Thème : Description d'un mouvement.
Cours 5 : Deuxième loi de Newton.
(version professeur)

B.O. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement
Deuxième loi de Newton
Centre de masse d'un système.
Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton.
Équilibre d'un système.

I. Centre de masse (centre d'inertie) d'un système.

Afin de décrire le mouvement d'un solide, il faut :

- choisir un système (généralement le solide en mouvement).
- choisir un repère d'espace et de temps (référentiel).
- effectuer le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur ce solide (voir le cours sur les lois de Newton)
- définir le vecteur de position, le vecteur vitesse et le vecteur accélération.
- déterminer sa trajectoire.

1. Notion de système.

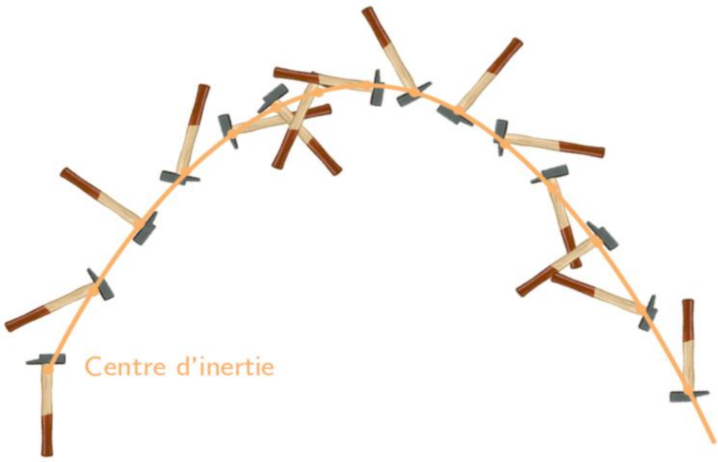
En cinématique, on s'intéresse au mouvement d'un objet dans un référentiel donné.
Cet objet constitue le **système** étudié.
Le système peut être indéformable (solide) ou déformable (pâte à modeler).
Dans les études cinématiques suivantes, les systèmes sont assimilés à des points.
On assimilera un solide à un point matériel qui est confondu avec le centre d'inertie du solide et dont la masse est celle du solide considéré.

Exemples :

Le système est le {ballon} qui peut être assimilé à un solide indéformable.
Le système peut-être également assimilé à un point. Ce point est le centre d'inertie du ballon.

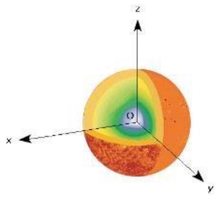
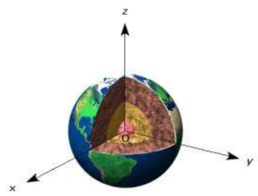
Le système est {homme-parachute} qui peut être « assimilé » à un solide indéformable.

Le centre de masse (centre d'inertie) est le point ayant la trajectoire **la plus simple** (rectiligne, parabolique).



II. Choix du référentiel d’étude. Référentiel galiléen.

Un référentiel est un repère d’espace et de temps.

Référentiel héliocentrique	Référentiel géocentrique	Référentiel terrestre
		
Origine du repère : Centre du Soleil Axes du repère : Axes dirigées vers trois étoiles lointaines considérées fixes. Applications : Etude des mouvements des planètes, des comètes…	Origine du repère : Centre de la Terre Axes du repère : Axes dirigées vers trois étoiles lointaines considérées fixes. Applications : Etude des mouvements de la Lune et des satellites artificiels.	Origine du repère : Origine choisi dans le laboratoire Axes du repère : Axes orthonormés. Applications : Etude des mouvements sur Terre, au laboratoire.

L’ensemble de ces référentiels sont supposés galiléens.
Un référentiel est dit **galiléen** si **le principe d’inertie est applicable** dans celui-ci.

Autre définition : Tout référentiel en mouvement de translation rectiligne et uniforme par rapport à un référentiel galiléen est lui-même galiléen.

III. Bilan des forces. Deuxième loi de Newton.

1. Bilan des forces et nature du mouvement.

Il est essentiel de faire le bilan des forces afin de déterminer si le mouvement sera uniforme (les forces se compensent) ou varié (accéléré ou ralenti) (les forces ne se compensent pas).

Cas de la chute d’un parachutiste soumis à 3 forces :

- Le poids $\vec{P}$ d’expression $\vec{P} = m\vec{g}$
  Direction : verticale, sens : vers le bas, norme P = mg, point d’application : centre d’inertie G.
- La poussée d’Archimède d’expression $\vec{\pi} = -\rho \cdot V \cdot g \cdot \vec{u}$ où $\vec{u}$ est un vecteur unitaire dirigé vers le bas.
  Direction : verticale, sens : de bas en haut, norme $\pi = \rho V g$, point d’application : centre d’inertie du système immergé.
  ρ est la masse volumique du fluide et V le volume du fluide déplacé.
- La force de frottement d’expression (pour les vitesses faibles) $\vec{f} = -k \cdot v \cdot \vec{u}$ avec $\vec{u}$ vecteur unitaire vertical vers le bas. k est le coefficient de frottement. $\vec{f}$ (direction : celle du mouvement, sens : opposé au mouvement, norme : $f = kv$, point d’application : le point de contact entre le support et le système.

