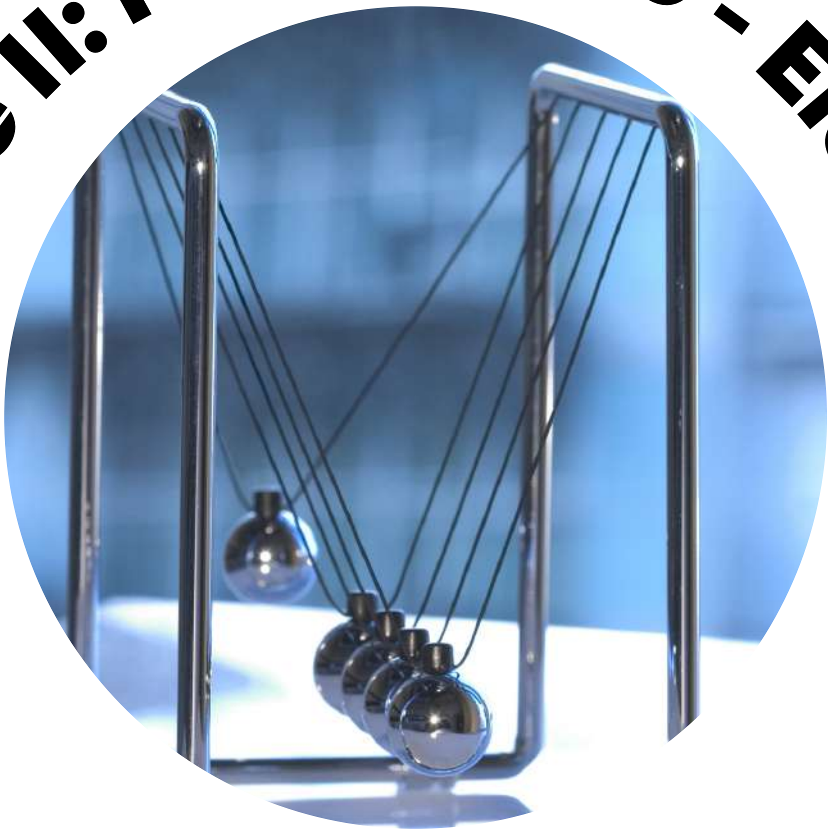
BIOLOGIE MAROC
www.biologie-maroc.com

Physique II: Mécanique - Electricité

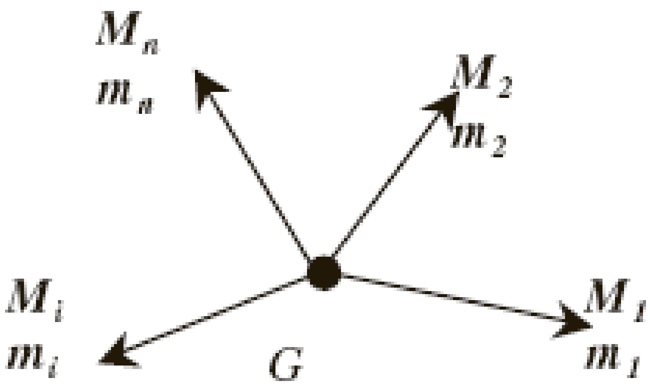


SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

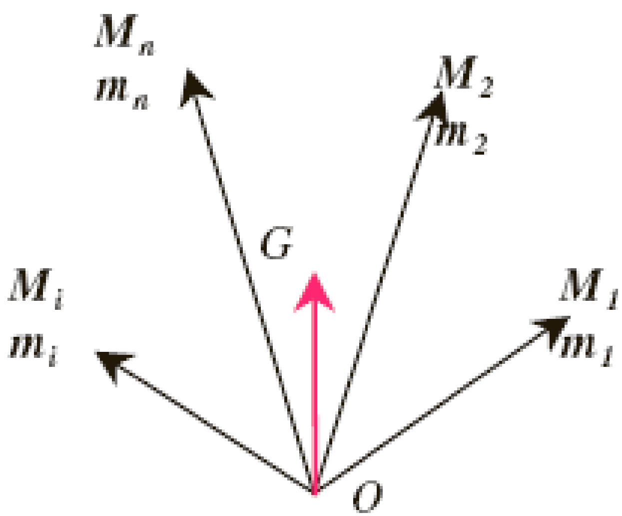
2. Dynamique élémentaire du point et des systèmes

Centre d'inertie
Barycentre, centre de gravitation

Défini pour un système de points matériels par



$$\sum_i m_i \overrightarrow{GM}_i = 0$$



$$\sum_i m_i \overrightarrow{OM}_i = \overrightarrow{OG} \sum_i m_i = M.\overrightarrow{OG}$$

M masse totale du système

Quantité de mouvement

Le vecteur quantité de mouvement d'un point matériel de masse m se déplaçant avec une vitesse $\vec{v}$ dans un référentiel donné est défini par

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

unité SI : est le kg.m.s^{-1}

Pour un système de points :

$$\boxed{\vec{P} = \sum_i \vec{p}_i = \frac{d}{dt}\sum_i m_i \overrightarrow{OM}_i = M\vec{V}_G}$$

Principe d’inertie : 1ère loi de Newton

Le centre d’inertie d’un système mécaniquement isolé (aucune action extérieure) est soit au repos soit en mouvement rectiligne et uniforme

Les repères dans lesquels ce principe est vérifié sont des ***repères galiléens***

Un repère lié à la terre peut être considéré comme galiléen pour les mouvements se produisant sur la terre

Dans une voiture qui roule à vitesse constante, le principe d’inertie est vérifié, mais en phase de freinage ou d’accélération, le principe n’est pas vérifié (force d’inertie)

