

Cours N°PM1 : Lois de Newton

Introduction Lors du démarrage, la **vitesse** d'une voiture de course atteint des centaines de kilomètres au bout de quelques secondes ; le mouvement du véhicule est dit **très accéléré**. Qu'est-ce que l'**accélération** ? Quelle relation la relie-t-elle aux forces exercées sur la voiture ? Quelles sont les lois de Newton ?



I- Notions générales sur le mouvement:

1- Référentiel

Nous savons vu dans l'année précédente, que le mouvement d'un corps est **relatif** au référentiel choisi, c'est-à-dire que les corps ne se déplacent que par rapport à d'autres corps. Donc pour étudier le mouvement d'un corps on doit choisir un **solide de référence fixe** appelé **référentiel** puis **un repère d'espace** et **un repère de temps** liés à ce référentiel.

Remarque:

- La plupart des temps, on choisit comme référentiel d'étude le référentiel terrestre. Pour repérer la position d'un corps mobile, on utilise un repère d'espace $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ d'origine O et dont les vecteurs unitaires: $\vec{i}$, $\vec{j}$ et $\vec{k}$.
- Pour l'étude du mouvement d'un objet ou d'un ensemble d'objet, on choisira le **centre d'inertie** ou centre de gravité de l'objet.

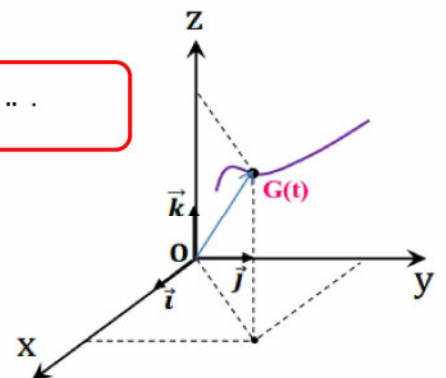
2- Vecteur de position

Tout objet ponctuel G dans l'espace, est repéré par trois coordonnées x, y, z , dans le repère $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ associé au référentiel. On définit alors le **vecteur position** $\overrightarrow{OG}$ et la distance OG par :

$$\overrightarrow{OG} = \dots\dots\dots$$

$$OG = \dots\dots\dots$$

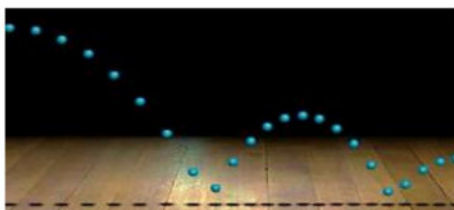
G : Centre d'inertie du corps



Remarque:

- Si le corps est en mouvement, ses coordonnées x, y et z variant en fonction du temps.
- Les fonctions : $x = x(t)$, $y = y(t)$ et $z = z(t)$ sont appelées les équations horaires du mouvement.
- La courbe décrite par G en fonction du temps est appelée **trajectoire** du point G .

La trajectoire : C'est l'ensemble des positions successives occupées par le mobile au cours de son mouvement.



II- Vecteur vitesse -Vecteur accélération

1-Vecteur-vitesse

On définit le **vecteur vitesse** $\vec{V}_G$ de centre d'inertie d'un solide comme la dérivée du **vecteur de position** en fonction du temps.

Les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{V}_G$:

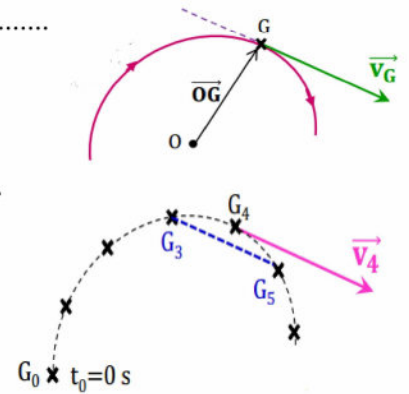
.....

Remarque :

- Le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ est toujours tangent à la trajectoire.
- La vitesse instantanée V_t est donnée par la relation :

Vecteur vitesse instantanée :

Exemple :



2- Le vecteur accélération

On définit le **vecteur accélération** $\vec{a}_G$ de centre d'inertie d'un solide comme la dérivée du vecteur vitesse en fonction du temps :

Les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$:

.....

