Lycée Joliot Curie à 7	***PHYSIQUE - Chapitre 9***	Classe de Seconde

Cours

« Etude du mouvement d'un objet – Action mécanique – principe d'inertie »

Les compétences à acquérir…

- Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement.
- Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système.
- Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.
- Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations.
- Caractériser différentes trajectoires.
- Définir le vecteur vitesse moyenne d'un point.

Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement, où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de Δt ; le représenter.

Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme.

Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.

- Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.
- Exploiter le principe des actions réciproques
- Distinguer actions à distance et actions de contact.
- Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle.
- Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète.
- Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.
- Exemples de forces :
  - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.

I- Comment décrire le mouvement d'un objet ?

1- Un extrait de film !

Regardons l'extrait du film « Top secret » de 1984

Commentaires :

Premières minutes :

Le train 1 se met en mouvement vers la droite par rapport à la gare 2

Après quelques minutes :

C'est le train n°2 qui se déplace vers la gauche par rapport au paysage 3

Le train n°1 par rapport au paysage 3 est immobile

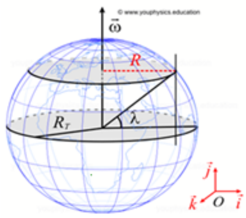
Comment expliquer la dernière scène de l'extrait ? Vu du train n°1, un autre train se déplace dans le sens inverse avec l'arbre

En conclusion :

Pour décrire le mouvement d'un objet, il faut définir un objet référent appelé "Référentiel d'étude"

Le mouvement d'un objet dépend du référentiel choisi

Exercice :



Latitude de Sète : $\lambda = 44{,}3°$ Rayon de la terre $R_T = 6{,}35\ 10^6$ m

$R = R_T \times \cos\lambda = 6{,}35\ 10^6 \times \cos(44{,}3) = 4{,}54.10^6$ m

Distance parcoure en 1 journée :
périmètre
$p = 2\pi R = 2\pi \times 4{,}54.10^6 = 2{,}86.10^7$ m
La vitesse est
$v = \frac{p}{\Delta t} = \frac{2{,}86.10^7}{1 \times 24 \times 60 \times 60} = 331$ m/s $=$ **1190 km/h**

2- Etude du mouvement d'un objet par chronophotographie :

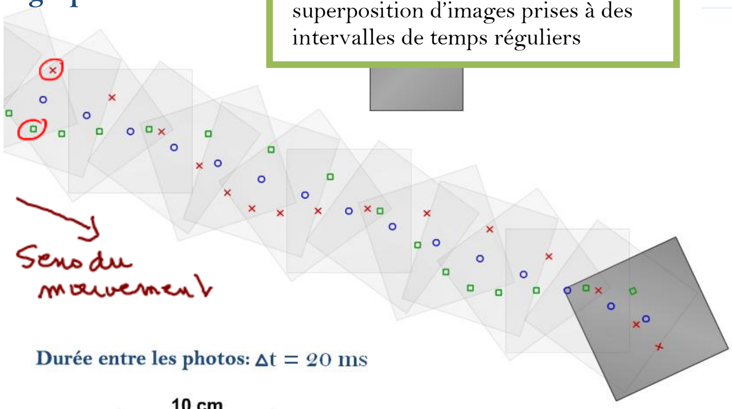
Chronophotographie : superposition d'images prises à des intervalles de temps réguliers

A travers une animation, étudions le mouvement d'un carré sur lequel sont repérés 3 points vert, rouge et bleu.

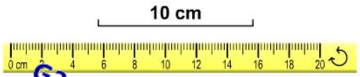
Système étudié { Carré.... }

Référentiel d'étude : Référentiel lié à la salle.

Les mouvements des points vert et rouge sont complexes..... à étudier (..rotation...... + translation..)



