

CHAPITRE 2

DYNAMIQUE D'UN POINT

Pr. M. ABD-LEFDIL

Université Mohammed V-Agdal

Faculté des Sciences -Rabat

Département de Physique

Année Universitaire 2011-12

SVT

C'est la partie de la mécanique qui s'intéresse à l'étude des forces et de leurs effets sur le mouvement des objets.

Elle n'est pas applicable :

- Aux objets de taille microscopiques (< échelle atomique) : c'est le domaine de la **mécanique quantique**.

- Aux objets ayant une vitesse proche de celle de la lumière : c'est la **relativité d'Einstein**.

Référentiel d'inertie

- Un référentiel est un repère, généralement orthonormé, auquel on associe une horloge pour mesurer le temps.

Un référentiel d'inertie (appelé aussi galiléen) est un référentiel fixe ou en translation rectiligne uniforme par rapport au référentiel de Copernic (origine est le soleil) qui est pris comme étant un référentiel d'inertie de référence.

I- Lois de Newton

- Première loi :

Si aucune force n'agit sur un objet ou si la somme des forces (résultante des forces) est nulle, alors:

a- Un objet au repos reste au repos.

b- Un objet en mouvement continue à se mouvoir de **manière rectiligne et uniforme** (à vitesse constante).


Deuxième loi:

L'accélération d'un objet en mouvement est proportionnelle à la résultante des forces qui lui sont appliquées et inversement proportionnelle à sa masse. L'objet est accéléré dans la même direction que \vec{F}

$$\vec{F} \propto \vec{a}$$

$$\frac{1}{m} \propto a$$

D'où


$$\vec{F} = m \vec{a}$$

Troisième loi :

Si un objet 1 exerce une force sur un second objet 2, le second objet exerce, sur le premier, une force égale mais opposée : C'est le principe de l'action et de la réaction.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Remarque: Les lois de Newton sont valables seulement dans un référentiel dit référentiel d'inertie.

II- Masse volumique et densité

1) Si un corps a une masse m et un volume V , sa masse volumique ρ est définie par:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{en } \text{kg} / \text{m}^3$$

Exemples :

Eau (à 0°C et $P = 1 \text{ atm}$)	: $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$
Hg (mercure)	: $\rho = 13600 \text{ kg m}^{-3}$
Sang (complet)	: $\rho = 1059.5 \text{ kg m}^{-3}$

2) La densité représente le rapport entre la masse volumique d'un corps donné et la masse volumique de l'eau à 0°C.

La densité est une grandeur sans dimension (c.a.d. sans unité).

Exemples :

$$d(\text{Hg}) = 13.6 ;$$

$$d(\text{Al}) = 2.7 ;$$

$$d(\text{Au}) = 19.3$$

III- Poids et poids effectif

1) Poids

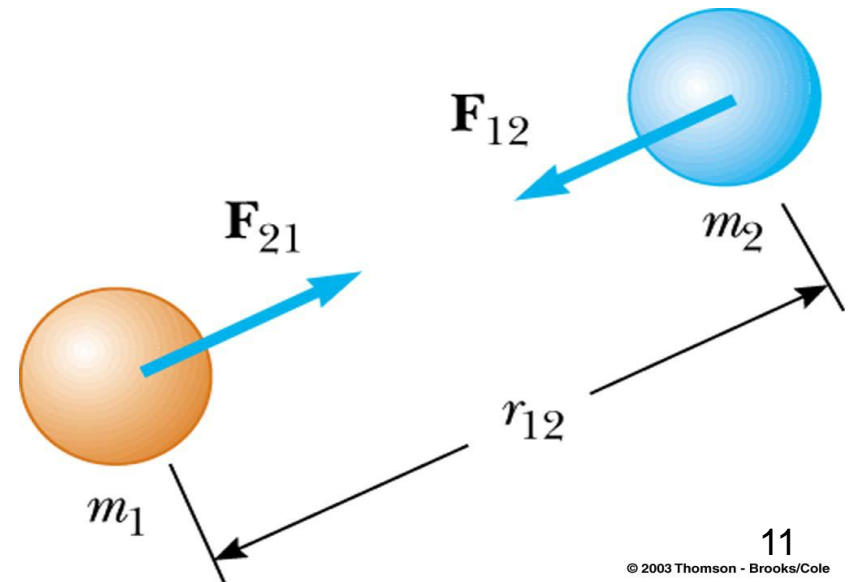
Le poids d'un objet représente la force exercée par la terre sur un objet. C'est ce qu'on appelle la force de gravitation.