Tout référentiel en translation uniforme par rapport à un référentiel galiléen est lui-même galiléen

Principe fondamental de la dynamique
$2^{ème}$ loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces appliquées à un système est égal à la dérivée de sa quantité de mouvement

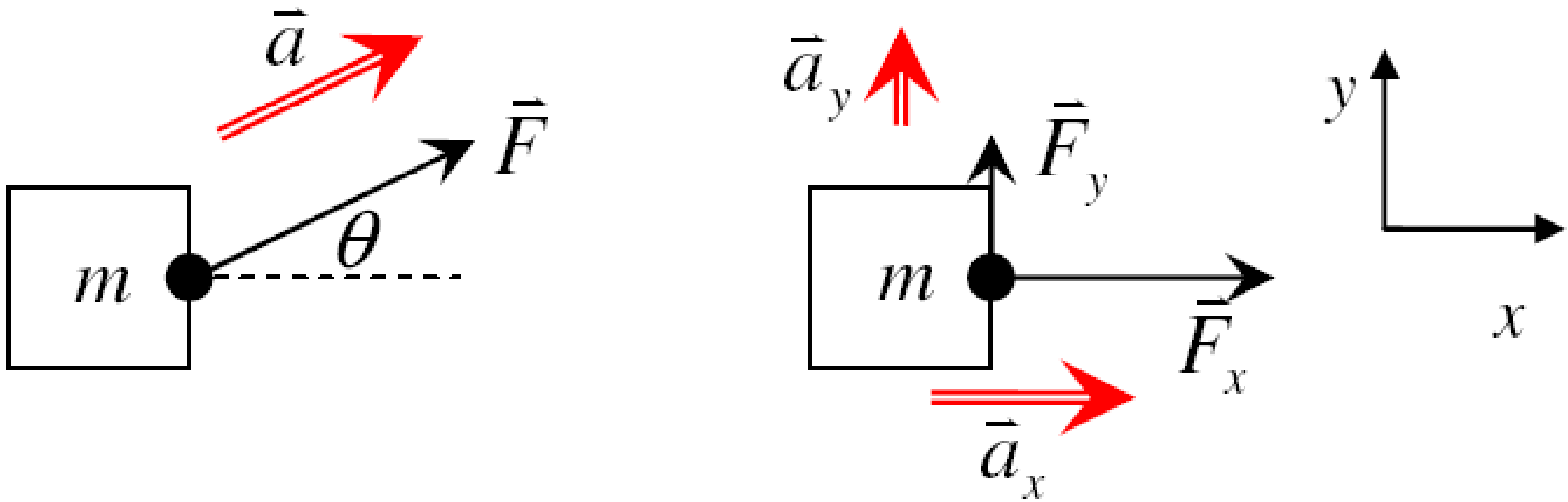
$$\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{d(M\vec{V}_G)}{dt}$$

Si la masse du système est constante, la loi devient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\frac{d\vec{V}_G}{dt} = m\vec{a}_G$$

Décomposition des forces, application de la 2ème loi de Newton

Avant décomposition : Après décomposition :

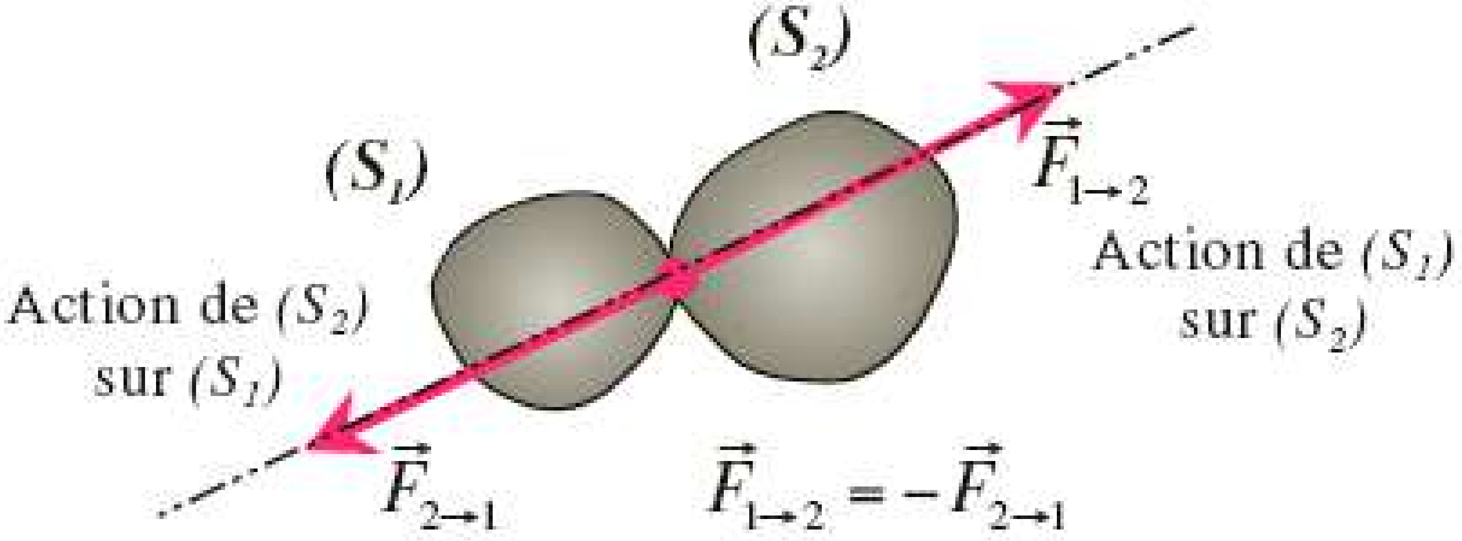


$$\sum \vec F = m\vec a \quad \Rightarrow \quad \sum F_x = ma_x \quad \text{où} \quad F_x = F\cos\theta$$

$$\sum F_y = ma_y \qquad F_y = F\sin\theta$$

Source : [Notes de cours collège Maisonneuve]

