de la force de gravitation

L'écriture des caractéristiques de la force de gravitation subie par B de la part de A est (voir page 5):

- *Point d'application* : Le centre du système (force à distance)
- *Direction* : la droite reliant les deux objets en interaction
- *Sens* : force attractive, dirigée vers l'objet qui crée la force
- *Intensité* : La valeur de la force se calcule avec la relation suivante : F (ou F_G) = $\frac{G \times m_A \times m_B}{d^2}$

Pour exprimer la force gravitationnelle subie par B de la part de A, les physiciens préfèrent la notation vectorielle suivante :

$$\vec{F}_G = -\frac{G \times m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$$

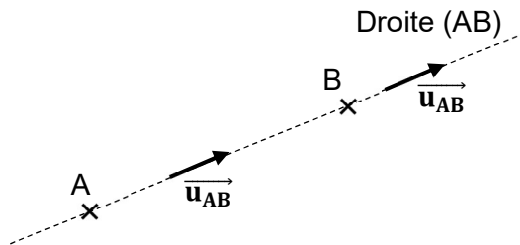
Avec cette écriture plus concise, on retrouve toutes les caractéristiques ci-dessus à condition de savoir ce que représente \vec{u}_{AB}

Qu'est ce que \vec{u}_{AB} ? \vec{u}_{AB} est le vecteur unitaire associé à la droite AB.

En mathématiques vous connaissez probablement le vecteur unitaire \vec{i} ou \vec{j} qu'on place sur les axes d'un repère pour les orienter. \vec{u}_{AB} a le même rôle

- Par définition \vec{u}_{AB} est un vecteur **unitaire**, ce qui signifie que sa norme est égale à 1.
Ici c'est un vecteur unitaire de forces, sa norme vaut **1N**.
- Par convention \vec{u}_{AB} est un vecteur dirigé dans le sens A vers B. Il permet d'orienter la droite (AB) de A vers B

Sur le schéma ci-contre on l'a représenté deux fois avec deux origines différentes. On peut le placer où on veut sur la droite. Souvent on le place au point A



Comment comprendre l'écriture $\vec{F}_G = -\frac{G \times m_A \times m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$

Dans cette écriture on remarque que le vecteur \vec{u}_{AB} est multiplié par le nombre $-\frac{G \times m_A \times m_B}{d^2}$.

Ainsi le résultat de cette opération a

- Pour direction :
- Pour sens :
- Pour norme :

Avec cette écriture on retrouve les caractéristiques de l'interaction gravitationnelle subie par l'objet B de la part de A :

- Direction :
- Sens :
- Valeur

Activité : Lien entre le poids et l'interaction gravitationnelle

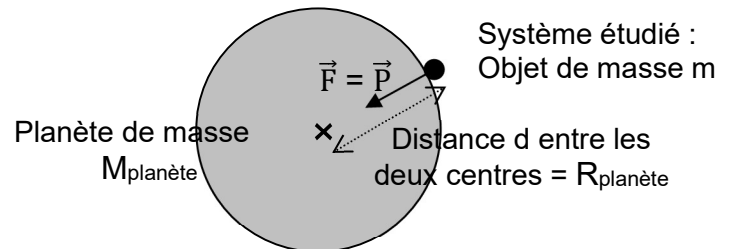
1. Calculer le poids sur Terre d'un objet de masse $m = 2,0\text{kg}$.
2. Comparer cette valeur avec le résultat de l'application n°2 page 6. Que remarque-t-on ?

Le poids est le nom donné à l'interaction gravitationnelle dans le cas particulier d'un système à la surface d'un astre.

Dans ce cas on peut faire le schéma ci-contre et exprimer la force avec la relation suivante :

$$F = G \times \frac{m \times M_{\text{planète}}}{(R_{\text{planète}})^2}$$

Dans cette relation, tant qu'on ne change pas de planète, quelle que soit la masse m du système, les valeurs de G , $M_{\text{planète}}$ et $R_{\text{planète}}$ sont constantes.