Remarque : Si on revient au vecteur position, le vecteur accélération est donc la dérivée seconde du vecteur $\vec{OG}$ en fonction du temps.

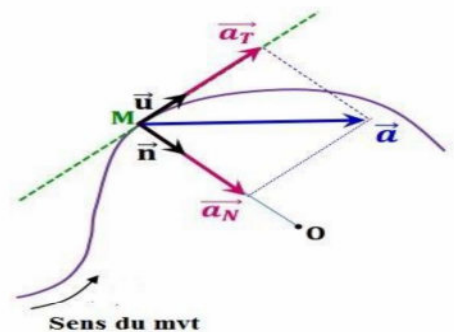
.....

3-Les coordonnées du vecteur accélération dans un repère de Frenet

Le **repère de Frenet** est un repère local orthonormé lié au **mobile** que l'on note $(M, \vec{u}, \vec{n})$, le **vecteur unitaire $\vec{u}$ est tangent** à la trajectoire au point M et orienté dans le sens du mouvement, le **vecteur unitaire $\vec{n}$ est normal**, et dirigé vers le centre de courbure de la trajectoire, il est perpendiculaire à $\vec{u}$.

L'expression du **vecteur accélération** $\vec{a}_G$ dans le repère de **Frenet** est :

.....



Application 1 Les coordonnées du centre d'inertie d'un mobile dans un repère cartésienne $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$$x(t) = 9t + 3 \quad ; \quad y(t) = 6t^2 + 4t - 3$$

1. Déterminer le vecteur vitesse dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ et calculer son module à l'instant $t = 2s$.

2. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ et calculer sa valeur à $t = 2s$

III- Les lois de Newton

1- Les forces intérieures et les forces extérieures:

Après avoir précisé le système étudié :

- **Forces intérieures**, sont des forces qui s'exercent sur **le système** par des corps qui **appartiennent au système**.
- **Forces extérieures**, sont des forces qui s'exercent sur **le système** par des corps qui **n'appartiennent pas au système**.

Remarque: Un système est dit **isolé** s'il n'est soumis à aucune force extérieure.

Un système est dit **pseudo-isolé** si les forces extérieures auquel il est soumis se compensent.

2- Première loi de Newton ou principe d'inertie

« Dans un référentiel Galiléen, si la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est nulle

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}, \text{ le vecteur vitesse de son centre d'inertie ne varie pas (: reste constant) } \gg.$$

Réciproquement, si le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ de centre d'inertie d'un solide ne varie pas, la somme des forces qui s'exercent sur le solide est nulle.

Remarque:

Le repère de Copernic est le meilleur **repère galiléen** (son origine est le soleil et ses trois axes sont dirigés vers trois étoiles fixes). Tout repère en mouvement de translation rectiligne uniforme par rapport au repère de Copernic est considéré galiléen, donc tous les repères terrestres peuvent être considérés galiléens pendant des intervalles de temps courts.

3- Deuxième loi de Newton

« Dans un référentiel Galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie.»

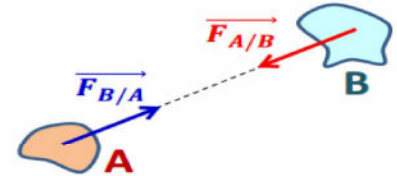
$$\sum \vec{F}_i = m \vec{a}_G$$

m est la masse du solide en kg et $\vec{a}_G$ est l'accélération en $N.kg$ ou $m.s^{-2}$

4- Troisième loi de Newton ou principe d'action réaction :

Si un corps A exerce une force $\vec{F}_{A/B}$ sur un corps B, alors le corps B exerce une force $\vec{F}_{B/A}$ sur le corps A, telle que :

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



IV Le mouvement rectiligne uniformément – et uniformément varié

Généralement le repère utilisé pour étudier les mouvements rectilignes est un axe (O, x) confondu avec la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement, :



Vecteur de position : $\vec{OG} = \dots\dots\dots$, sa vitesse $\vec{V} = \dots\dots\dots$. son accélération $\vec{a} = \dots\dots\dots$

