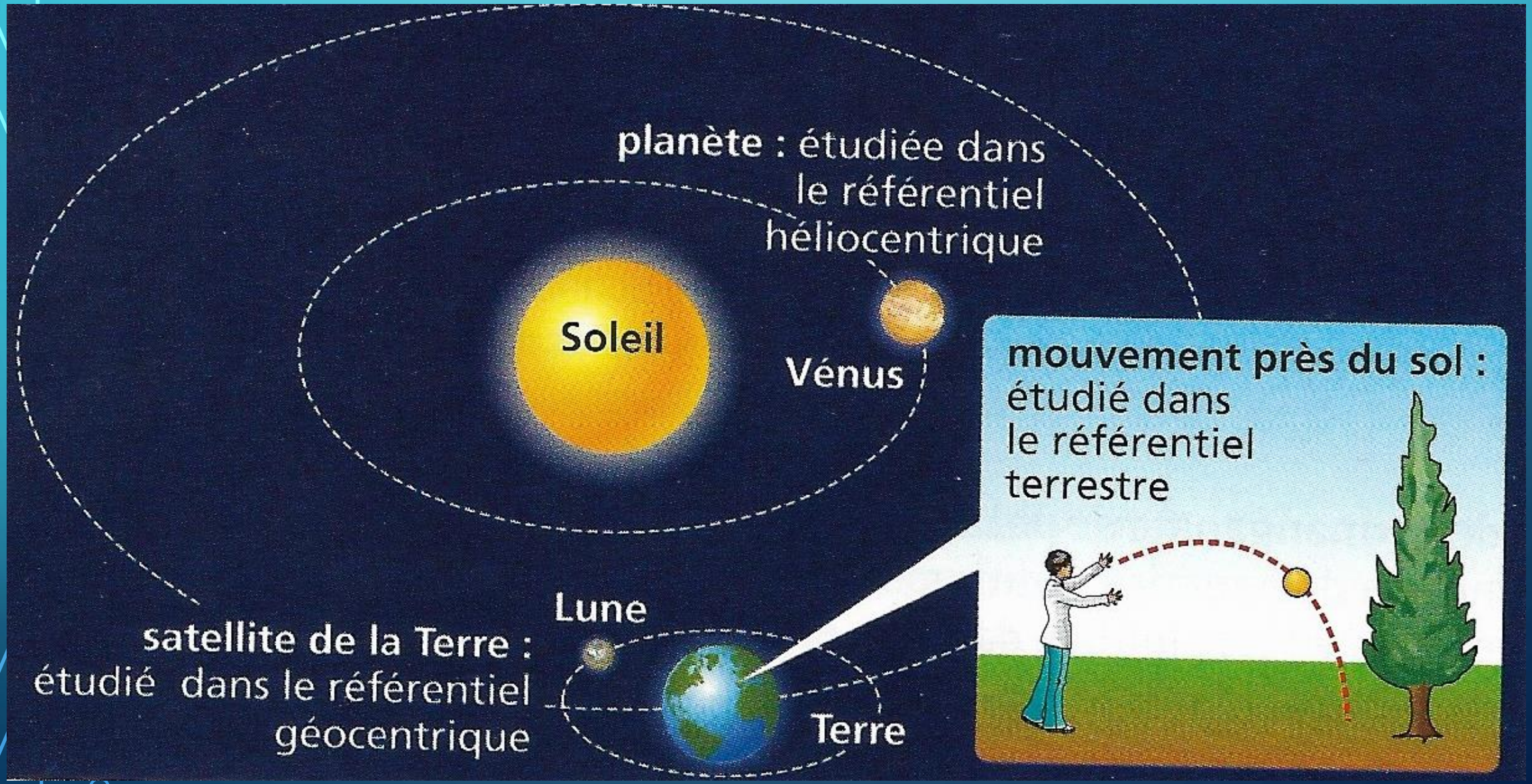
MOUVEMENTS ET INTERACTIONS

1. RÉFÉRENTIEL D'ÉTUDE
1.1 RÉFÉRENTIEL

- Un référentiel est un objet par rapport auquel on étudie le mouvement.
- Il est muni d'un repère et d'une échelle de temps.

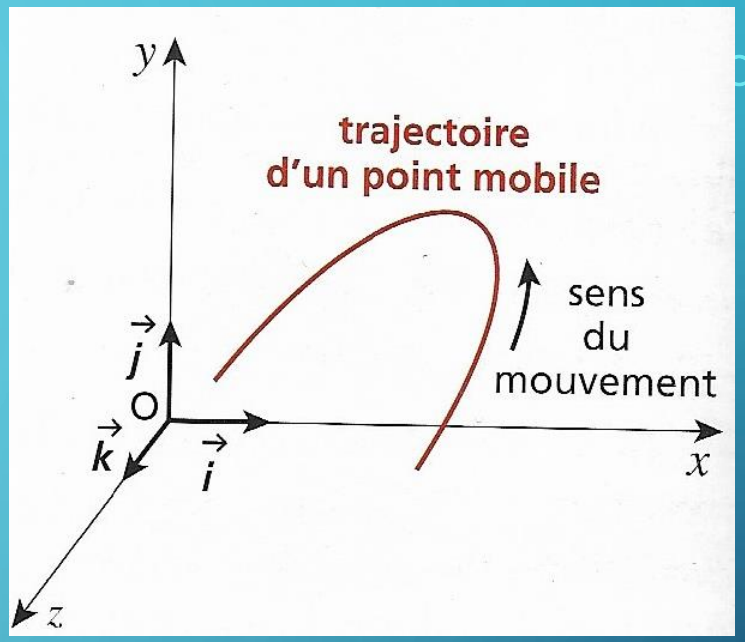
Exemples :

- Référentiel terrestre : Lié à un objet fixe par rapport à la Terre (ex : un arbre).
- Référentiel héliocentrique : Lié au centre du soleil.
- Référentiel géocentrique : Lié au centre de la Terre.