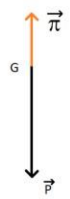


Schéma 1

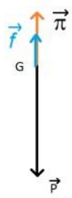


Schéma 2

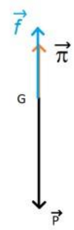


Schéma 3

<u>Question</u> : Dans quelle(s) situations(s) a-t-on un mouvement rectiligne uniforme ? Un mouvement rectiligne accéléré ?
<u>Réponses</u> : le mouvement est rectiligne uniforme si la somme des forces s’exerçant sur le point matériel et nulle. Il s’agit du schéma 3 : $\vec{P} + \vec{f} + \vec{\pi} = \vec{0}$

2. Deuxième loi de Newton.

2.1. Quantité de mouvement $\vec{p}$ d'un point matériel.

Le vecteur quantité de mouvement $\vec{p}$ d'un point matériel est égal au produit de sa masse *m* par son vecteur vitesse $\vec{v}_G$.
$\boldsymbol{\vec{p} = m \cdot \vec{v}_G}$
La norme du vecteur quantité de mouvement est $p = mv$ Son unité est le $kg.m.s^{-1}$

2.2. Les trois lois de Newton.

<u>Première loi de Newton : principe d'inertie.</u>

Dans un référentiel galiléen, si la somme des forces extérieures appliquées au centre d'inertie d'un solide est nulle, alors son mouvement est rectiligne uniforme et réciproquement.

Si $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow$ alors $\vec{v}_G = \overrightarrow{const}$

Rappel : Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie est vérifié.
Un référentiel est galiléen s'il est en mouvement de translation uniforme par rapport à un référentiel galiléen.

Solide : corps indéformable
Centre d'inertie (centre de masse) G : point du solide dont le mouvement est le plus simple.

<u>Troisième loi de Newton : principe des actions réciproques.</u>

A et B étant deux corps en interaction

La force exercée par A sur B notée $\vec{F}_{A/B}$ et la force exercée par B sur A notée $\vec{F}_{B/A}$ ont
Même direction, même intensité mais des sens opposés.

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

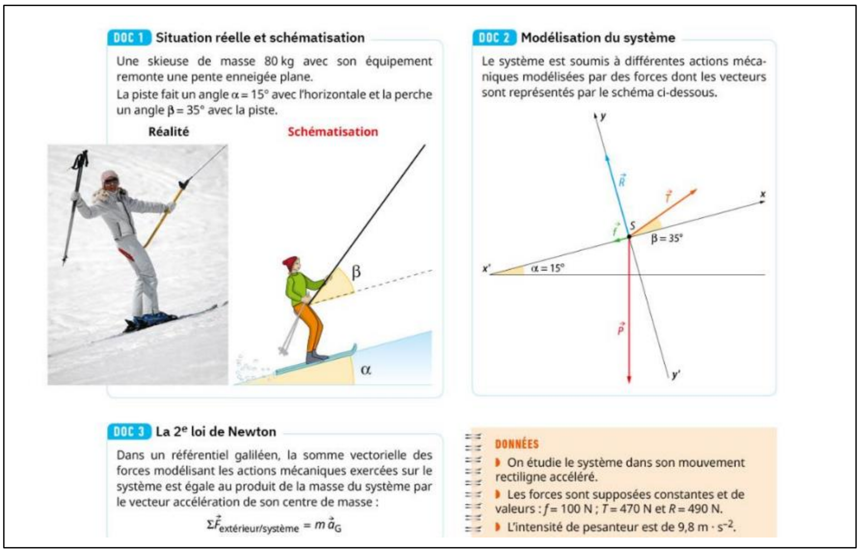
<u>Deuxième loi de Newton. (Principe fondamental de la dynamique P.F.D.)</u>

Enoncé :

$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$ *F* s'exprime en Newton

3. Equilibre d'un système.

Activité page 273 Belin


DOC 1 Situation réelle et schématisation

Une skieuse de masse 80 kg avec son équipement remonte une pente enneigée plane.
La piste fait un angle $\alpha = 15°$ avec l'horizontale et la perche un angle $\beta = 35°$ avec la piste.

Réalité — Schématisation

DOC 2 Modélisation du système

Le système est soumis à différentes actions mécaniques modélisées par des forces dont les vecteurs sont représentés par le schéma ci-dessous.