Force de gravitation Universelle

- Force est toujours attractive
- Force est proportionnelle aux masses
- Force est inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \right)$$



Si $m_2 = M_T$ (la masse de la terre) et $m_1 = m$ la masse de l'objet,
 r est la distance qui sépare l'objet du centre de la terre.

$$r = R_T + h$$

R_T est le rayon de la terre ($R_T \approx 6400$ km)

et h l'altitude (hauteur par rapport au sol)

$$F = G \frac{M_T m}{r^2}$$

A partir de la 2^{ème} loi de Newton, l'accélération résultant de cette force est généralement notée g et elle est donnée par:

$$m a = F = m g_T \Leftrightarrow g_T = \frac{G M_T}{r^2}$$

On voit que g est indépendante de m .

Soit g_0 : accélération de la pesanteur pour $r = R_T$

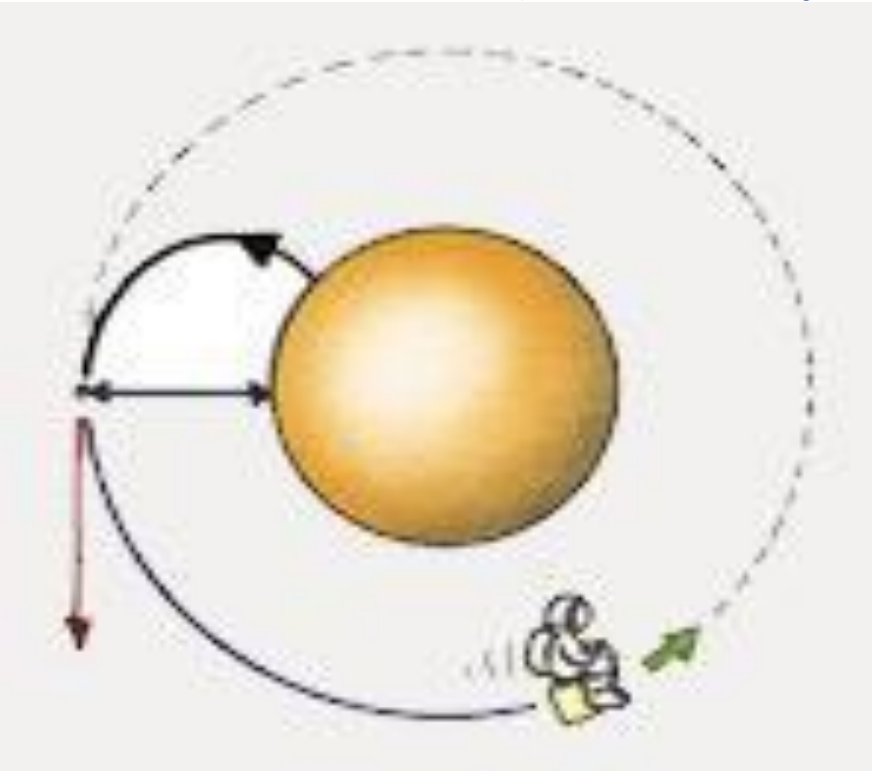
g_3 : accélération de la pesanteur à la hauteur $h = 3$ km.