Actions réciproques
3ème loi de Newton

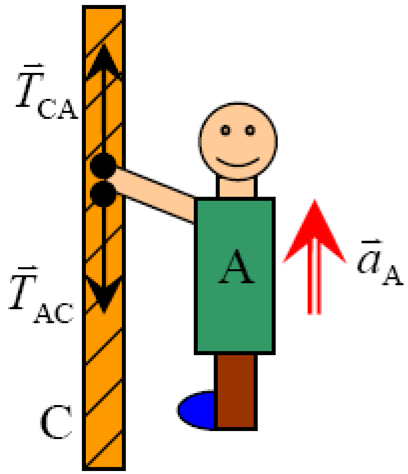


Lorsque deux systèmes S_1 et S_2 sont en interaction, quel que soit le référentiel d'étude et quel que soit le mouvement, l'action du système S_1 sur le système S_2 est exactement opposée à l'action simultanée (au même instant) du système S_2 sur le système S_1

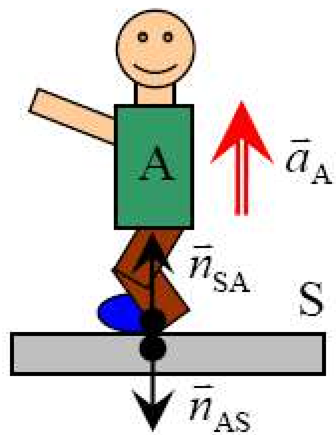
Applications du 3ème principe

Prendre appui, communiquer des accélérations

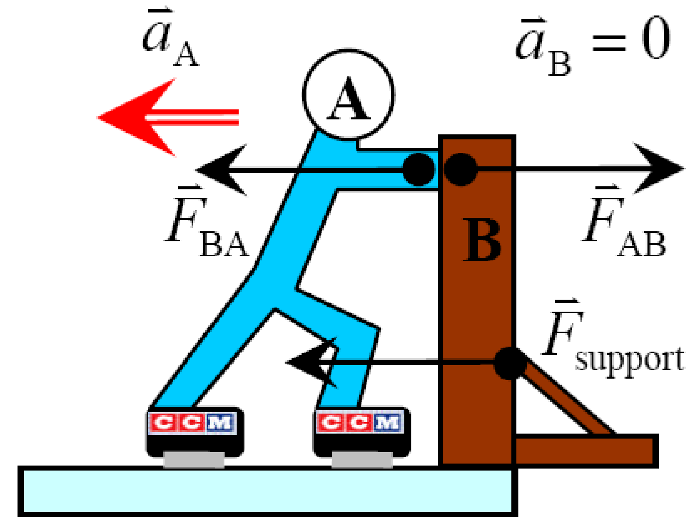
Tirer sur une corde pour de soulever

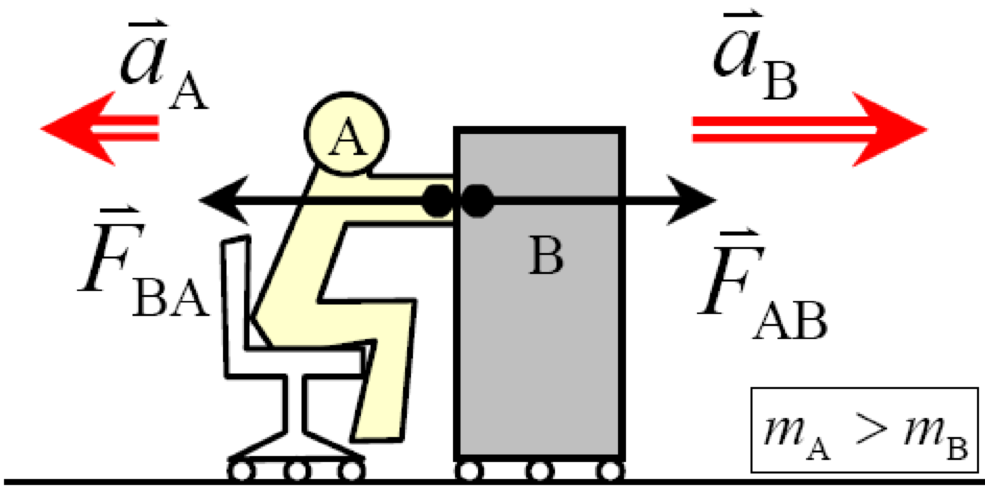


Appuyer pour sauter (danse, plongeon)