1-Le mouvement uniformément

Le mouvement rectiligne uniformément est caractérisé par :

- Une trajectoire
- Une accélération
- Une vitesse constante
- L'équation horaire du mouvement est : avec $(x_0, :$ abscisse à l'origine)

2-Le mouvement uniformément varié

Le mouvement rectiligne uniformément varié est caractérisé par :

- Une trajectoire
- Une accélération
- L'équation de la vitesse avec $(v_0, :$ vitesse initiale)
- L'équation horaire du mouvement est : avec $(x_0, :$ abscisse à l'origine)

Application 3:

En exploitant la courbe déterminer l'équation horaire $x(t)$ avec $x_0 = 0$

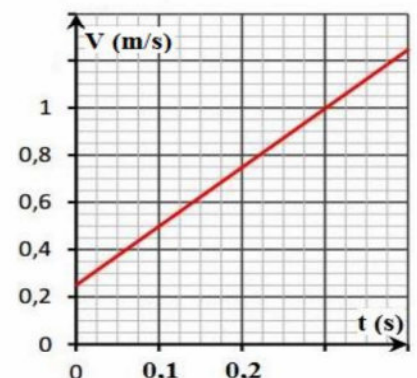
.....

.....

.....

.....

.....



3- Applications de la deuxième loi de Newton

En général la 2^{ème} loi de Newton sert à déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un mobile connaissant les forces qui s'appliquent sur lui. Pour résoudre un problème de dynamique en utilisant la deuxième loi de Newton, on doit toujours suivre les étapes suivantes:

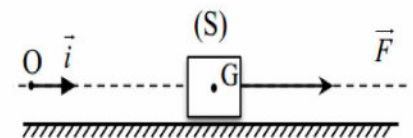
- 1) Précise le système étudié.
- 2) Faire le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur ce système.
- 3) Représenter ses forces.
- 4) Ecrire la relation vectorielle de la 2^{ème} loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$
- 5) Puis projeter cette relation après avoir choisi un repère orthonormé convenable lié à un référentiel Galiléen

Série d'exercices : Lois de Newton

Exercice 1 On considère un corps solide (S) en mouvement sur un plan horizontal sans frottement sous l'action d'une force constante $\vec{F}$ comme l'indique la figure suivante:

On donne : la masse du corps $m=500g$; $g = 10 m.s^{-2}$ et $F = 2N$.

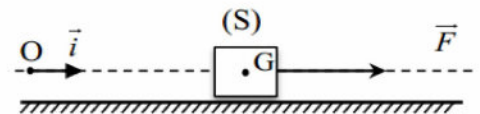
- 1) En appliquant la deuxième loi de Newton déterminer l'accélération du corps S.
- 2) Sachant que le corps part du point d'abscisse $x = -5 cm$ à $t = 0$ avec une vitesse égale à $3 m/s$, donner l'équation horaire de son mouvement.



Exercice 2 On considère le corps solide (S) précédent en mouvement sur un plan horizontal (avec frottement) sous l'action d'une force $\vec{F}$ et son accélération devient $6 m.s^{-2}$.

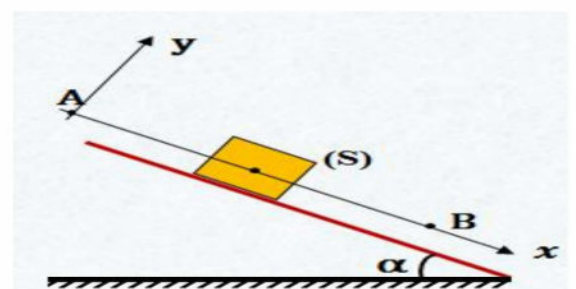
On donne : la masse du corps : $m = 500g$; $g = 10 m.s^{-2}$; $F = 5 N$.

- 1) En appliquant la deuxième loi de Newton déterminer R l'intensité de la réaction du plan
- 2) Déterminer le coefficient de frottement puis en déduire la valeur de l'angle de frottement.
- 3) Sachant que le corps part du point d'abscisse $x = 0$ à $t = 0$ avec une vitesse égale à $1 m/s$, donner l'équation horaire de son mouvement.