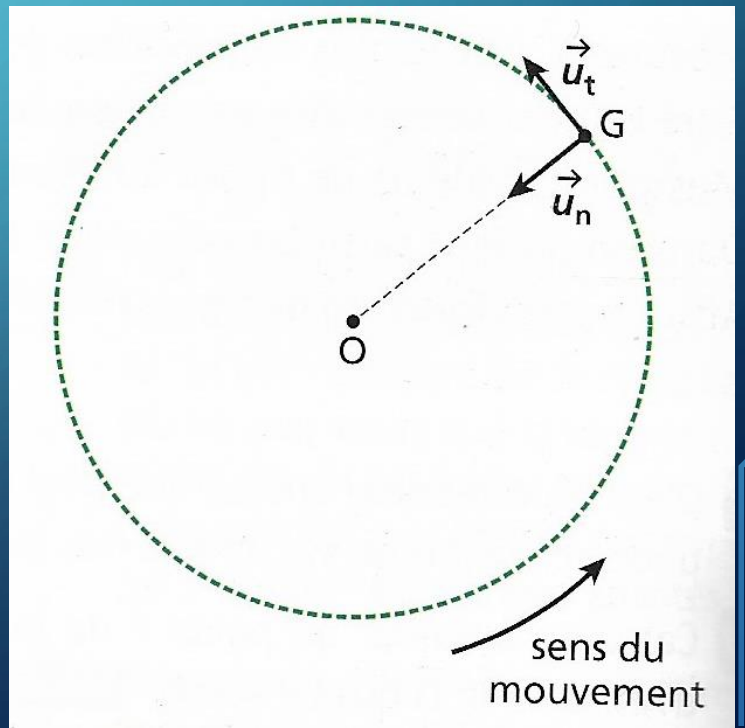

planète : étudiée dans le référentiel héliocentrique
Soleil
Vénus
mouvement près du sol : étudié dans le référentiel terrestre
Lune
satellite de la Terre : étudié dans le référentiel géocentrique
Terre

1.2 REPÈRES

- Le repère cartésien (O ; $\vec{i}$; $\vec{j}$; $\vec{k}$) a pour origine O fixe et pour vecteurs unitaires $\vec{i}$, $\vec{j}$ et $\vec{k}$.



- Le repère de Frenet a pour origine le point en mouvement. Ses vecteurs unitaires sont $\overrightarrow{u_t}$, tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et $\overrightarrow{u_n}$, perpendiculaire à $\overrightarrow{u_t}$ et vers l'intérieur de la trajectoire.