$$\frac{g_1}{g_0} = \left[\frac{6400}{6403} \right]^2 \rightarrow 1$$

Vitesse de satellisation d'un objet

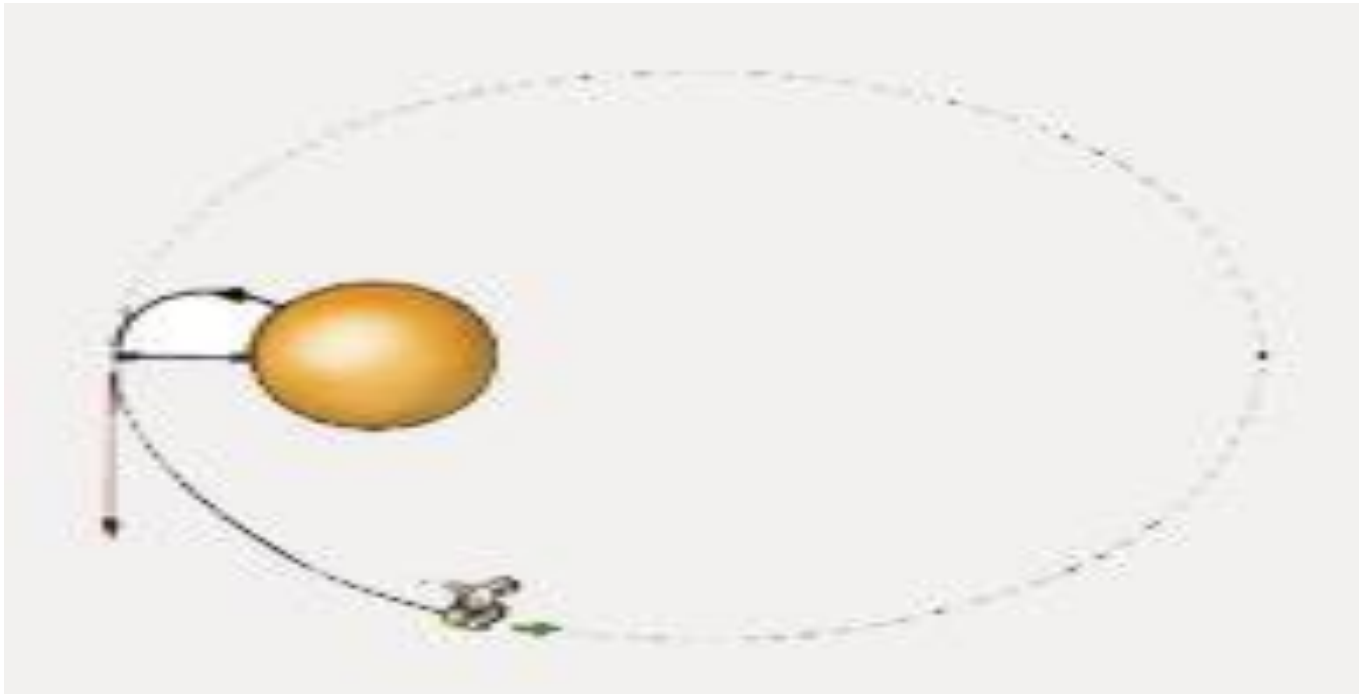
Il existe une vitesse en dessous de laquelle la satellisation n'est pas possible : le satellite retomberait ou brûlerait dans l'atmosphère.

Cette vitesse est appelée **vitesse de satellisation circulaire**; l'orbite est alors un cercle. Sa valeur dépend de l'altitude au point d'injection.



$$F = m \frac{v^2}{r} = m \frac{G M_T}{r^2}$$
$$\Leftrightarrow v_{\text{satell..}} = \sqrt{\frac{G M_T}{r}}$$

Si la vitesse est supérieure à cette valeur limite, l'orbite est alors une ellipse. Plus la vitesse croît, plus l'ellipse s'allonge. Dans le cas d'une orbite elliptique, on parle alors d'apogée (le point le plus éloigné de la Terre sur l'orbite) et de périhélie (le point le plus proche). La vitesse est inversement proportionnelle à l'altitude, elle est donc maximale au périhélie et minimale à l'apogée.