Appuyer pour se lancer





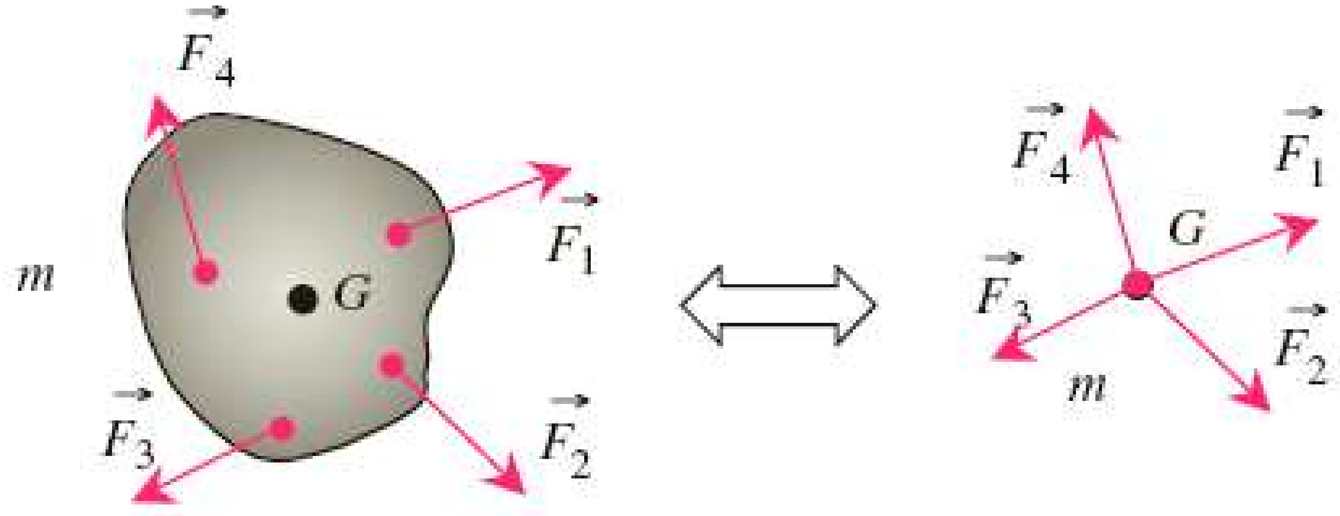
Communiquer une accélération

$$\vec{F}_{AB} = m_A \vec{a}_A \;\; ; \;\; \vec{F}_{BA} = m_B \vec{a}_B$$

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \;\; ; \;\; \vec{a}_B = -\frac{m_A}{m_B}\vec{a}_A$$

Notes de cours collège Maisonneuve

Théorème du centre d'inertie

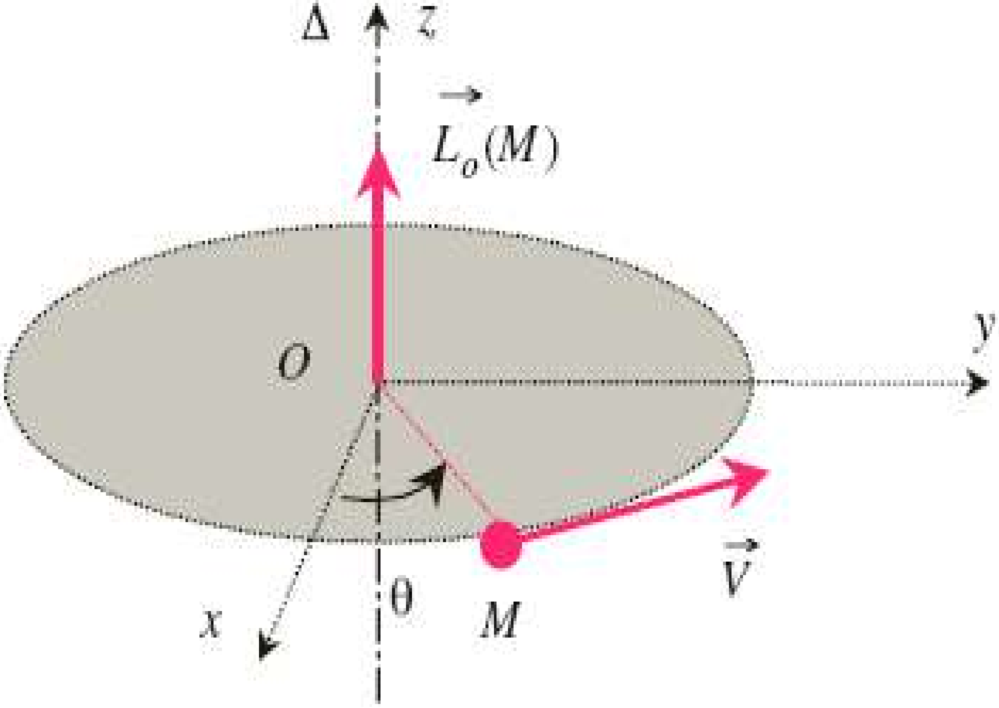


Dans un référentiel galiléen, le mouvement du centre d'inertie d'un système est le même que celui d'un point matériel coïncidant avec ce centre où la masse total serait concentrée et auquel toues les forces agissant sur le système sont appliquées.

Théorème du moment cinétique

<u>Définition</u> : Le moment cinétique d'un point matériel M(m) par rapport à un point O fixe est défini par :

$$\vec{L}_o(M) = \overrightarrow{OM} \wedge m\vec{V}$$

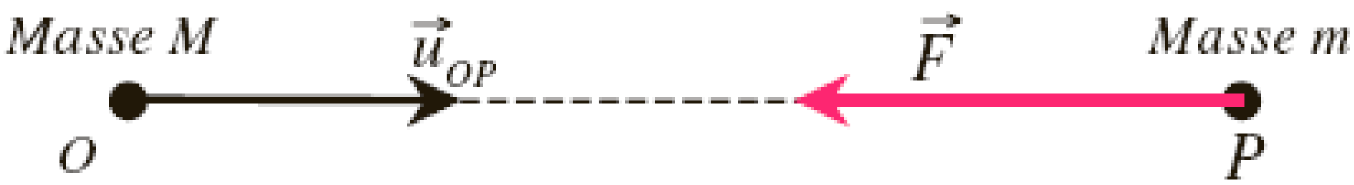


<u>Théorème</u> : La dérivée par rapport au temps du moment cinétique par rapport à O fixe est égal au moment par rapport à ce point de la somme des forces appliquées à M.