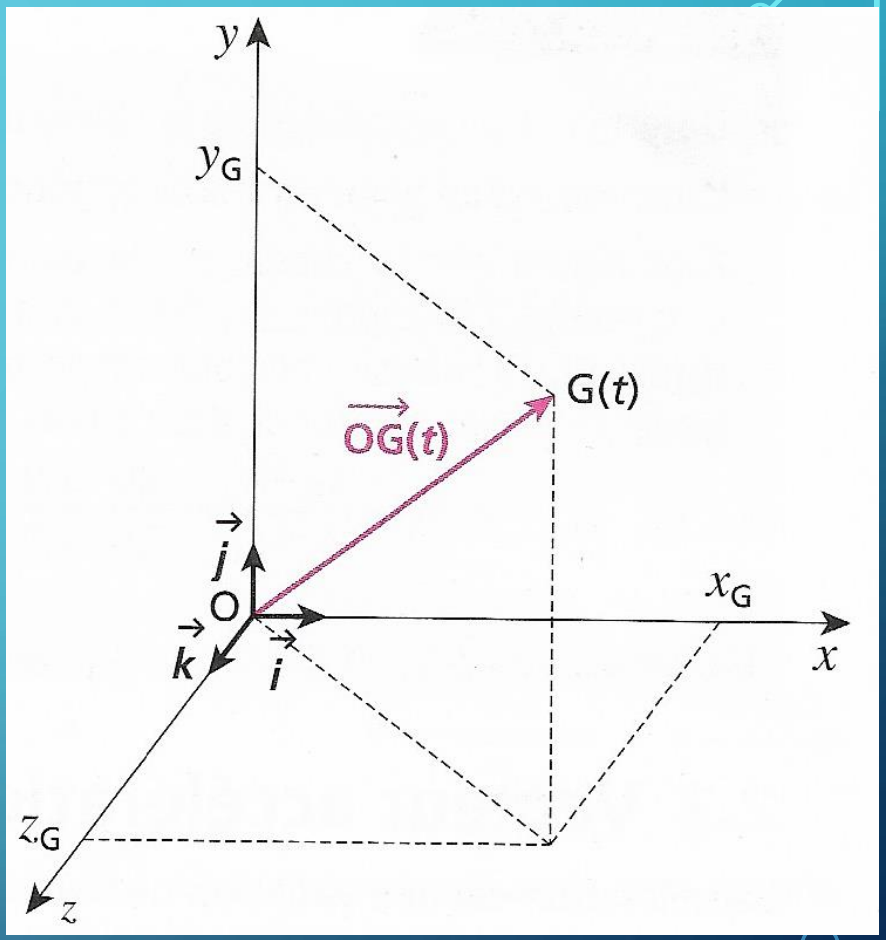


2. CINÉMATIQUE DU POINT
2.1 VECTEUR POSITION

- Pour étudier le mouvement d'un solide, on se limite à suivre les coordonnées de son centre d'inertie, G, au cours du temps.

- Le vecteur position $\overrightarrow{OG}$ a les coordonnées suivantes : $\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$

- Ce vecteur s'écrit : $\overrightarrow{OG} = x(t)\,\vec{\imath} + y(t)\,\vec{\jmath} + z(t)\,\vec{k}$.



2.2 VECTEUR VITESSE INSTANTANÉE $\vec{v}(t)$

Le vecteur vitesse instantanée $\vec{v}(t)$ d'un point G est la dérivée du vecteur position $\overrightarrow{OG}(t)$ par rapport au temps :

$$\boxed{\vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}(t)}$$

- Coordonnées du vecteur vitesse : $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = \frac{dx}{dt}(t) \\ v_y(t) = \frac{dy}{dt}(t) \\ v_z(t) = \frac{dz}{dt}(t) \end{cases}$

- La valeur de la vitesse est $v(t) = \sqrt{\left(v_x(t)\right)^2 + \left(v_y(t)\right)^2 + \left(v_z(t)\right)^2}$

Caractéristiques du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$:

- Direction : tangente à la trajectoire
- Sens : celui du mouvement
- Valeur du vecteur : valeur de la vitesse à la date t, exprimée en $m.s^{-1}$.

Détermination graphique de la valeur d'une vitesse instantanée (voir TP/activités)

2.3 VECTEUR ACCÉLÉRATION $\vec{a}(t)$

Un objet a un vecteur accélération non nul si sa vitesse varie (augmente ou diminue), si le vecteur vitesse change de direction ou les deux à la fois.

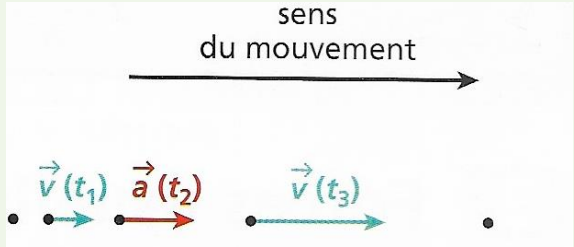
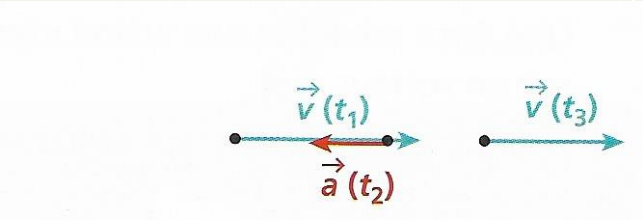
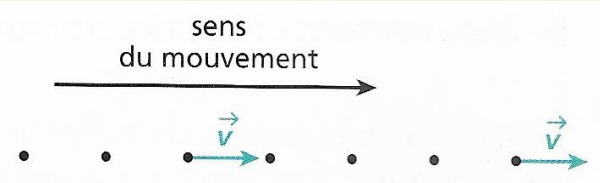
- Le vecteur accélération instantanée $\vec{a}(t)$ d'un point G est défini :

$$\boxed{\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \frac{d^2\overrightarrow{OG}}{dt^2}(t)}$$

- Coordonnées : $\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = \frac{dv_x}{dt}(t) \\ a_y(t) = \frac{dv_y}{dt}(t) \\ a_z(t) = \frac{dv_z}{dt}(t) \end{cases}$ ou encore : $\vec{a}(t) \begin{cases} a_x(t) = \frac{d^2x}{dt^2}(t) \\ a_y(t) = \frac{d^2y}{dt^2}(t) \\ a_z(t) = \frac{d^2z}{dt^2}(t) \end{cases}$

- La valeur de l'accélération est $a(t) = \sqrt{\left(a_x(t)\right)^2 + \left(a_y(t)\right)^2 + \left(a_z(t)\right)^2}$