Durée entre les photos: $\Delta t = 20$ ms



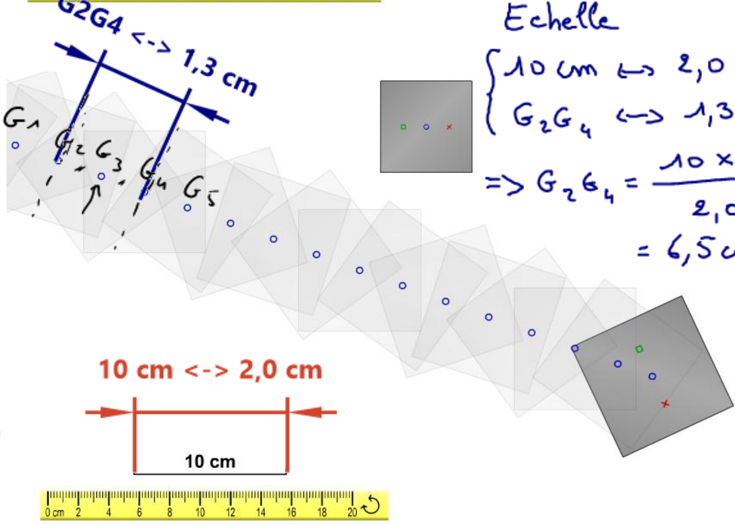
Simplifions l'étude en ne tenant compte que du point bleu.

Nous modélisons le carré par un .point.. appelé centre d'inertie (ou gravité)

Nous considérons que le carrée est assimilé à un point.

Que peut-on dire du **mouvement** de cet objet assimilé à un point G ?

C'est un mouvement.........
rectiligne uniforme...........
....



Calcul de [G2G3]
Echelle

$\begin{cases} 10 \text{ cm} \leftrightarrow 2{,}0 \text{ cm} \\ G_2G_4 \leftrightarrow 1{,}3 \text{ cm} \end{cases}$

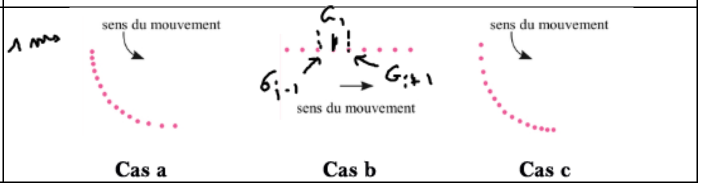
$\Rightarrow G_2G_4 = \dfrac{10 \times 1{,}3}{2{,}0} = 6{,}5 \text{ cm}$

Calcul de V_3

$V_3 = \dfrac{[G_2G_4]}{2\Delta t} = \dfrac{6{,}5 \cdot 10^{-2}}{2 \times 20 \times 10^{-3}} = 1{,}6 \text{ m/s}$

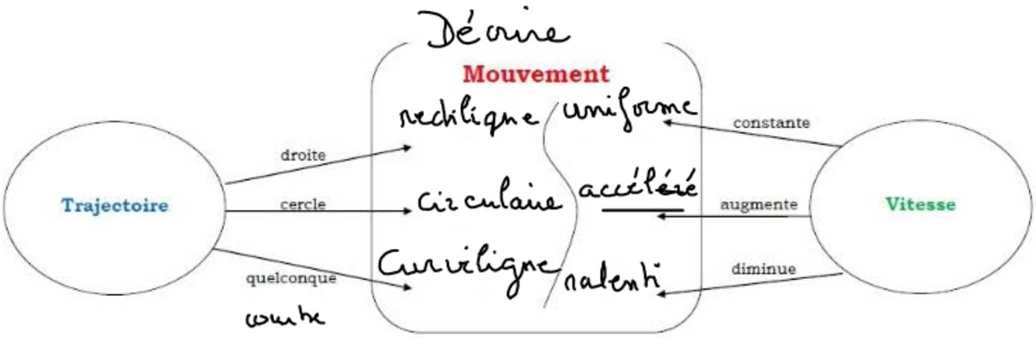
On peut calculer $V_{11} = \dfrac{G_{10}G_{12}}{2\Delta t} = 1{,}6$ m/s

En résumé : le mouvement par rapport à un référentiel d'un objet, assimilé à un point, est décrit en précisant :

La trajectoire du centre d'inertie G	La vitesse moyenne du centre d'inertie G
La **trajectoire** d'un point matériel est l'ensemble des .... successives occupées par ce point au cours du temps.	La vitesse moyenne V_i en un point G_i peut être calculée entre le point précédent G_{i-1} et le point suivant G_{i+1}
	$v_i = \dfrac{[G_{i-1}G_{i+1}]}{2\Delta t}$ ou ... exemple : $V_{12} = \dfrac{[G_{11}G_{13}]}{2\Delta t}$
	