$$\frac{d}{dt}\vec{L}_o(M) = \overrightarrow{OM} \wedge \sum \vec{F}$$

Force de gravitation

La force de gravitation est une force à distance (sans contact) attractive qui s'exerce entre deux masses :



$$\vec{F} = -G\frac{mM}{|OP|^2}\vec{u}_{OP}$$

G= Constante de gravitation universelle = 6,67.10^{-11} SI

La force exercée par M sur m est égale et opposée à la force exercée par m sur M (3ème loi de Newton)

Application :
Champ de gravitation de la terre

Un point de masse *m* situé à l'altitude *z* par rapport à la surface de la terre subit la force de gravitation terrestre :

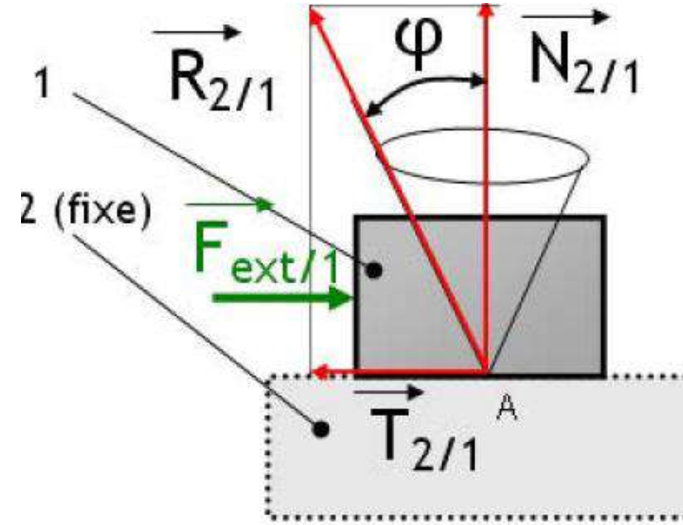
$$\vec{F} = -G\frac{mM_T}{|OP|^2}\vec{u}_{OP} = -G\frac{M_T}{(R_T+z)^2}m = -m\vec{g}$$

$\vec{g}$ est le champ de gravitation terrestre, accélération de la pesanteur

Pour des faibles altitudes *z*, *g* est constant et vaut :

$$g = \frac{(6{,}67.10^{-11}).(6.10^{24})}{(6{,}37.10^{6})^2} \approx 9{,}8\, m.s^{-2}$$

Frottements



$$T_{2/1} = \mu_0 N_{2/1}$$

$$\mu_0 = tg\varphi$$

<u>Frottement statique</u> ou sec (Loi de Coulomb) : *force minimale nécessaire pour faire entrer en mouvement un corps au repos sur un support*

$T>N$: 1 glisse sur 2, μ_o coefficient de frottement statique

<u>Frottement de glissement</u> : *force nécessaire à la conservation du mouvement de glissement uniforme du corps* $T = \mu_g N$

<u>Frottement de roulement</u> : *force nécessaire à la conservation du mouvement de roulement uniforme du corps* $T = \mu_r N$

$$\mu_r << \mu_g < \mu_0$$

✓*Effort plus important pour mettre en mouvement que pour pousser*

✓*Distance de freinage plus grande en roues bloquées (frottement de glissement) que si les roues tournent (frottement de roulement)*

Méthode de résolution d’un problème de mécanique

- Préciser le système (réduction à un point matériel, centre d’inertie)
- Préciser le référentiel (galiléen pour appliquer les lois de Newton)
- Inventaire des forces appliquées (de contact, à distance, tensions, frottement)
- Appliquer le principe fondamental ou le théorème du moment cinétique (équations vectorielles)
- Choisir le repère sur lequel on projette ces équations
- Résoudre les équations obtenues
- Vérifier le sens physique

Exemple : Pendule simple

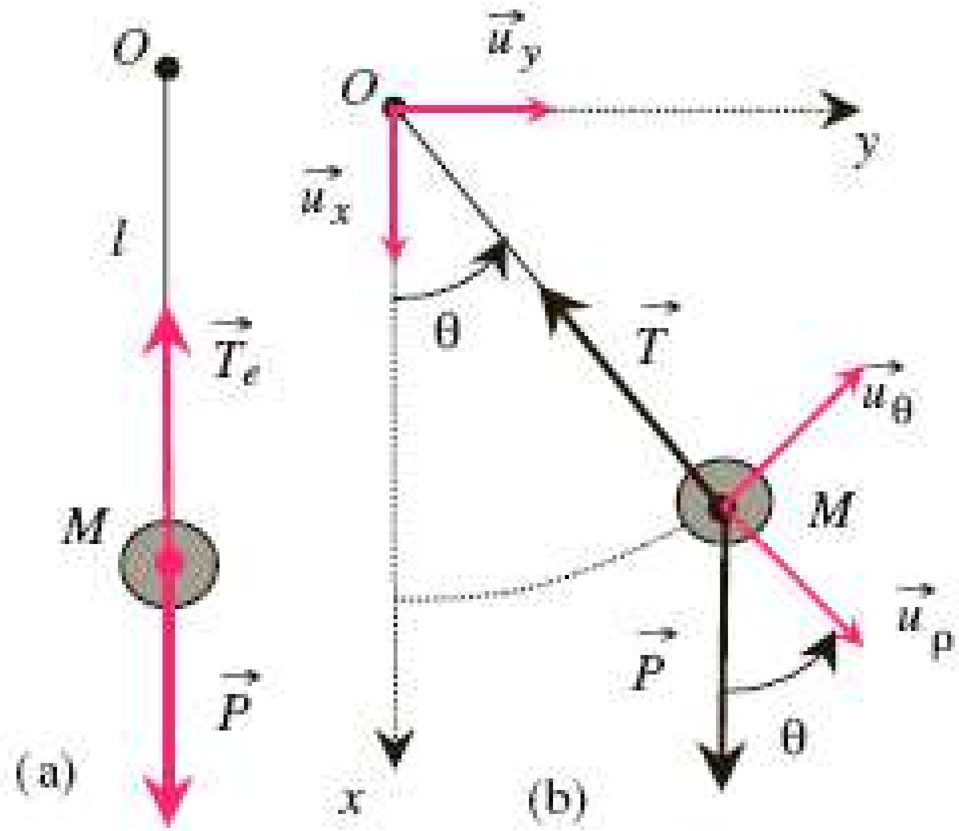
Système : la masse ponctuelle M
Référentiel : terrestre de point fixe
Forces : la tension du fil T, le poids vertical Mg, frottements négligeables
Équations vectorielles

$$\vec{P} = m\vec{g}\ \ ;\ \ \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$$