3. Calculer la valeur du produit : $G \times \frac{M_{\text{planète}}}{(R_{\text{planète}})^2}$ dans le cas de la Terre :

Données : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ $M_{\text{Terre}} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ et $R_{\text{Terre}} = 6371 \text{ km}$

Vérifier que l'unité obtenue pour ce calcul est N.kg^{-1}

Conclusion : Dans l'expression $F = G \times \frac{m \times M_{\text{planète}}}{(R_{\text{planète}})^2}$, si on note g le produit $g = G \times \frac{M_{\text{planète}}}{(R_{\text{planète}})^2}$, on retrouve l'expression du poids : $m \times g$.

Le poids \vec{P} d'un système est le nom donné à l'interaction gravitationnelle lorsque le système est à la surface d'un astre.

L'intensité g de la pesanteur est une grandeur qui change d'une planète à l'autre et qui dépend de la masse de la planète et de son rayon. $g = G \times \frac{M_{\text{planète}}}{(R_{\text{planète}})^2}$

Application : Calculer g sur Mars ($R_{\text{Mars}} = 6,39 \times 10^3 \text{ km}$ et $M_{\text{Mars}} = 3390 \text{ kg}$)

Le 19 avril 2021, pour la première fois, un petit hélicoptère (Ingenuity) a décollé et s'est posé sur Mars, commandé depuis la Terre. Entre autres informations, un reportage sur TF1 a dit la phrase suivante : « *car, si sur Terre Ingenuity pèse 1,8 kg, sur Mars il ne pèse que 680 g* ». Cette phrase comporte une énorme erreur !

Quelle est l'erreur ?

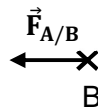
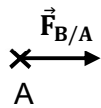
Corriger cette erreur, en comprenant l'idée qui se cache derrière ce raccourci fâcheux.

1.4. Les actions réciproques

Énoncé :

Lorsque deux systèmes A et B sont en interaction, ils exercent l'un sur l'autre des forces opposées. Ces forces ont

- La même direction
- Des sens opposés
- La même valeur



$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

Concrètement, ça signifie que dès qu'un système A agit sur un système B, simultanément le système B agit sur le A avec la même intensité mais de façon opposée.

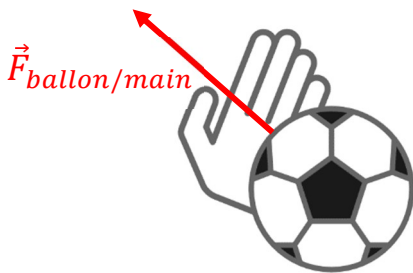
Par exemple : quand un gardien repousse un ballon : le ballon subit une force de la part de la main et la main est frappée par le ballon avec la même intensité.



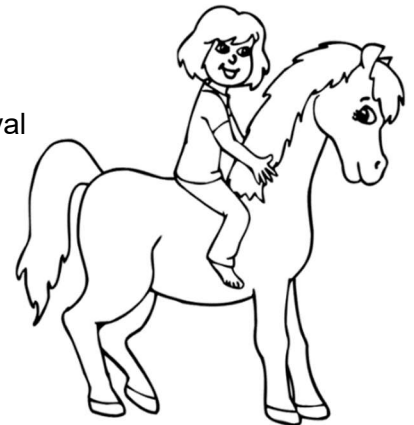
Selon qu'on étudie le ballon ou la main on aura un schéma différent

Système {main}

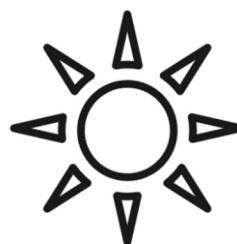
Système {ballon}



Application : Tracer sur le même schéma les actions réciproques entre le cheval et la cavalière



Application : Tracer sur le même schéma les actions réciproques entre La terre et le Soleil



Application : Tracer sur le même schéma les actions réciproques entre la nageuse et le bord de la piscine



Dans cette situation, que doit faire la nageuse pour partir plus vite ?
Expliquer pourquoi ça marche en raisonnant avec les actions réciproques.