Vitesse de libération d'un objet

La vitesse de libération de la Terre est définie comme la vitesse initiale qu'un corps doit posséder afin de pouvoir échapper à l'attraction gravitationnelle de notre planète.

Elle est d'environ 10 kilomètres par seconde. Ainsi, pour envoyer une sonde vers une autre planète, il est nécessaire de la lancer au moins avec cette vitesse. Sinon, l'engin ne peut pas s'échapper, soit il retombe sur Terre, soit il se retrouve en orbite autour de notre planète tel un satellite.

La vitesse minimale de lancement, ou vitesse de libération, est telle que :

$$v_{\text{libér.}} \geq \sqrt{\frac{GM_T}{r}}$$

Remarques

- La masse est une propriété intrinsèque alors que le poids dépend du lieu.
- Sur la lune, l'accélération de la pesanteur g_L est de 1.67 ms^{-2} .

Par conséquent, le poids sur la lune sera approximativement six fois plus faible que le poids sur la terre. C'est pourquoi certaines molécules comme O_2 et N_2 arrivent à échapper à l'attraction lunaire (absence d'air sur la lune) car ils atteignent des vitesses supérieures à la vitesse de libération.

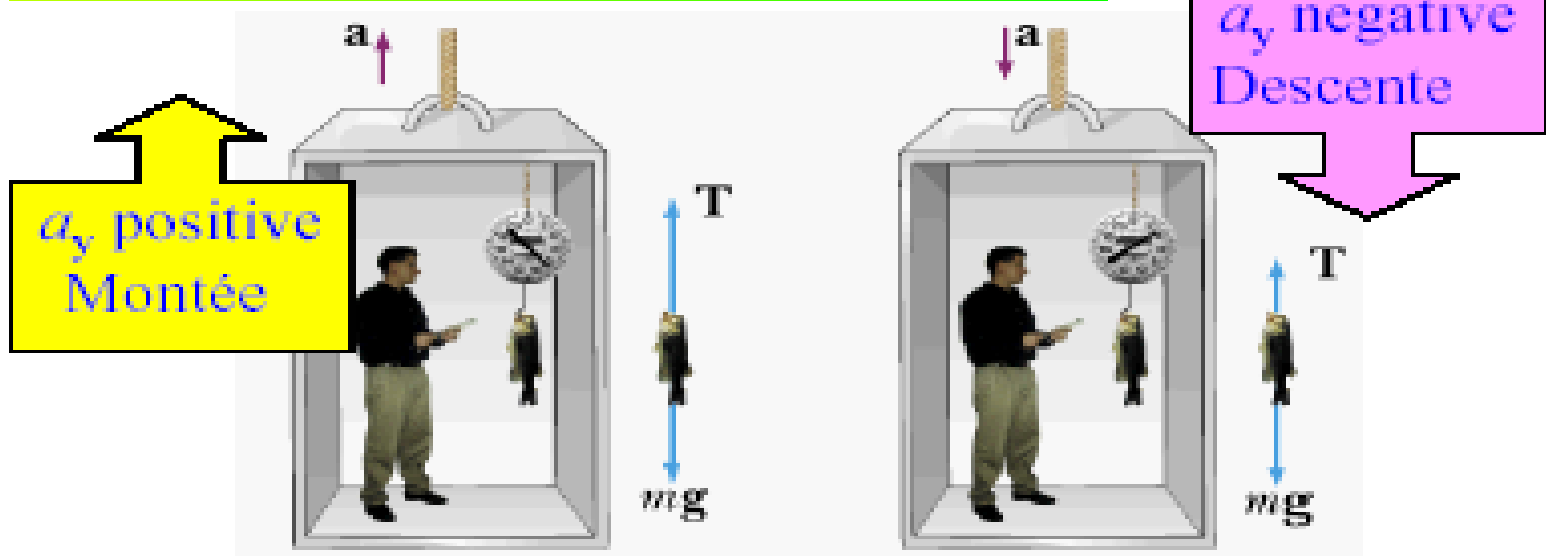
$$g_L = G \frac{M_L}{(R_L + h)^2}$$

2) Poids effectif

Pour bien comprendre cette notion de poids effectif, nous allons l'introduire à l'aide de deux exemples.