2.4 MOUVEMENT RECTILIGNE D'UN POINT

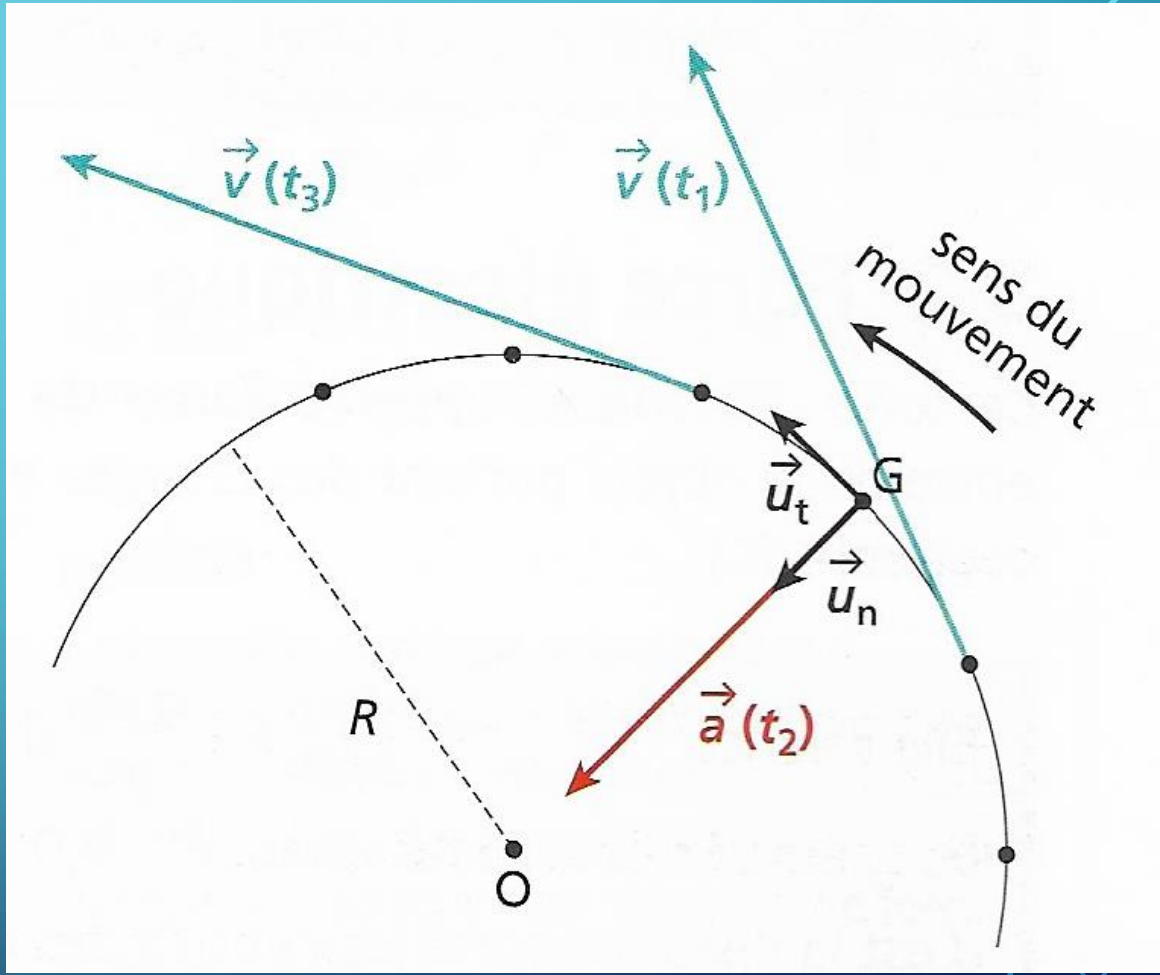
Trajectoire	La vitesse augmente	La vitesse diminue	La vitesse reste constante
Portion de droite	 Mouvement rectiligne accéléré	 Mouvement rectiligne décéléré	 Mouvement rectiligne uniforme
Vecteurs	 $\vec{a}$ a la même direction que la trajectoire et est dans le sens du mouvement.	 $\vec{a}$ a la même direction que la trajectoire et est dans le sens opposé au mouvement.	 $\vec{a}$ est un vecteur nul. Il n'y a pas d'accélération.

Remarque : Si la vitesse est une fonction linéaire du temps, la valeur de l'accélération est constante, on parle de mouvement rectiligne (la trajectoire est une droite) uniformément varié.

2.5 MOUVEMENT CIRCULAIRE D'UN POINT

Mouvement circulaire uniforme :

- La vitesse reste constante et la trajectoire du point est circulaire.
- Le vecteur vitesse $\vec{v}$ est tangent à la trajectoire, dans le repère de Frenet $\vec{v} = v\,\overrightarrow{u_t}$
- Le vecteur accélération est porté par le rayon de la trajectoire et est orienté vers le ventre du cercle de rayon R.
- Dans le repère de Frenet : $\vec{a} = \frac{v^2}{R}\,\overrightarrow{u_n}$



Mouvement circulaire non uniforme : non traité.

3. FORCES USUELLES
3.1 POIDS

Le poids d'un objet de masse m est la force gravitationnelle qu'il subit de la part de la Terre.