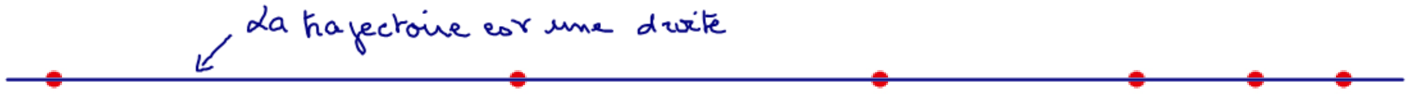
	est
La trajectoire A	droite
La trajectoire B	arc de cercle
La trajectoire C	courbe

	la vitesse
Dans le cas a	augmente
Dans le cas b	constante
Dans le cas c	diminue



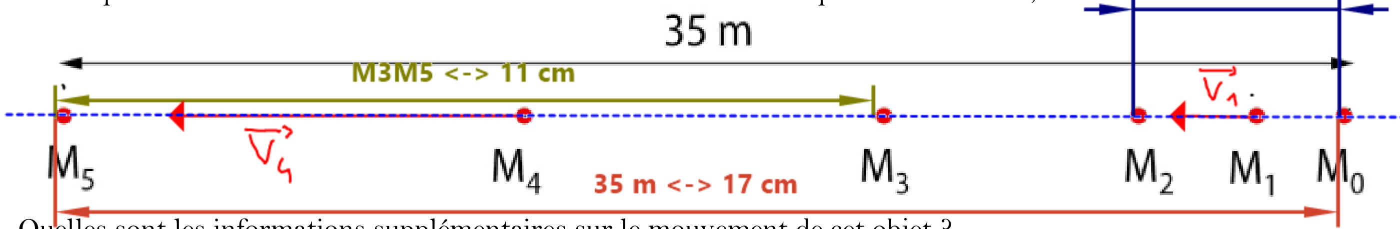
3- Vecteur vitesse $\vec{V}$:

Considérons l'enregistrement d'un objet en mouvement 1:



Que peut-on dire du mouvement ?
..Le mouvement est rectiligne car la trajectoire est 1 droite..........
.On ne peut pas dire si le mouvement est accéléré ou ralenti....
car on ne connait pas le sens du déplacement..............................

Allons plus loin dans l'étude de ce mouvement : l'intervalle entre 2 photos est Δt = 0,80 s



Quelles sont les informations supplémentaires sur le mouvement de cet objet ?
..Le mouvement est rectiligne et accéléré car la distance....
entre les positions successives augmente sur 1 même durée..........

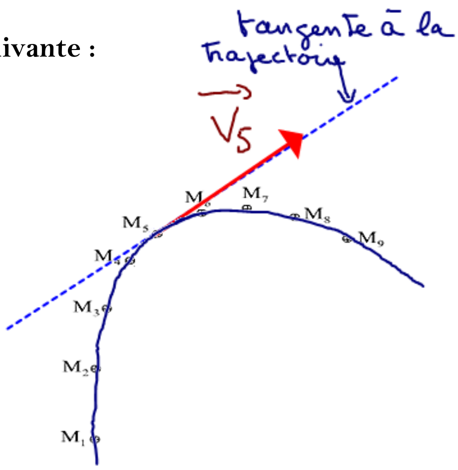
Calculez les valeurs des vitesses v_1 et v_4 :

Calcul de la valeur de la vitesse v_1 au point M_1	Calcul de la valeur de la vitesse v_4 au point M_4
Echelle $\begin{cases} 35\,m \leftrightarrow 17\,cm \\ M_0M_2 \leftrightarrow 2{,}5\,cm \end{cases} \Rightarrow M_0M_2 = \frac{35 \times 2{,}5}{17} = 5{,}1\,m$ $V_1 = \frac{M_0M_2}{2\Delta t} = \frac{5{,}1}{2 \times 0{,}80}$ $\Rightarrow V_1 = 3{,}2\,m/s$	Echelle : $M_3M_5 = \frac{35 \times 11}{17} = 23\,m$ $V_4 = \frac{G_3G_5}{2\Delta t} = \frac{23}{2 \times 0{,}8} = 14\,m/s$ Pour dessiner les vecteurs vitesse, il faut définir une "échelle des vitesses" on voit cela au prochain calcul.

La vitesse traduit le déplacement dans le temps du centre de gravité dans le temps. Nous allons introduire un outil mathématique, le .vecteur...... : Ici le .vecteur...... vitesse ..$\vec{V}$..

