CHAPITRE 2
DYNAMIQUE ET STATIQUE

Pr. M. ABD-LEFDIL

Université Mohammed V-Agdal
Faculté des Sciences -Rabat
Département de Physique
Année Universitaire 05-06
SVI-STU

A- DYNAMIQUE

C'est la partie de la mécanique classique 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.**

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 $\vec{F}$

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

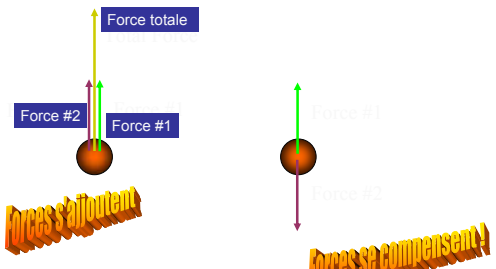
D'où

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

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.

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

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



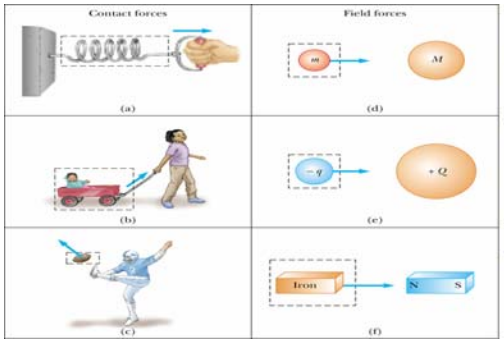
Référentiel d'inertie

- 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.

Forces de contact et Forces à distance :

- **Forces de contact :**
  - **Réaction d'un support**
  - **Tension d'un ressort ou d'un fil.**
- **Forces à distance :**
  - **L'attraction de la terre c.a.d. le poids.**
  - **La force électrostatique de Coulomb**
  - **La force magnétique de Laplace.**
  - **La force nucléaire forte.**
  - **La force nucléaire faible.**

Forces de contact et forces à distance



II- Masse volumique et densité :

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

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

Exemples :

Eau (à 0°C et P = 1 atm) : ρ = 1000 kg m^{-3}
Hg (mercure) : ρ = 13600 kg m^{-3}
Sang (complet) : ρ = 1059.5 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 (Hg) = 13.6 ; d(Al) = 2.7 ; d(Au) = 19.3

III- Poids et poids effectif

1) Poids

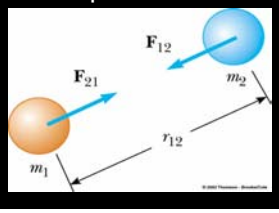
Le poids d'un objet représente la force exercée par la terre sur cet objet. C'est ce qu'on appelle la force de gravitation.

Force de gravitation Universelle

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

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

$$G = 6.67\times10^{-11}\left(\frac{m^3}{kg\cdot s^2}\right)$$



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 2ème loi de Newton, l'accélération résultant de cette force est généralement notée g et elle est donnée par :

$$ma = F = mg_T \Leftrightarrow g_T = \frac{GM_T}{r^2}$$

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.

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

Remarques :

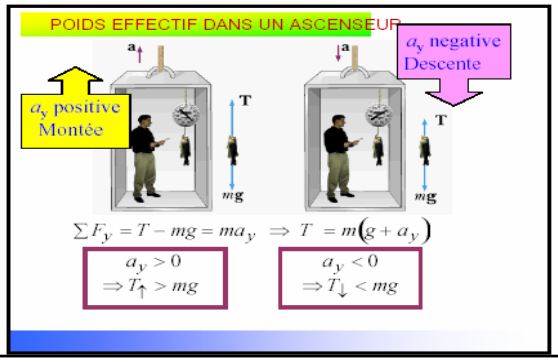
- La masse est une propriété intrinsèque alors que le poids dépend du lieu
- Sur la lune, l'accélération de la pesanteur g_L est de 1.67 ms^{-2}. Par conséquent, le poids sur la lune sera approximativement six fois plus faible que le poids sur la terre. C'est pourquoi certaine molécules comme O_2 et N_2 arrivent à échapper à l'attraction lunaire.

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

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



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} = Poids – Poussée d'Archimède

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

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.

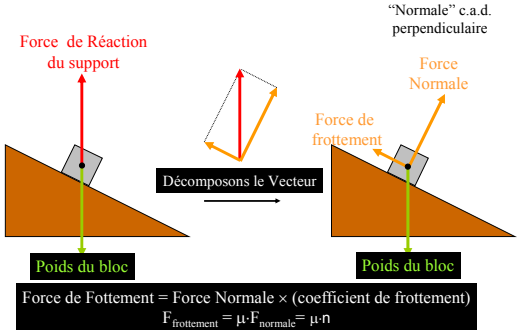
P_{eff} est une force verticale descendante si **$(\rho - \rho')$** est positive
Elle peut être suffisante ou non pour la sédimentation.