Repère :
Coordonnées polaires (longueur *l* du fil constante et utiliser l'angle θ)

$$\vec{P} + \vec{T} = m(-l\dot{\theta}^2\vec{u}_\rho + l\ddot{\theta}\vec{u}_\theta)$$

$$\vec{T} = -T\vec{u}_\rho$$



Résolution : Projeter sur les axes
Vérification du sens : Oscillations.

$$\boxed{\ddot{\theta} + \frac{l}{g}\sin\theta = 0\ :\ T = m(g\cos\theta - l\dot{\theta}^2)}$$

$$\theta \to 0 \sin\theta \approx \theta\,;\ddot{\theta} + \frac{\mathrm{l}}{\mathrm{g}}\theta = 0$$

Équation de l'oscillateur harmonique de pulsation ω :

$$\omega = \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Force d'inertie de translation dans un repère non galiléen

Loi de Newton dans le repère absolu fixe (galiléen)

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{a}_r + m\vec{a}_e}$$

Loi de Newton dans le repère relatif (non

$$\boxed{m\vec{a}_r = \vec{F} - m\vec{a}_e}$$

Tout système de masse m placé dans un repère en translation accélérée a_e par rapport à un repère fixe subit en plus des forces appliquées, une force d'inertie F_e dirigée dans le sens opposée de l'accélération

$$\boxed{\vec{F}_e = -m\vec{a}_e = -m\frac{d^2\overrightarrow{OO_1}}{dt^2}}$$

Forces d'inertie de rotation dans un repère non galiléen

Loi de Newton dans le repère absolu fixe (galiléen)

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{a}_r + m\vec{a}_e + m\vec{a}_c}$$

Loi de Newton dans le repère relatif (non

$$\boxed{m\vec{a}_r = \vec{F} - m\vec{a}_e - m\vec{a}_c}$$

Tout système de masse m placé dans un repère de centre O en rotation circulaire uniforme de vitesse ω autour d'un axe passant par O par rapport à un repère fixe subit en plus des forces appliquées :

- une force d'inertie F_e dirigée vers l'extérieur du cercle

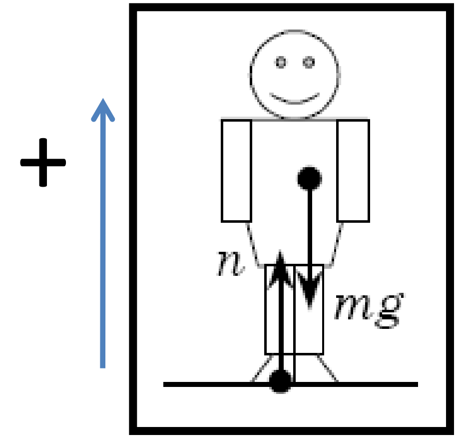
- une force d'inertie de Coriolis Fc perpendiculaire à $\vec{V}$

$$\vec{F}_e = -m\vec{a}_e = +m\omega^2 \overrightarrow{O_1M}$$

$$\vec{F}_c = -m\vec{a}_c = -2m\vec{\omega} \wedge \vec{V}_r$$

Manifestations des forces d'inertie

1. Force d'inertie en translation :



1.1 Poids apparent dans la cabine d'asecenseur

$$m\vec{a}_r = 0 = m\vec{g} + \vec{n} - m\vec{a}_e \quad ; \quad \vec{n} = m(\vec{a}_e - \vec{g})$$

Lorsque l'ascenseur <u>freine en descente</u> : a_e opposée à la vitesse $a_e > 0$

$n < mg$. Le poids ressenti par le plancher est plus léger que le poids réel. C'est le poids apparent.

Écrire les mêmes équations avec l'allongement d'un ressort *k* accroché au plafond qui soutient le poids.

1.2 Force ressentie lors des freinages et accélérations d'un véhicule

2. Force d'inertie centrifuge en rotation :

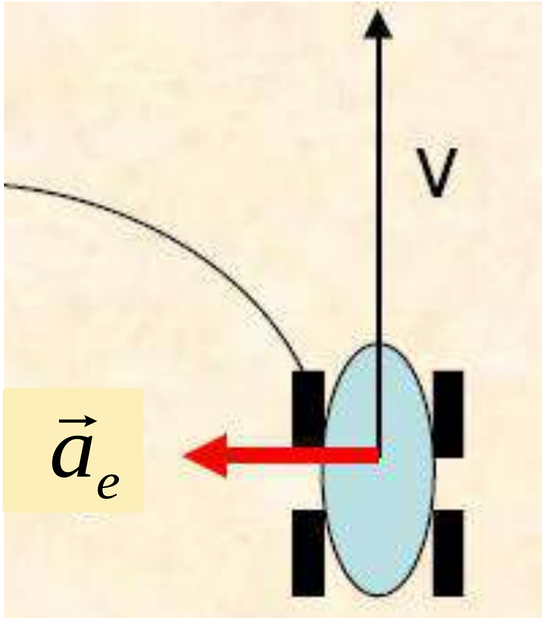
2.1 création de gravité artificielle pour astronautes en entrainant l'habitacle de rayon R en rotation avec une accélération centrifuge : $g=v^2/R$