On peut donc exprimer le vecteur vitesse en un point M_i de la façon suivante :

$\vec{V_i} = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\Delta t} \Rightarrow V_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\Delta t}$ Exemple $V_5 = \frac{M_4M_6}{2\Delta t}$



Le vecteur vitesse $\vec{v_i}$ est défini par :

- **l'origine** : le point M_i
- **le sens** : toujours dans le sens du mvt
- **la direction** : droite tangente à la trajectoire
- **sa valeur c'est-à-dire sa norme :** V_i

Remarque: le vecteur vitesse en un point est toujours .tangent..... à la trajectoire et dans le .même.sens. que celui du mouvement.

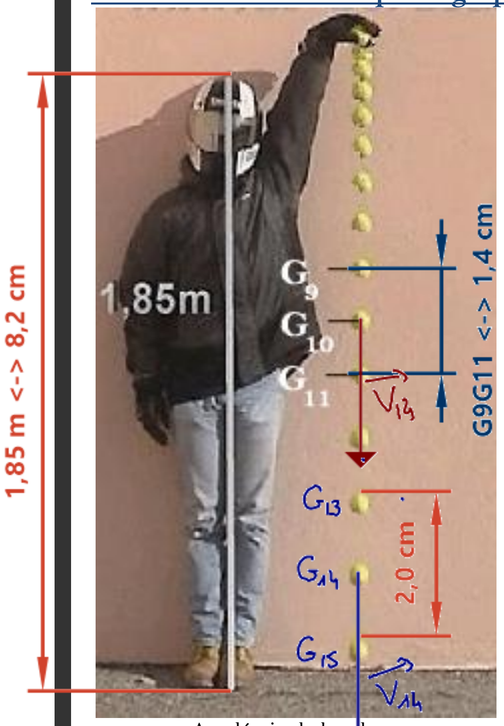
Dans le cas du mouvement 1, dessiner les vecteurs vitesses $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_4$ avec l'échelle: 1 cm ↔ 3,0.... m.s⁻¹. ← choisi
Pour cela vous calculerez les longueurs des vecteurs $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_4$ à l'échelle notées $L_{\vec{v}_1}$ et $L_{\vec{v}_4}$. Comment sont orientés ces vecteurs ?

$L_{\vec{V_1}} \leftrightarrow 3{,}2\,m/s$

$L_{\vec{v}_1} = \frac{1 \times 3{,}2}{3{,}0} = 1{,}1\,cm$

$L_{\vec{v}_4} = \frac{1 \times 14}{3{,}0} = 4{,}7\,cm$

4- Etude d'une chronophotographie :



Académie de bordeaux

Durée entre 2 photos
$\Delta t = 40$ ms

Echelle
185 cm <-> 8,2 cm
=> 1 cm <-> $\frac{185}{8,2} = 23$ cm

a- Définir l'échelle de cette photo:
1 cm (sur cette photo) ↔ ...23... cm (en réalité).

b- Calculez la valeur de la vitesse moyenne V_{10} au point G_{10}

$G_9G_{11} = 1,4 \times 23 = 32$ cm

$$\Rightarrow V_{10} = \frac{G_9G_{11}}{2\Delta t} = \frac{32.10^{-2}}{2\times 40.10^{-3}} = 4,0 \text{ m/s}$$

c- Tracer le vecteur vitesse $\vec{V}_{10}$ après avoir
- défini l'échelle des vitesses 1 cm ↔ ...2,0... m.s⁻¹.

$L_{\vec{V}_{10}} \leftrightarrow 4,0$ m/s

- et calculé la longueur du vecteur vitesse $L_{\vec{v}_{10}} = \frac{1\times 4,0}{2,0} = 2,0$ cm

d- Décrire le vecteur vitesse $\vec{V}_{10}$:
- sa direction : droite verticale
- son sens : vers le bas
- sa valeur : V_{10} = 4,0 m/s

e- Tracer le vecteur vitesse $\vec{V}_{14}$ au point G_{14} après avoir refait les calculs nécessaires. $G_{13}G_{15} = 2,0 \times 23 = 46$ cm

$$V_{14} = \frac{G_{13}G_{15}}{2\Delta t} = \frac{46.10^{-2}}{2\times 0,80} = 5,8 \text{ m/s} \quad \Rightarrow L_{\vec{V}_{14}} = \frac{5,8}{2,0} = 2,9 \text{ cm}$$

f- Décrire le mouvement de la balle : Mouvement rectiligne..