IV- Frottement

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

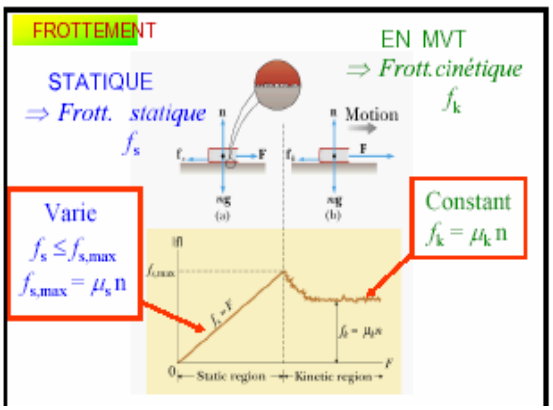
- **- Direction paralléle à la surface,**
- **- Pratiquement indépendente de la surface de contact,**
- **- Le coefficient de fotement μ dépend de la nature de la surface en contact.**

"Forces Normales et Forces de Frottement"



Force de Fottement = Force Normale × (coefficient de frottement)

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

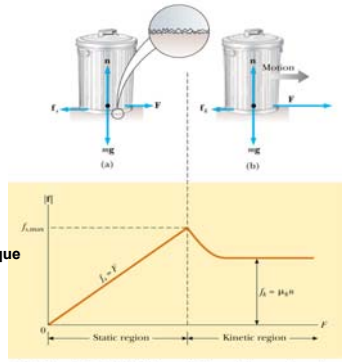


Frottement cinétique, f_c

$$\text{Si } F \geq \mu_s n,$$

$$f_c = \mu_c n$$

μ_c :coefficient de frottement cinétique
Frottement s'oppose à F
n est la force normale



© 2002 Brooks Cole Publishing – a division of Thomson Learning

FROTTEMENT

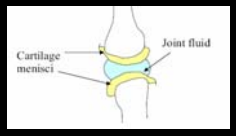
Table des Coefficients de frottement *

	μ_s	μ_k
acier sur acier	0.74	0.57
Cuivre sur acier	0.53	0.36
Métal sur métal (lubrifié)	0.15	0.06
glace sur glace	0.1	0.03
Téflon sur téflon	0.04	0.04
joints Synovial des humains	0.01	0.003

* valeurs approximatives

Lubrifiants naturels

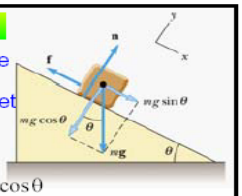
- le liquide synovial s'écoule à travers les cartilages qui tapissent les articulations.



- 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.

EXEMPLE

Un objet est placé sur une surface rugueuse.
A partir d' un angle critique,l'objet commence à glisser. Monter que cet angle défini μ_s.



$$\sum F_y = n - mg\cos\theta = 0 \Rightarrow n = mg\cos\theta$$

Si le frott. empêche l'objet de glisser :

$$\sum F_x = mg\sin\theta - f_s = 0 \Rightarrow f_s = mg\sin\theta$$

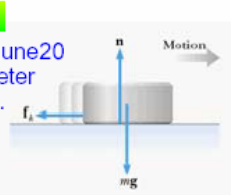
$$f_s \le \mu_s n$$

Pour. θ_c: $f_{s,\max} = mg\sin\theta_c = \mu_s n = \mu_s mg\cos\theta_c$

$$\Rightarrow \mu_s = \frac{mg\sin\theta_c}{mg\cos\theta_c} = \tan\theta_c$$

EXEMPLE

Un objet glisse sur la glace avec une20 vitesse de 20 m/s, avant de s'arreter 115 m plus loin. Quel est le coeff. de frotement cinétique entre l'objet et la glace ?



$$\sum F_y = n - mg = 0 \Rightarrow n = mg$$

$$\sum F_x = -f_k = ma_x \Rightarrow a_x = -\frac{f_k}{m} = -\frac{\mu_k n}{m} = -\mu_k g$$

$$f_k = \mu_k n$$

$$\left.\begin{array}{l} v_i = 20\ \text{m/s} \\ v_f = 0 \\ \Delta x = 115\ \text{m} \\ a_x = ? \end{array}\right\} \quad v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \cdot \Delta x$$

$$\Rightarrow a_x = -1.74\ \text{m/s}^2 \Rightarrow \mu_k = 0.177$$

B- 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: équilibre d'un pont, forces musculaires (voir TD)
- 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.