$\vec{P}$:

- Point d'application : le centre de l'objet.
- Direction : verticale.
- Sens : Vers le bas.
- Valeur : $P = m.g$

Dans un repère cartésien :

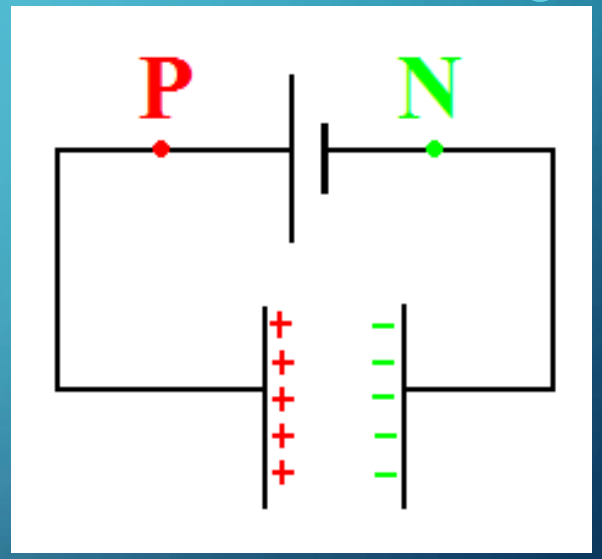
Coordonnées du vecteur $\vec{P}$: $\begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = -P \\ P_z = 0 \end{pmatrix}$

Avec P = m.g

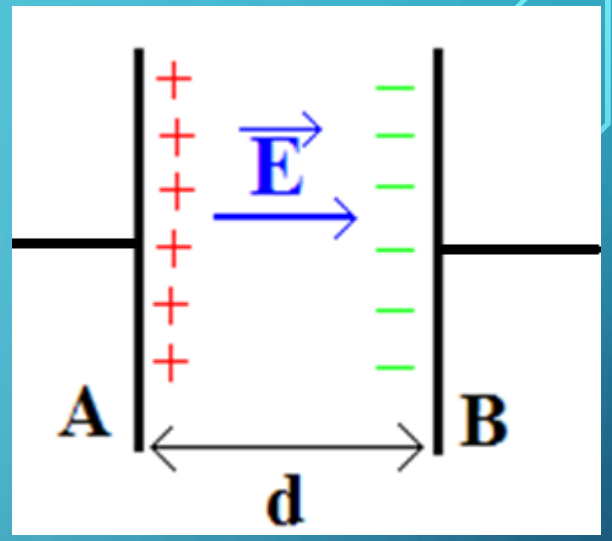
Avec g = 9,81 $m.s^{-2}$ à Paris; P exprimé en N et m en kg.

3.2 FORCE ÉLECTROSTATIQUE
3.2.1 CHAMP CRÉÉ PAR DEUX ARMATURES PLANES

- On applique une tension U_{PN} entre deux armatures planes.
- Un objet chargé se met en mouvement entre les deux plaques. Il subit donc une force, $\vec{F}$.
- La portion de l'espace qui est entre les deux plaques a une propriété qui a été modifiée par les plaques : Il s'agit d'un champ électrostatique.
- Champ : région de l'espace dont les propriétés ont été modifiées par une source.



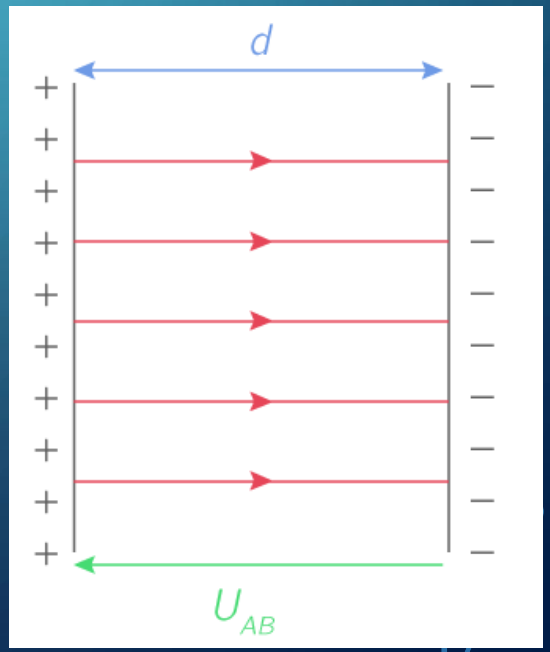
- Le champ électrostatique entre les deux armatures planes est modélisé par un vecteur : $\vec{E}$.



- Propriétés du champ électrostatique $\vec{E}$:

il ne s'agit pas d'une force. Le champ est défini en tout point de l'espace situé entre les armatures.

- Direction : perpendiculaire aux armatures.
- Sens : De l'armature positive vers l'armature négative (ou vers le potentiel le plus faible).
- Valeur : $$E = \frac{|U_{AB}|}{d}$$



- Unités : la tension U_{AB} s'exprime en V; la distance d, en m et la valeur du champ électrique s'exprime en $V.m^{-1}$.
- Les lignes de champ, indiquées en rouge ci-contre, sont parallèles.

3.2.2 RELATION ENTRE FORCE ÉLECTROSTATIQUE ET CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

- Un objet chargé (de charge électrique q) placé dans un champ électrostatique subit une force électrostatique :