II- Modélisation d'une action mécanique par une force.

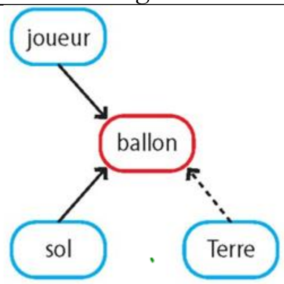
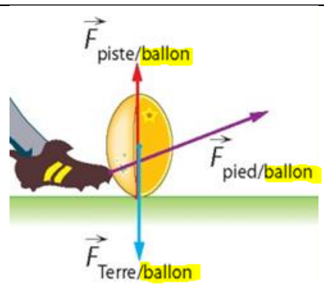
Dans le paragraphe précédent, nous avons décrit des mouvements sans nous préoccuper de « l'origine de ce mouvement ».
Nous allons donc maintenant nous intéresser aux liens entre les mouvements des objets et les actions qu'ils subissent.

> Ces **actions mécaniques**, s'exerçant sur un objet d'étude appelé **système**, pourront être **modélisées** par des vecteurs **force** $\vec{F}_{objet/objet-étudié}$
>
> Force exercée par ... sur ...

1- Faire le bilan des actions mécaniques que subit un objet :

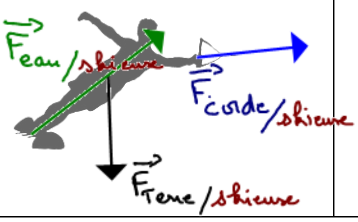
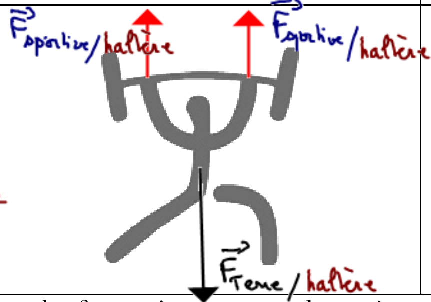
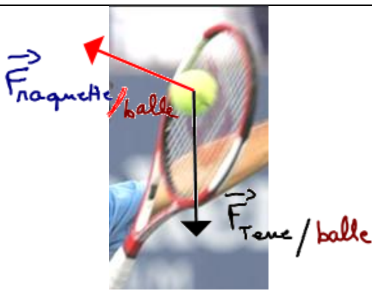
> Pour connaitre les actions mécaniques qui s'exercent sur un objet, appelé **système d'étude**, on peut réaliser un diagramme.
> On peut alors établir un bilan des actions mécaniques.
> Pour construire un tel diagramme il faut :
> - faire l'inventaire des objets concernés par l'étude en n'oubliant pas les appuis (**table, sol…**) et la **Terre** responsable de l'action mécanique liée à la pesanteur ;
> - schématiser ces objets dans des ovales en mettant **au centre l'objet d'étude** (objet sur lequel les forces s'exercent) ;
> - lorsqu'un objet agit sur l'objet d'étude, représentez cette action par une flèche dirigée vers le système d'étude :
>   - en pointillés pour une **action à distance**.
>   - en trait plein pour une **action de contact**.

Exemple : l'objet d'étude est le ballon de rugby, lorsque le pied du joueur le frappe : **système {ballon}**

La situation	Le Diagramme	La modélisation
		

On s'intéresse aux forces qui s'exercent sur le ballon.

2- Etude de cas :

Système {skieuse}	Système {Haltères}	Système {balle}
		
Diagramme 1	Diagramme 2	Diagramme 3
		
Modélisation 1	Modélisation 2	Modélisation 3
		
Bilan des forces s'exerçant sur le système étudié		
$\vec{F}_{eau/skieuse}$ $\vec{F}_{corde/skieuse}$ $\vec{F}_{Terre/skieuse}$	$\vec{F}_{sportive/haltère} + \vec{F}_{sportive/haltère} + \vec{F}_{Terre/haltère} = \vec{0}$ les effets de ces 3 forces sur les haltères se compensent. Elles sont immobiles	$\vec{F}_{raquette/balle}$ $\vec{F}_{Terre/ball}$

3- Quel est l'effet d'une force sur un objet ?