Exercice 3 On libère un corps S de masse $m = 80 kg$ sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale et il glisse sans frottement vers le bas (voir figure).

- 1) En appliquant la deuxième loi de Newton déterminer les coordonnées du vecteur accélération dans le repère (O, x, y) associé à un référentiel terrestre supposé Galiléen. puis déterminer l'intensité de la réaction du plan incliné.



- 2) Sachant que le corps S part à l'instant $t = 0$; du point A avec une vitesse $v_A = 5m/s$ (A est confondu avec l'origine O du repère de l'espace).

2-1- Donner l'équation horaire du mouvement de S selon l'axe (o, x) puis l'équation de sa vitesse.

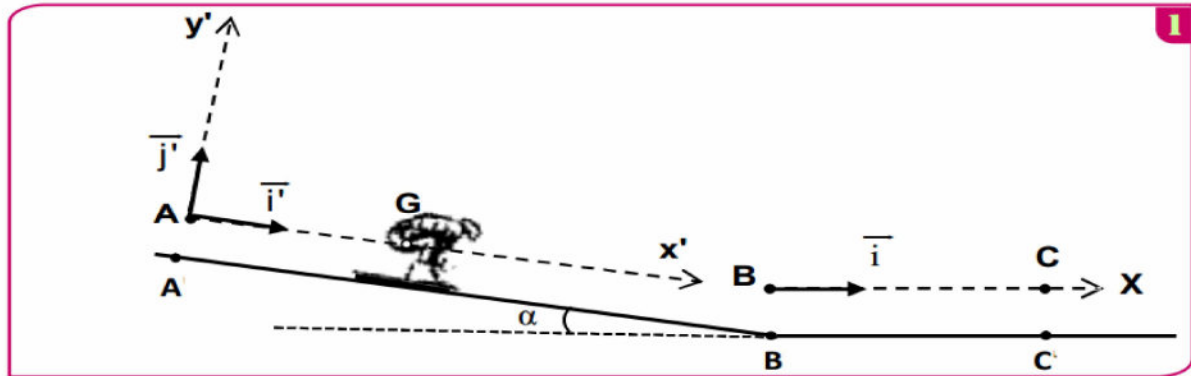
2-2-Déterminer sa vitesse au point B. (on donne $AB = 2m$ et $g = 10m/s$).

Exercice 4 Un skieur de masse $m=70 \text{ kg}$, décrit une piste formée par deux parties:

*AB, une pente inclinée de 30° avec le plan horizontal

*BC, une voie rectiligne et horizontale

Les forces de frottements sont supposées constantes sur les deux parties et valent $f = 10 \text{ N}$. Le skieur atteint le point B avec une vitesse $V_B = 40 \text{ m/s}$ puis il s'arrête en C. $g=10 \text{ N/Kg}$



Partie 1- Etude du mouvement sur le plan incliné AB:

- 1-Faire le bilan des actions agissant sur le skieur.
- 2-Determiner l'accélération du mouvement du skieur en déduire la nature du mouvement
- 3- On prend comme origine des abscisses le point A et comme instant de repère du temps l'instant de passage par A. Ecrire les équations horaires du mouvement du skieur.
- 4- Le skieur décrit la pente AB pendant 7 secondes
 - 4-1- Calculer la vitesse V_A , la vitesse de passage par le point A
 - 4-2- Déterminer la longueur de la pente AB.

Partie 2 : Etude du mouvement sur le plan horizontal BC

Le skieur continue son mouvement sur le plan horizontal BC puis il a utilisé son bâton pour freiner, la force de freinage est opposé de mouvement sa valeur est $F = 60 \text{ N}$

- 1-Faire le bilan des actions agissant sur le skieur.
- 2-Determiner l'accélération du mouvement du skieur en déduire la nature du mouvement
- 3-on prend comme origine des abscisses le point B et comme instant de repère du temps l'instant de passage par B. Ecrire les équations horaires du mouvement du skieur et de sa vitesse en fonction de V_B
- 4-Le skieur s'arrête au point C
 - 4-1- Déterminer à quel instant le skieur s'arrête-t-il?
 - 4-2-Calculer la distance BC.

*******CORRECTION*******

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....