Thème : Description d'un mouvement.
Cours 8 : 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.

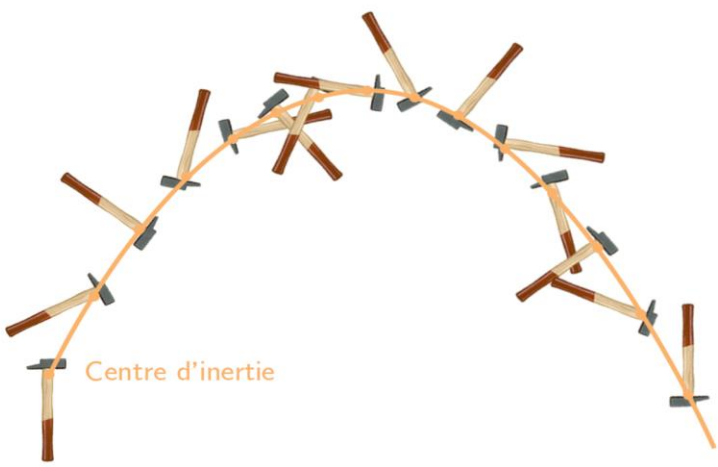
En cinématique, on s'intéresse au mouvement d'un objet dans un référentiel donné.
Cet objet constitue le **système** étudié.
Le système peut être indéformable (solide) ou déformable (pâte à modeler).
Dans les études cinématiques suivantes, les systèmes sont assimilés à des points.
On assimilera un solide 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.

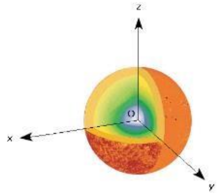
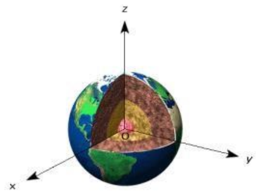
Le système est {homme-parachute} qui peut être « assimilé » à un solide indéformable.

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. 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.

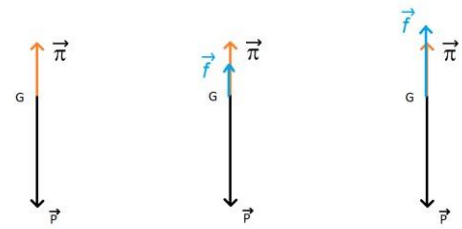


Schéma 1 Schéma 2 Schéma 3

<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.

Les trois lois de Newton.

Première loi de Newton : principe d'inertie.

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 le quel 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.

Troisième loi de Newton : principe des actions réciproques.

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.

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

Deuxième loi de Newton. (Principe fondamental de la dynamique P.F.D.)

Enoncé :

Dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur un point matériel est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération de son centre de masse :

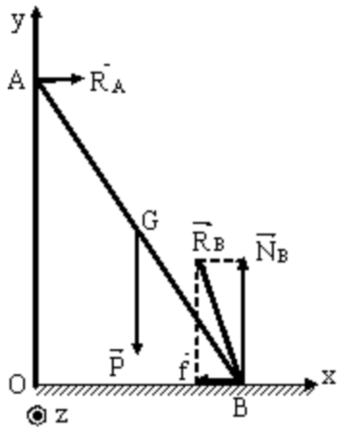
$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

F s'exprime en Newton
m est kg
g en m.s^{-2}

3. Equilibre d'un système.

3.1. Montrer qu'un système est en équilibre à partir de l'exemple d'une échelle posée contre un mur (sans frottement) et reposant sur le sol (avec frottement).

Schéma :



L'échelle est donc soumise :

- en A à la réaction $\overrightarrow{R_A}$ qui est perpendiculaire au mur

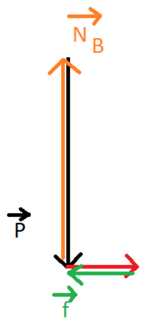
- en B à la réaction $\overrightarrow{R_B}$ résultante de la réaction normale $\overrightarrow{N_B}$ et de la force de frottement $\vec{f}$ donc inclinée dans le sens de l'échelle pour empêcher tout glissement sur le sol.

- en son centre de gravité G, situé en son milieu, à son poids $\vec{P}$

Le système est en équilibre si la somme des forces extérieures s'appliquant au système {Echelle} est nulle.

<u>Question</u> : Montrer que l'échelle est en équilibre, en effectuant graphiquement la somme des forces appliquées à l'échelle.

<u>Réponse</u> : Représentation des forces :



<u>Question</u> : quelles alors sont les relations entre $\vec{P}$ et $\overrightarrow{N_B}$ et entre $\vec{f}$ et $\overrightarrow{R_A}$?

<u>Réponses</u> : $\vec{P} = -\overrightarrow{N_B}$ et $\vec{f} = -\overrightarrow{R_A}$

Source : http://www.uvt.rnu.tn/resources-uvt/cours/mecanique1/chap4/Chapitre-3/node18.htm

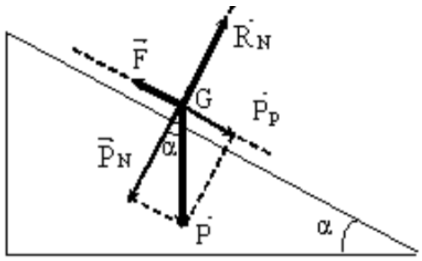
3.2. Détermination de l'expression d'un coefficient de frottement exercée sur un corps posé sur un plan incliné et se déplaçant à vitesse constante.

Un corps de masse m peut se déplacer avec frottement sur une surface plane. A l'instant initial, la surface est horizontale et le corps est au repos. A l'aide d'un système approprié, on incline progressivement cette surface d'un angle α. Pour une valeur donnée α_0 de α le corps se met à glisser à vitesse constante sur le plan incliné ainsi formé.

Question : En appelant $\vec{F}$ la force de frottement qui tend à s'opposer au mouvement du corps, calculer le coefficient de frottement $k = \frac{F_0}{R_N}$ Où F_0 est la valeur de $\vec{F}$ pour $\alpha = \alpha_0$ et R_N la composante de la réaction normale au plan incliné.

Schéma du dispositif :

- le poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ dirigé suivant la verticale.
- la réaction normale $\overrightarrow{R_N}$ du plan incliné.
- la force de frottement $\vec{F}$ dirigée dans le sens contraire du déplacement



a) Ecrire la condition d'équilibre pour $\alpha = \alpha_0$.
b) Déterminer l'expression de la composante de R_N en fonction de P et de α_0, puis celle de F en fonction de P et de α_0.
c) En déduire l'expression du coefficient de frottement en fonction de α_0.
d) Conclure quant à l'influence de la masse du corps sur la valeur du coefficient de frottement.

Réponse :

Si pour $\alpha = \alpha_0$ il y a équilibre, on a : $\sum \vec{F}_i = \vec{P} + \vec{R}_N + \vec{F}_0 = \vec{0}$

La composante normale $\vec{R}_N$ équilibre la composante $\vec{P}_N$ du poids et la force de frottement $\vec{F}_0$ équilibre la composante $\vec{P}_p$ du poids $\vec{P}$ sur le plan incliné. F_0 est la valeur limite atteinte par F. On a donc :

$$R_N = P_N = P\cos\alpha_0$$

$$F_0 = P_p = P\sin\alpha_0$$

soit :

$$k = \frac{F_0}{R_N} = \tan\alpha_0$$

Le coefficient de frottement est indépendant de la masse du corps et ne dépend que de α_0.
La force de frottement $\vec{F}_0$ reste constante au cours du mouvement.