Système {ballon}	Système {ballon}	Système {voile}
		
le ballon est mis en mouvement	le ballon, sous l'action de la joueuse, change de mouvement	la voile sous l'action du vent se déforme

En résumé, l'effet d'une force sur un objet est de :

- soit mettre un objet en mouvement
- soit modifier le mouvement de l'objet
- soit déformer un objet

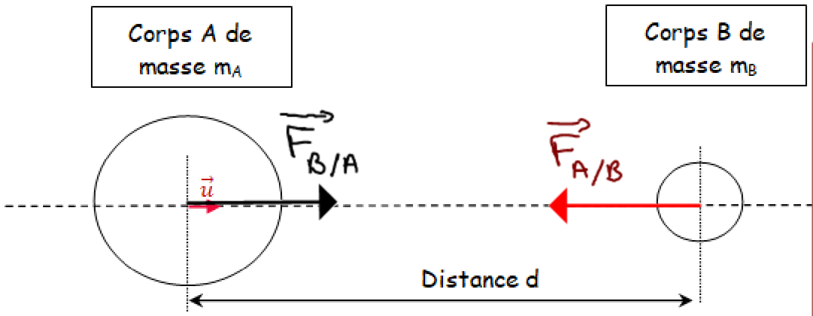
4- Quelques exemples de forces :

a- La force de gravitation universelle : Celle qui régit tout l'univers !

Deux corps A et B (à répartition sphérique de masse) de masses m_A et m_B, séparés par une distance d exercent l'un sur l'autre des forces toujours .attractives........ et de même intensité

$\overrightarrow{F_{A/B}}$: vecteur

$F_{A/B}$: intensité



$\overrightarrow{F_{B/A}} = - \overrightarrow{F_{A/B}}$

des 2 vecteurs sont colinéaires, de sens contraire et de même intensité

$F_{B/A} = F_{A/B}$

Représenter sans souci d'échelle les vecteurs forces $\overrightarrow{F_{B/A}}$ (force exercée par B sur A) et $\overrightarrow{F_{A/B}}$ (force exercée par A sur B). $\vec{u}$ est un vecteur unitaire.

Relation entre ces 2 vecteurs et expression de leur intensité

$\overrightarrow{F_{A/B}} = - \overrightarrow{F_{B/A}}$

$F_{A/B} = F_{B/A} = G \times \dfrac{m_A \times m_B}{d^2}$

Intensité

G = 6,67.10^{-11} N.m^2.kg^{-2} la constante de la gravitation universelle

d : est la distance entre les 2 centres de gravités

- les points d'applications des forces sont respectifs les centres de gravité.. des objets A et B,
- la direction est la droite liant les.centres. des deux objets,
- leurs sens sont ..opposés......................,
- Les forces sont de ..même..... intensité

Remarque : *Attention aux unités* :

- la longueur d est en mètre (m),
- les masses m_A et m_B sont ..en...kg..........
- la force F est en newtons (N).

Masse de la terre
M_T= 5,9722 × 10^{24} kg
Rayon de la terre
R_T = 6 371 km

Exercice : Calculez la force exercée par la terre sur vous $F_{T/vous}$? $m_{vous} = 57{,}0$ kg

$F_{terre/vous} = G \times \dfrac{M_T \times m_{vous}}{R_T^2} = 6{,}67.10^{-11} \times \dfrac{5{,}922.10^{24} \times 57{,}0}{(6371 \times 10^3)^2} = 559\text{ N}$

Quelle est l'intensité de la force que vous exercée sur la terre ? $F_{vous/terre} = F_{terre/vous} = 559$ N

Quel est le « petit nom » que l'on donne à cette force exercée par la terre sur vous ? ....le poids..........

$\vec{P} = \overrightarrow{F_{Terre/Vous}} \Rightarrow P = F_{Terre/Vous} = G \times \dfrac{M_T \times m_{vous}}{R_T^2}$

b- Le poids d'un objet : Celle qui vous empêche de voler (dans les airs)

Le poids $\vec{P}$ d'un objet correspond à la force exercée par la terre sur l'objet

Le poids P est caractérisé par : $\vec{P} = m \times \vec{g} \Rightarrow P = m \times g$

- son point d'application : Centre de gravité de la personne
- sa direction : droite passant par les centres de la Terre et la personne
- son sens : .vers le centre de la terre........................
- son intensité $P = m \times g$

g : intensité du vecteur champ de gravitation
$g = 9{,}81$ N/kg

Calculez votre poids :