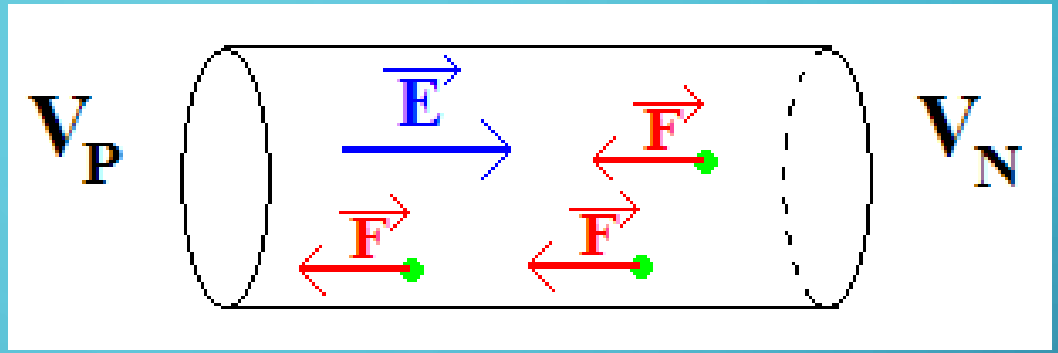
$$\vec{F} = q\,\vec{E}$$

- Force électrostatique, $\vec{F}$

- Point d'application : centre du système.
- Direction : la même que $\vec{E}$.
- Sens : identique à $\vec{E}$ si q>0,
  opposé à $\vec{E}$ si q<0.
- Valeur : F = $|q|$.E

Unités : F s'exprime en N; la charge électrique, q, en C (Coulombs) et le champ électrostatique en $V.m^{-1}$.

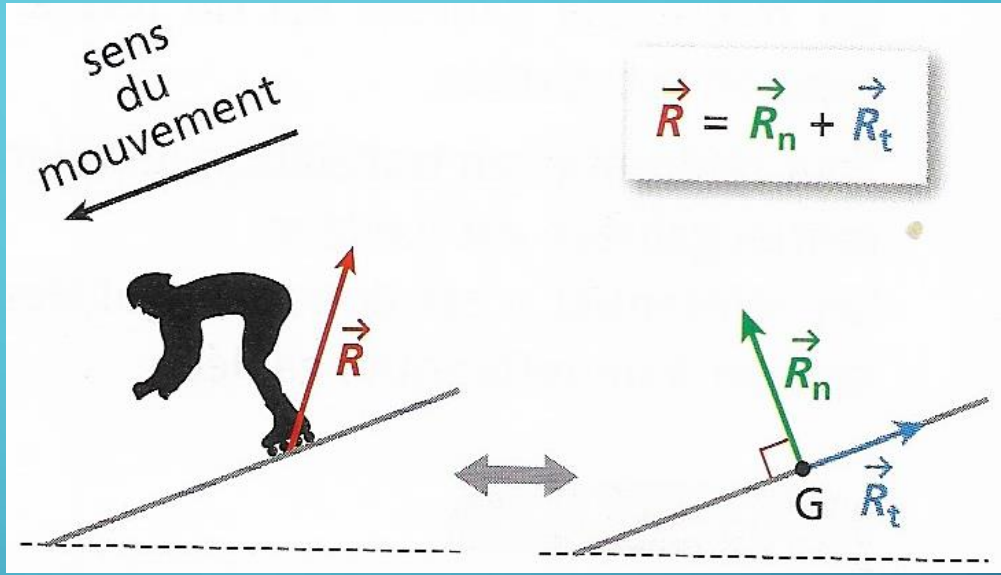
- C'est cette force qui met en mouvement les électrons dans le cas d'un circuit alimenté par une pile.



- La force électrostatique est également utilisée lors d'une électrophorèse, des ions se déplacent sous l'effet du champ électrique.

3.3 FORCES DE CONTACT ENTRE SOLIDES

- La force de contact exercée par un solide sur un système est appelée Réaction du support et notée $\vec{R}$.



Elle est décomposée comme somme de :

- La réaction normale $\overrightarrow{R_N}$ (perpendiculaire au support) traduisant le fait que les solides ne s'interpénètrent pas.
- La réaction tangentielle $\overrightarrow{R_t}$ (tangentielle au support) qui correspond au frottement solide entre le support et le système.

3.4 FORCES EXERCÉES PAR DES FLUIDES

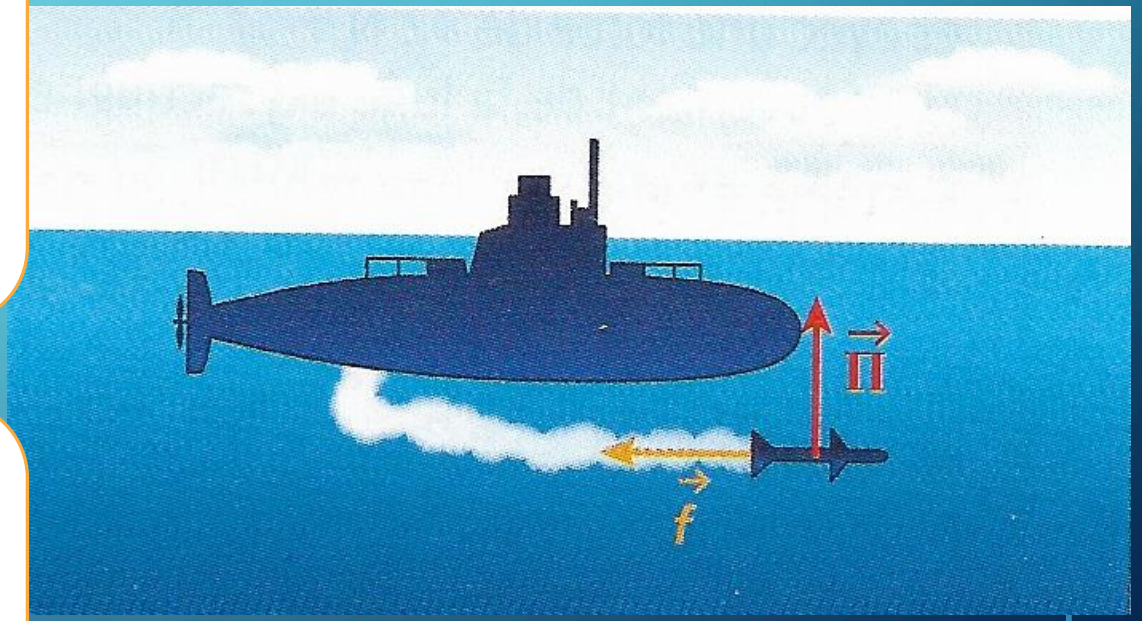
Il existe deux types de forces de contact exercées par un fluide sur un système.