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

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

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

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

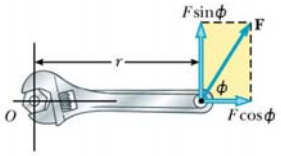
Axe de rotation

-Calcul des moments nécéssite un point de référence
-Ce point peut être choisi librement
-Utiliser le même point pour tous les moments
- Essayer de choisir ce point pour faciliter le problème

Cas d'une force non perpendiculaire

$$\vec{M}_O\vec{F} = F\ r\ \sin\phi$$

Φ est l'angle entre F et r



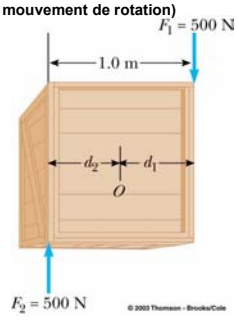
Moment et équilibre

- Somme des forces égale à zéro (pas de mouvement linéaire)

$$\Sigma F_x = 0 \text{ and } \Sigma F_y = 0$$

- Somme des moments égale à zéro (pas de mouvement de rotation)

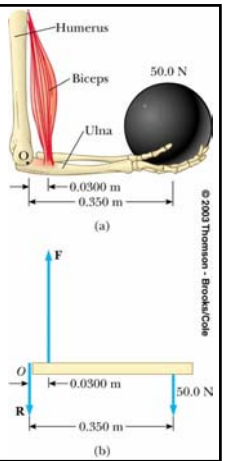
$$\Sigma \vec{M}_O = \vec{0}$$



Autre Exemple

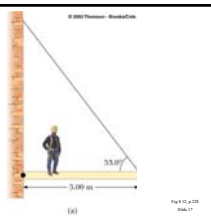
On donne: W=50 N, L=0.35 m, x=0.03 m
Chercher la tension dans le muscle

Réponse: F = 583 N

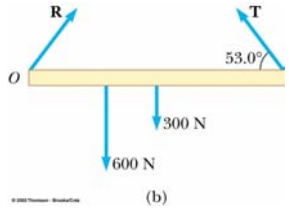


Autre Exemple

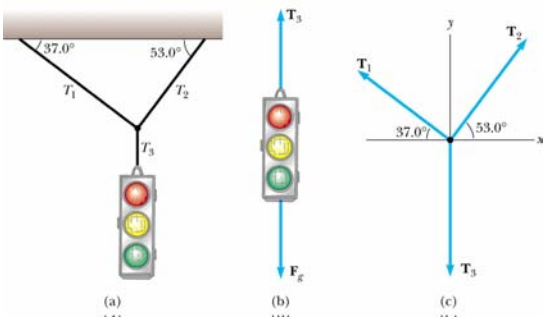
On donne: x = 1.5 m, L = 5.0 m,
Poids du support beam = 300 N,
poids de la personne= 600 N
Chercher: T



Réponse: T = 413 N



© 2002 Brooks Cole Publishing - a division of Thomson Learning



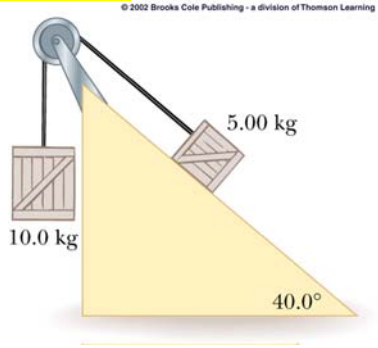
Pour M(feu rouge) = 25 kg, Chercher les 3 tensions

Réponse : T3 = 245.3 N, T1 = 147.4 N, T2 = 195.7 N

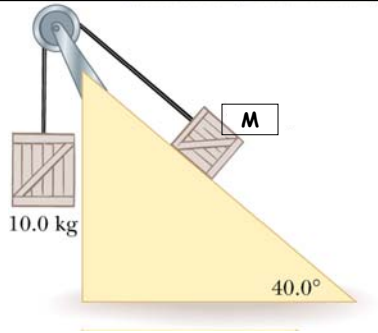
Exercice :
a) Chercher l' accélération
b) Chercher T, la tension au dessus de la balle de bowling
c) Chercher T3, la tension dans la corde entre les sceaux.
d) Chercher la force qui doit être exercée sur la poulie.

Réponse :
a) a = g/6 = 1.635 m/s2
b) T = 57.2 N
c) T3=24.5 N
d) Fpulley=2T = 114.5 N

Exercice : Chercher l'accélération et la tension



Réponse : a = 4.43 m/s2, T= 53.7 N



Chercher M pour que la boite glisse à vitesse constante

Réponse: M=15.6 kg