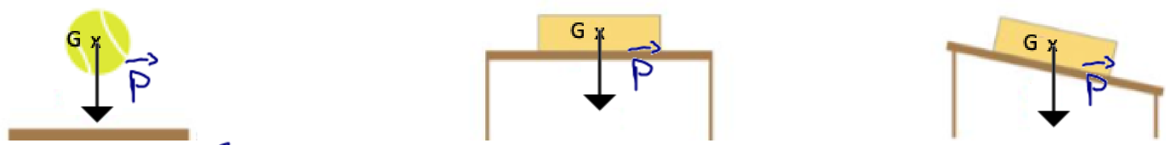
$P = m_{vous} \times g = 57{,}0 \times 9{,}81 = 559$ N

Conclusion :

le poids $\vec{P}$ est le "petit nom" de la force de gravitation universelle entre vous et la terre

$\vec{P} = \overrightarrow{F_{Terre/Vous}}$

Représentez le poids dans chaque cas : Une balle qui tombe et un livre posé sur une table

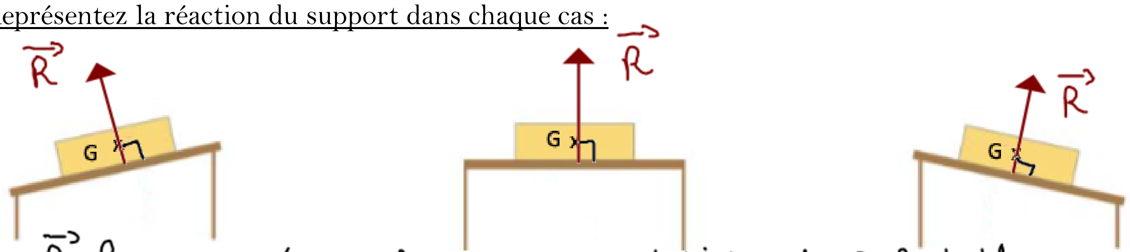


Le poids $\vec{P}$: { direction : droite verticale ; sens : vers le bas

c- La réaction R du support :

La réaction du support est la force exercée par le support sur la table.
Cette force est toujours perpendiculaire au plan du support
Où, sur l'objet, cette force s'exerce-t-elle ? ..Surface.....de...contact.....

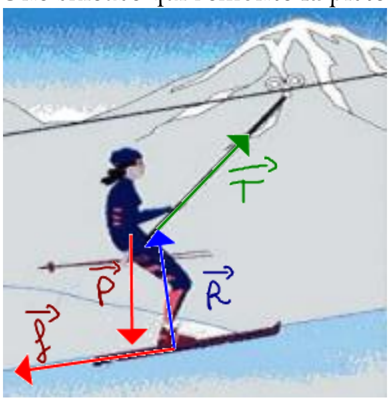
Représentez la réaction du support dans chaque cas :



$\vec{R}$: force exercée par la table sur l'objet ; ⊥ à la table

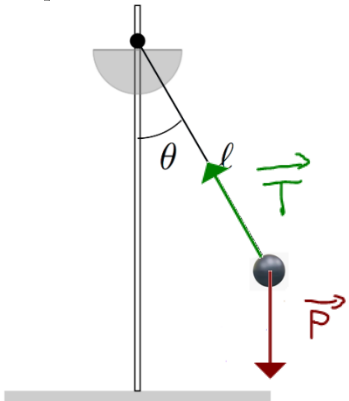
5- Etude d'exemples plus complexes :

Une skieuse qui remonte la piste sur un remonte-pente



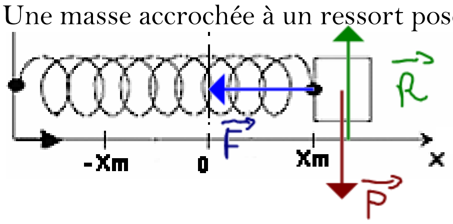
Bilan des forces
$\vec{P}$: poids
$\vec{R}$: réaction de la neige
$\vec{T}$: tension de la perche (force exercée par la perche sur la skieuse)
$\vec{f}$: forces de frottement (s'opposant toujours au mouvement)

Un pendule constitué d'une masse accroché à un fil de longueur l



$\vec{P}$: poids
$\vec{T}$: tension du fil (force exercée par le fil sur la boule)
$\vec{f}$: les forces de frottement sont négligeables

Une masse accrochée à un ressort posée sur une table



$\vec{R}$: réaction du support
$\vec{P}$: poids
$\vec{F}$: force exercée par le ressort sur l'objet

III- Quel est le lien entre le mouvement d'un objet et les actions sur cet objet ?