1) Poids effectif dans un ascenseur

POIDS EFFECTIF DANS UN ASCENSEUR



$$\sum F_y = T - mg = ma_y \Rightarrow T = m(g + a_y)$$

$$\begin{aligned} a_y > 0 \\ \Rightarrow T_{\uparrow} > mg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_y < 0 \\ \Rightarrow T_{\downarrow} < mg \end{aligned}$$

2) Soit un tube contenant un liquide et dans lequel on place une suspension de particules.
Le poids apparent (poids effectif) des particules est:

$$P_{eff} = \text{Poids} - \text{Poussée d'Archimède}$$

La poussée d'Archimède est égale au poids du liquide déplacé.

$$P_{eff} = mg - V \rho' g = V (\rho - \rho') g$$

m est la masse d'une particule de volume V .

ρ est la masse volumique de la particule et ρ' la masse volumique du liquide.

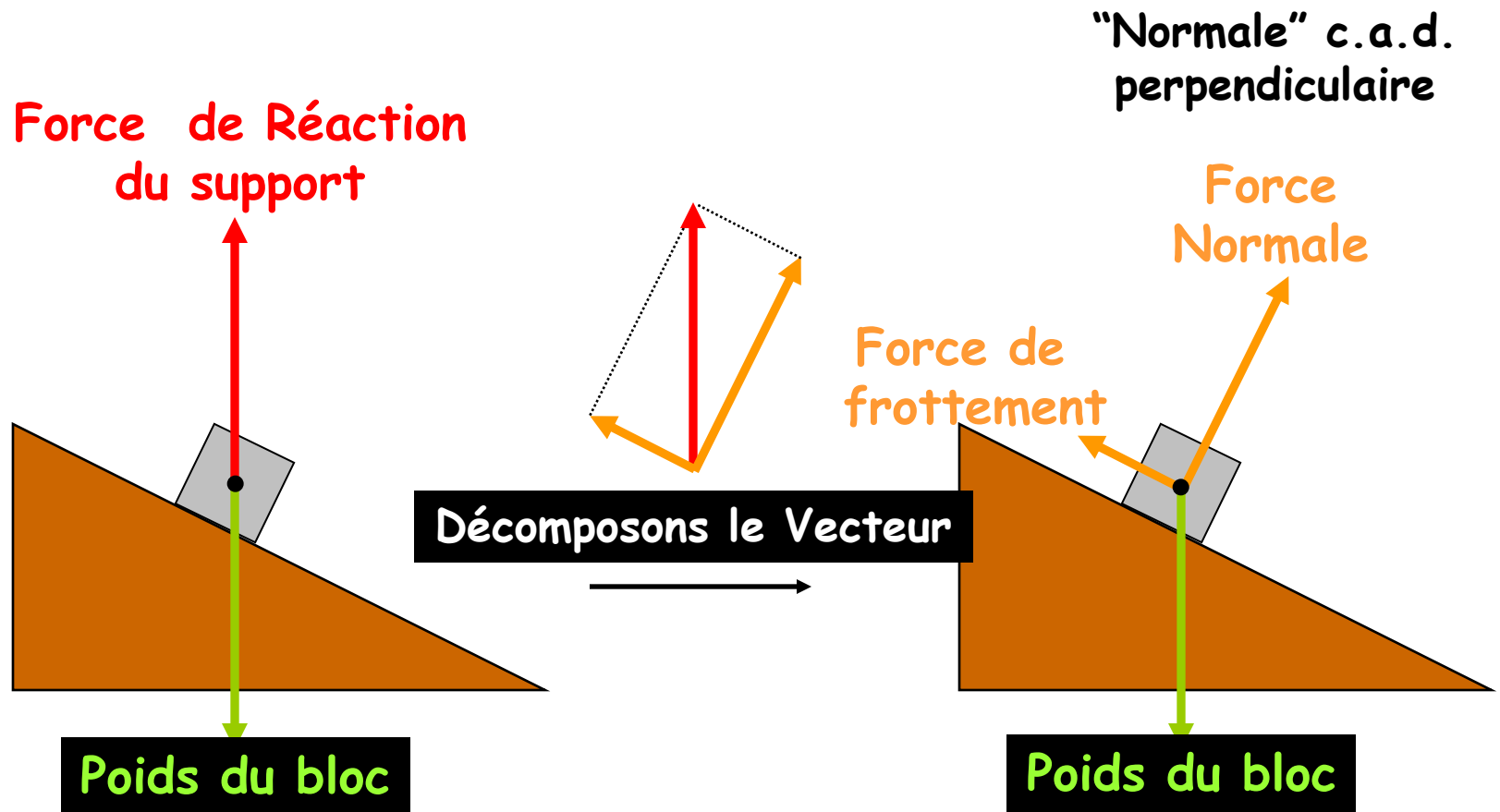
P_{eff} est une force verticale descendante si $(\rho - \rho')$ est positive
Elle peut être suffisante ou non pour la sédimentation.