2.2 Essoreuse (linge, salade.. : les gouttes d'eau sont éjectées par $\vec{F}_e$)

2.3 Séparation de liquides de densités différentes (sang)

2.4. Dérapage dans un virage

$$\boxed{\vec{F}_e = -m\vec{a}_e = m\omega^2 R\vec{n} = \frac{mv^2}{R}\vec{n}}$$



Solution : <u>Relèvement du virage *(angle θ)*</u>

<u>Analyse</u> :

Forces appliquées : poids, réaction, frottement μ_s , force d'inertie centrifuge

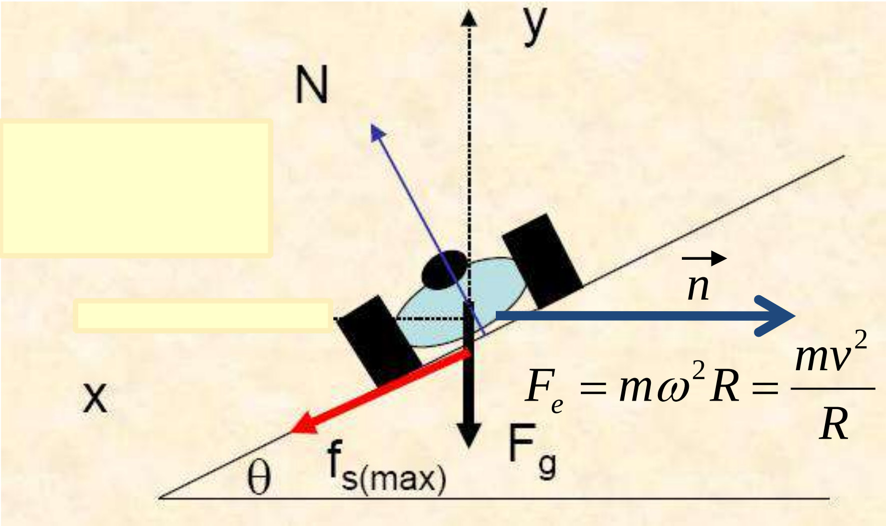
<u>Solution</u> : vitesse limite au virage

$$v^2 = gR\left(\frac{tg\theta + \mu_s}{1 - \mu_s tg\theta}\right) \quad \mu_s = \frac{f_s}{N}$$

$A.N.\ \theta = 20°\,;\, R = 100\ m$

sol sec : $\mu_s = 0{,}5 \rightarrow v = 14{,}4 m/s (51{,}8 km/h)$

sol glissant : $\mu_s = 0{,}1 \rightarrow v = 9{,}7 m/s (35 km/h)$



Réf. Force centripète. Site cegep

3. Force de Coriolis

3.1 Mouvements de l'air, anticyclones et dépressions

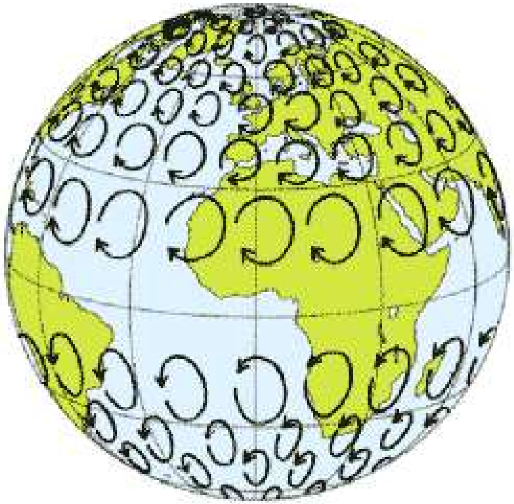
3.2 Déviation du projectile de longue portée

3.3 Déplacements de masses d'air, nuages, mers et océans

3.4 Déviation des oscillations d'un pendule (pendule de Foucault)

3.5 Déviation vers l'est de la chute libre

Effet sur la trajectoire d'un corps en mouvement non accéléré



[Voir développement dans Wikipédia](#)

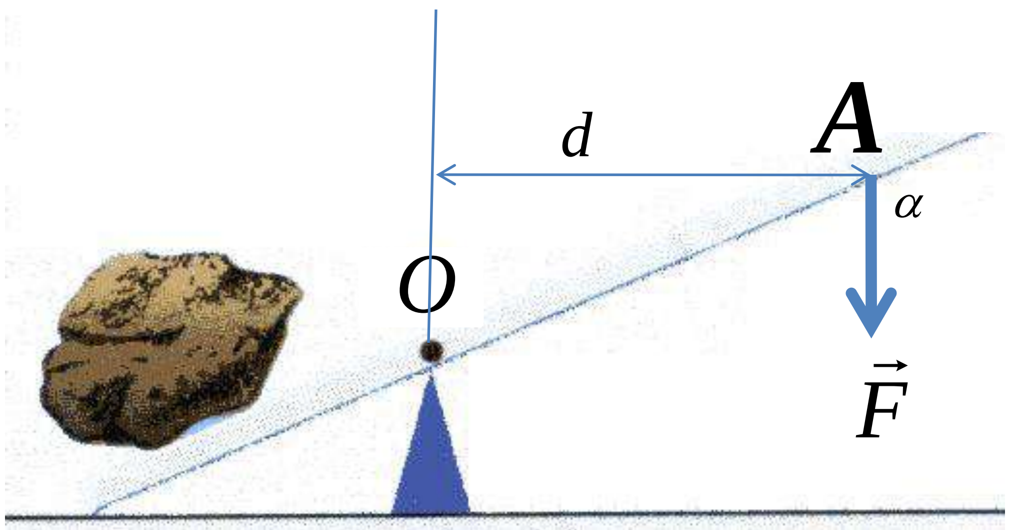
Équilibre des systèmes : statique

Moment d'une force : *Il mesure la capacité d'une force à produire une rotation. A point d'action de la force, O axe de rotation $\perp$ plan de la figure*