DOC 3 La 2e loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces modélisant les actions mécaniques exercées sur le système est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre de masse :

$\Sigma \vec{F}_{extérieur/système} = m\,\vec{a}_G$

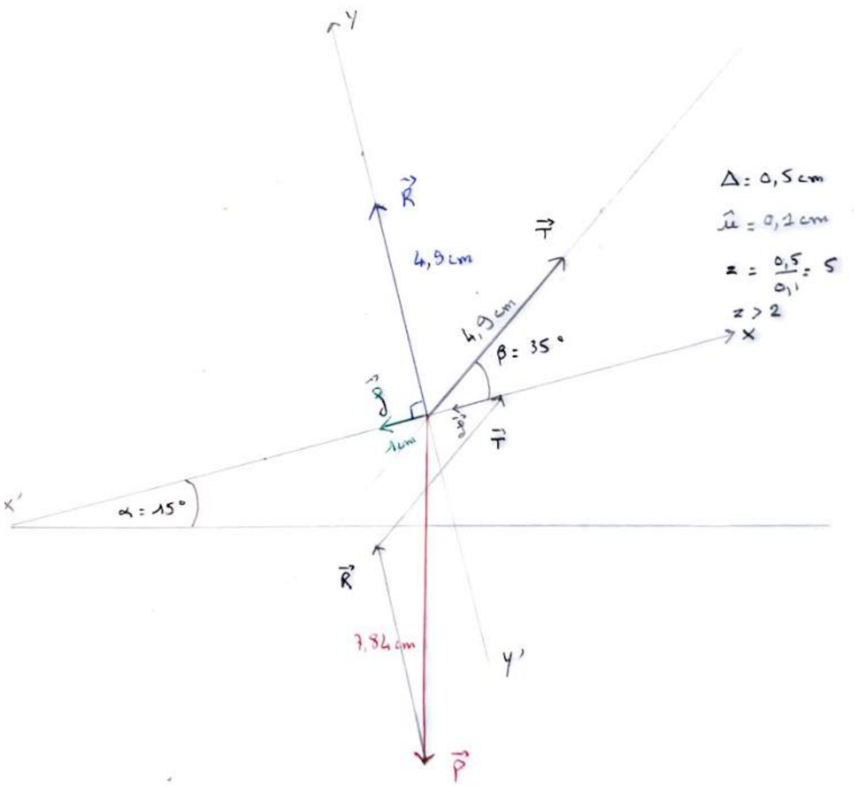
DONNÉES
- On étudie le système dans son mouvement rectiligne accéléré.
- Les forces sont supposées constantes et de valeurs : $f = 100$ N ; $T = 470$ N et $R = 490$ N.
- L'intensité de pesanteur est de 9,8 m · s^{-2}.

Questions :

Exemple 1 :

Effectuer graphiquement la somme vectorielle des 4 forces qui s'exercent sur le skieur et indiquer si son mouvement est rectiligne uniforme ou uniformément accéléré.

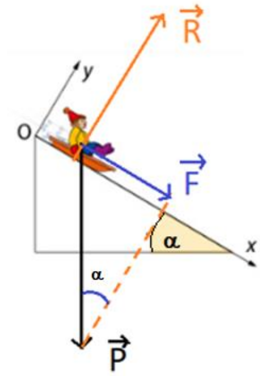
On prendre pour échelle : 1 cm pour 100 N.



On constate que l'écart est de 0,5 cm soit 50 N par rapport à l'origine.

Le z-score est égal à 5. Il est supérieur à 2 alors on peut affirmer que $\sum \vec{F} \neq \vec{0}$ alors le mouvement n'est pas rectiligne uniforme, mais il est rectiligne uniformément accéléré.

Exemple 2 : Un enfant sur une luge glisse sur un plan incliné sans frottement.



L'enfant est soumis à deux forces : son poids $\vec{P}$ et la réaction du plan $\vec{R}$
Les deux forces ne se compensent pas
$\vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$
$\vec{P} + \vec{R} = \vec{F}$
$\vec{P} + \vec{R} = m \cdot \overrightarrow{a_G}$
$\overrightarrow{a_G} = \overrightarrow{constante}$
$\overrightarrow{v_G} \neq \overrightarrow{constante}$
Sa vitesse augmente au cours du temps

1. Montrer que l'enfant subit une accélération constante de norme $a_G = a_x = g \cdot sin\alpha$

   Démonstration :
   $\vec{F} = m \cdot \overrightarrow{a_G}$
   Projetons l'ensemble des forces sur l'axe (O*x*) :
   $P_x + R_x = F_x$
   or la projection de $\vec{R}$ sur l'axe (O*x*) est nulle : $R_x = 0$
   alors la projection de $\vec{P}$ sur l'axe (O*x*) est la résultante $\vec{F}$: $P_x = F_x = F$
   De plus $P_x = P \cdot sin\alpha$
   $\Leftrightarrow P \cdot sin\alpha = m \cdot a_G$
   $\Leftrightarrow m \cdot g \cdot sin\alpha = m \cdot a_G$
   $\Leftrightarrow g \cdot sin\alpha = a_G$

2. A partir du graphique ci-dessous, déterminer la valeur de l'accélération a_G
   Par définition $a_G = \frac{dv}{dt}$
   Alors l'accélération correspond au coefficient directeur de la fonction affine représentée ci-dessous.
   $a_G = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{3{,}0 - 2{,}0}{1{,}0 - 0} = 1{,}0$ m.s^{-2}
3. L'équation horaire $v_x(t)$ du mouvement est $v_x(t) = a_x \cdot t + v_0 = 1{,}0 \cdot t + 2{,}0$