Mouvement d'un objet :
- circulaire accéléré
- rectiligne uniforme
- curviligne ralenti

Action mécanique :
- le poids
- la réaction du support
- les forces de frottements

Les 3 lois de ~~Kepler~~ Newton

1- Première loi de Newton appelé aussi le principe d'inertie :

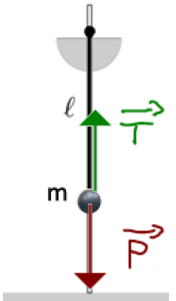
Le principe est le suivant

Mouvement de l'objet est **au repos** ou en **mouvement rectiligne uniforme** → (1) → Les forces sur l'objet **se compensent** ou **il n'y a pas de force** → Seulement dans l'espace.

(2) : Les forces sur l'objet se compensent ou il n'y a pas de force → Mouvement de l'objet est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme

1 **Si un objet est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme alors les forces se compensent**

Objet au repos



Considérons un pendule a l'équilibre c'est-à-dire au repos :
Faire un bilan des forces qui s'exercent sur la masse m

$\vec{P}$: poids $\vec{T}$: tension du fil

L'objet est au repos

$\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

$\vec{P} = -\vec{T} \Rightarrow P = T$

Les 2 forces se compensent

Objet en mouvement rectiligne uniforme

Une patineuse glisse sur la glace. Les forces de frottements sont négligeables

Faire un bilan des forces qui s'exercent la patineuse

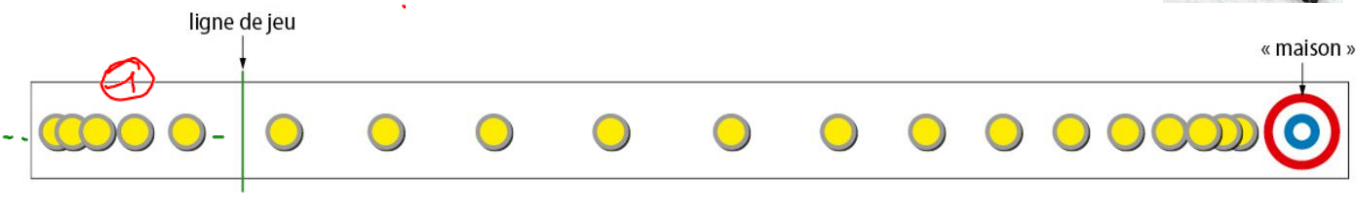
$\vec{P}$: poids $\vec{R}$ réaction du sol (pas de frottements)

La patineuse est animée d'un mouvement rectiligne uniforme

$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} = -\vec{R} \Rightarrow P = R$

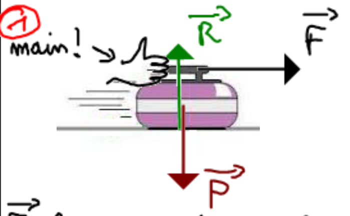
Les 2 forces se compensent

2 Lors d'un lancer de la pierre au curling,
- une première joueuse lance la pierre et la lâche avant la « ligne de jeu ».
- 2 autres joueuses « balayeuses » frottent la glace sur la première partie
- La pierre finit de s'arrêter avant la « maison »



Faire un bilan des forces sur la « pierre » dans les 3 cas suivants … et conclure

1



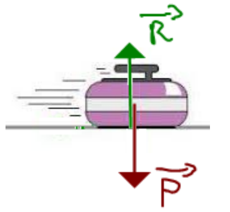
$\vec{F}$: force exercée par la main sur la pierre

Somme

$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} \neq \vec{0}$

Le mouvement
- rectiligne
- accéléré (V ↗)

2



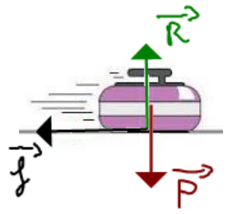
Somme

$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

Les forces se compensent

Le mouvement
- rectiligne
- uniforme (V = constante)

3



$\vec{f}$: force de frottement

Somme

$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} \neq \vec{0}$

Le mouvement
- rectiligne
- ralenti (V ↘)