- La poussée d'Archimède (notée $\vec{\Pi}$)

  - Point d'application : centre du système.
  - Direction : verticale
  - Sens : vers le haut
  - Valeur : $\Pi = \rho V g$ (ρ = masse volumique du fluide; V = volume du système; g = 9,81 $m.s^{-2}$)

- La force de frottement fluide (notée $\vec{f}$)

  - Point d'application : avant du système.
  - Direction : tangente à la trajectoire
  - Sens : opposé au sens du mouvement
  - Valeur* : f = kv (*v = vitesse du système; k = constante de proportionnalité*)



* Il existe d'autres types de forces de frottement fluide que nous ne voyons pas cette année.

3.5 FORCE EXERCÉE PAR UN FIL INEXTENSIBLE

- Cette force est aussi appelée tension du fil et notée $\vec{T}$.

$\vec{T}$:

- Point d'application : point de contact entre le fil et le système.
- Direction : celle du fil
- Sens : Du point de contact vers l'autre extrémité
- Valeur : Variable; exprimée en N.

4. LOIS DE LA DYNAMIQUE NEWTONIENNE
4.1 PREMIÈRE LOI DE NEWTON : PRINCIPE DE L'INERTIE

Énoncé du principe de l'inertie :

Dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à un point matériel n'est soumis à **aucune force** (système isolé) ou si **les forces qui s'exercent sur lui se compensent** ($\Sigma\vec{F}=\vec{0}$) alors il est **immobile** ou animé d'un **mouvement rectiligne uniforme.**

EXERCICE D'APPLICATION :

Une grue soulève une charge, verticalement et à vitesse constante. Le filin exerce sur la charge une force de 5 kN.

1. Faire un Schéma de la situation.
2. On néglige la résistance de l'air. Nommer les différentes forces qui s'exercent sur la charge.
3. Déterminer les caractéristiques de ces forces, en détaillant l'explication, puis représenter ces forces sur le schéma (échelle : 1cm pour 1000N).
4. Donner les coordonnées des différentes forces :

$$\vec{P} : \begin{pmatrix} P_x = \\ P_y = \end{pmatrix} \quad \vec{T} : \begin{pmatrix} T_x = \\ T_y = \end{pmatrix}$$

5. Déterminer la masse de la charge.

4.2 DEUXIÈME LOI DE NEWTON : PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE

Dans un référentiel galiléen, si un système de masse constante, assimilé à un point matériel, est soumis à une ou plusieurs forces extérieures, alors la somme vectorielle de ces forces notée $\Sigma\vec{F}$ est égale au produit de sa masse par son accélération :

$$\boxed{\Sigma\vec{F} = \mathrm{m}\,\vec{a}(\mathrm{t})}$$

EXERCICE D'APPLICATION :

Une voiture de masse m = 1253 kg roule sur un sol horizontal et freine brusquement, subissant une force de frottement solide $\overrightarrow{R_t}$ de valeur

$R_t = 4{,}8.10^3$N.

1. Représenter le véhicule ainsi que les trois forces qui s'exercent sur lui.
2. Compléter les coordonnées des différents vecteurs dans un repère (O ; $\vec{\imath}$; $\vec{\jmath}$)

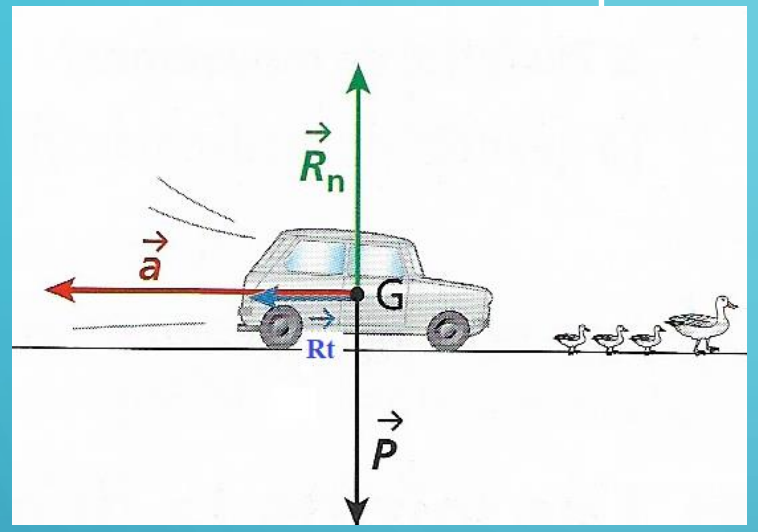
$\vec{P} : \begin{pmatrix} P_x = \\ P_y = \end{pmatrix}$ $\overrightarrow{R_n} : \begin{pmatrix} R_{nx} = \\ R_{ny} = \end{pmatrix}$ $\overrightarrow{R_t} : \begin{pmatrix} R_{tx} = \\ R_{ty} = \end{pmatrix}$

3. Écrire la seconde loi de Newton.
4. À l'aide de projections horizontale et verticales, déterminer les coordonnées du vecteur accélération. En déduire sa direction, son sens et sa valeur.