IV- Frottement

Le frottement est une force qui s'oppose au mouvement.

- - Direction parallèle à la surface,
- - Pratiquement indépendante de la surface de contact,
- - Le coefficient de frottement μ dépend de la nature de la surface en contact.

"Forces Normales et Forces de Frottement"

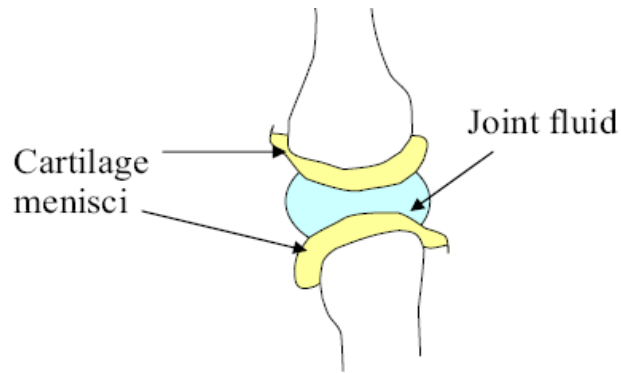


Force de Frottement = Force Normale \times (coefficient de frottement)

$$F_{\text{frottement}} = \mu \cdot F_{\text{normale}} = \mu \cdot F_n = \mu \cdot n$$

Lubrifiants naturels

- le liquide synovial s'écoule à travers les cartilages qui tapissent les articulations.



- la salive qui se mélange aux aliments lorsque nous mâchons.
- le mucus qui tapisse le cœur, les poumons et les intestins sert à minimiser les frottements associés au fonctionnement de ces organes.

Statique

- La statique concerne l'étude des forces qui s'exercent sur un objet en équilibre et au repos. C'est une partie très importante de la physique.
- Même en l'absence de mouvement, différents problèmes intéressants peuvent être résolus concernant les forces en présence.

Exemples:

Equilibre d'un pont, forces musculaires (voir TD 2)

Notre étude sera brève et axée sur un solide rigide. C'est un objet dont le volume, la forme et les dimensions ne varient pas lorsqu'il est soumis à des forces.

Conditions d'équilibre

Un solide rigide est en équilibre si:

- 1) la somme des forces qui lui sont appliquées est nulle : c'est l'équilibre de translation.

$$\sum \vec{F}_{\text{appl}} = \vec{0}$$

2) Cependant, un solide peut se mettre à tourner si les forces appliquées donnent naissance à un moment résultant non nul. Il faut que le moment résultant des forces appliquées soit nul :

$$\sum \vec{M}_0 \vec{F}_{\text{appl}} = \vec{0}$$

C'est la seconde condition d'équilibre : **L'absence de rotation.** On rappelle que N est le point d'application de la force F

$$\vec{M}_O \vec{F} = \vec{ON} \wedge \vec{F}$$