$\vec{a} : \begin{pmatrix} a_x = \\ a_y = \end{pmatrix}$

CORRECTION DE L'EXERCICE D'APPLICATION :

1. Représenter le véhicule ainsi que les trois forces qui s'exercent sur lui.



Il n'y a pas de mouvement suivant l'axe vertical (Oy)

On peut en déduire que $\vec{P}$ et $\overrightarrow{R_n}$ se compensent.

Donc, sur cet axe :

Py + Rny = 0

2. Compléter les coordonnées des différents vecteurs dans un repère (O ; $\vec{\imath}$; $\vec{\jmath}$)

$$\vec{P} : \begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = -mg \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{R_n} : \begin{pmatrix} R_{nx} = 0 \\ R_{ny} = mg \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{R_t} : \begin{pmatrix} R_{tx} = -4{,}8.10^3 N \\ R_{ty} = 0 \end{pmatrix}$$

3. Écrire la seconde loi de Newton : $\vec{P} + \overrightarrow{R_n} + \overrightarrow{R_t} = \mathrm{m}.\vec{a}$

4. À l'aide de projections horizontale et verticales, déterminer les coordonnées du vecteur accélération. En déduire sa direction, son sens et sa valeur.

Remarque : les valeurs des coordonnées des forces sont toutes exprimées en Newtons.

$$\vec{a} : \begin{pmatrix} a_x = \\ a_y = \end{pmatrix} \quad \vec{P} : \begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = -mg \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{R_n} : \begin{pmatrix} R_{nx} = 0 \\ R_{ny} = mg \end{pmatrix} \quad \overrightarrow{R_t} : \begin{pmatrix} R_{tx} = -4{,}8.10^3 N \\ R_{ty} = 0 \end{pmatrix}$$

Projection horizontale : $0 + 0 - 4{,}8.10^3 = m.a_x$ donc $a_x = \frac{-4{,}8.10^3}{m} = -3{,}8\ m.s^{-2}$

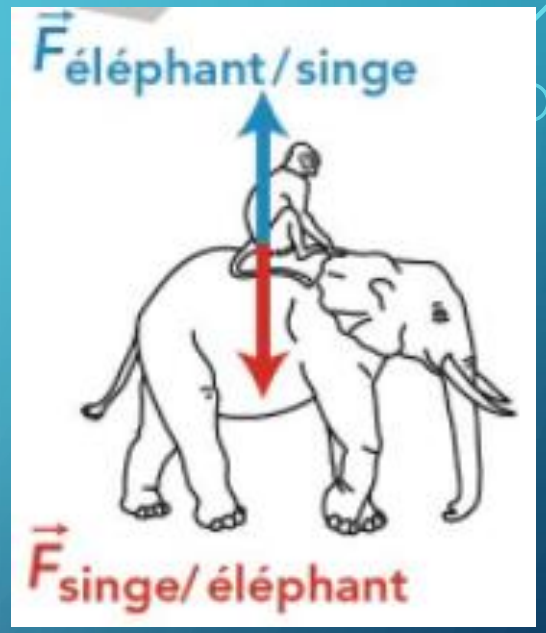
Projection verticale : $-mg + mg + 0 = m.a_y$ donc $m.a_y = 0$ et $a_y = 0\ m.s^{-2}$

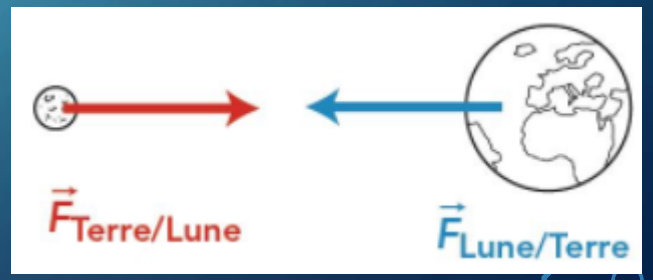
On en déduit : $\vec{a} : \begin{pmatrix} a_x = -3{,}8\ m.s^{-2} \\ a_y = 0\ m.s^{-2} \end{pmatrix}$

Le vecteur accélération a une direction horizontale, il est dirigé vers l'arrière et sa valeur est $a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2} = 3{,}8\ m.s^{-2}$

4.3 TROISIÈME LOI DE NEWTON : PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES.

Si un système A exerce sur un système B une force $\overrightarrow{F_{A/B}}$ alors le système B exerce également sur le système A une force $\overrightarrow{F_{B/A}}$.
Ces forces ont même valeur et même direction mais sont de sens opposés.
On écrit : $\overrightarrow{F_{A/B}} = - \overrightarrow{F_{B/A}}$





- Attention : Les deux forces ne s'exercent pas sur le même système.

FIN