$$\boxed{\vec{\Gamma}_O(\vec{F}) = \overrightarrow{OA} \wedge \vec{F}}$$

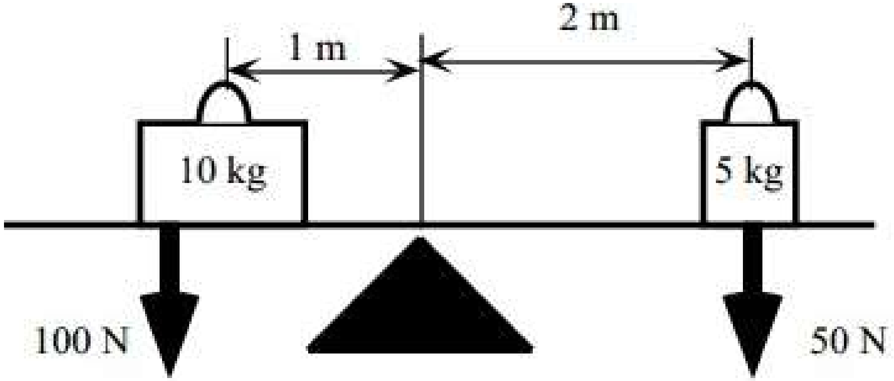
$$\boxed{\Gamma_O = F.OA.\sin\alpha = F.d}$$

d est la distance entre la droite qui porte F et la droite qui lui est parallèle et qui passe par O.



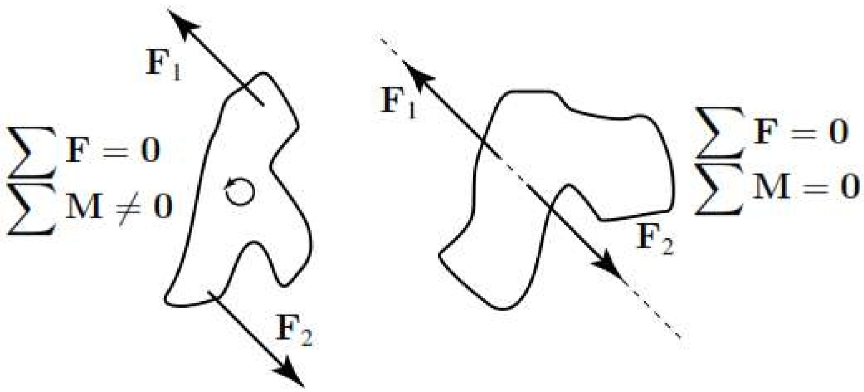
Condition d’équilibre

Le moment du poids de 5kg produit une rotation de la barre à droite, le moment de 10 kg produit une rotation à gauche. Les 2 moments sont égaux : pas de mouvement. Barre en équilibre.



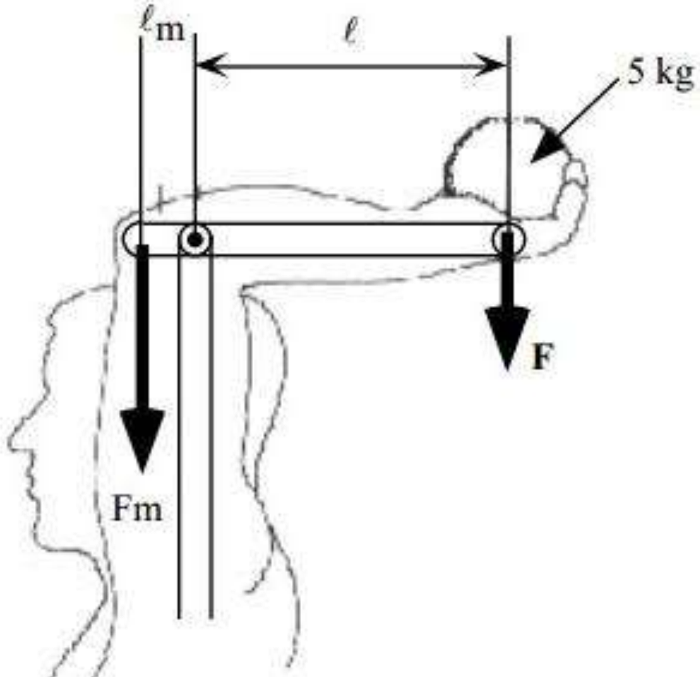
$$50N \times 2m = 100N \times 1m$$

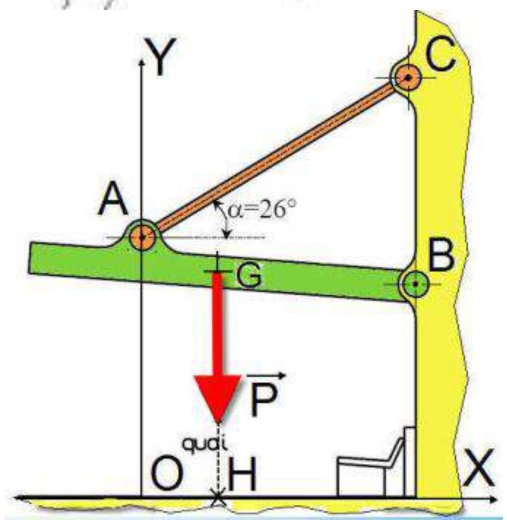
Conditions générales de l’équilibre d’un solide soumis à des forces

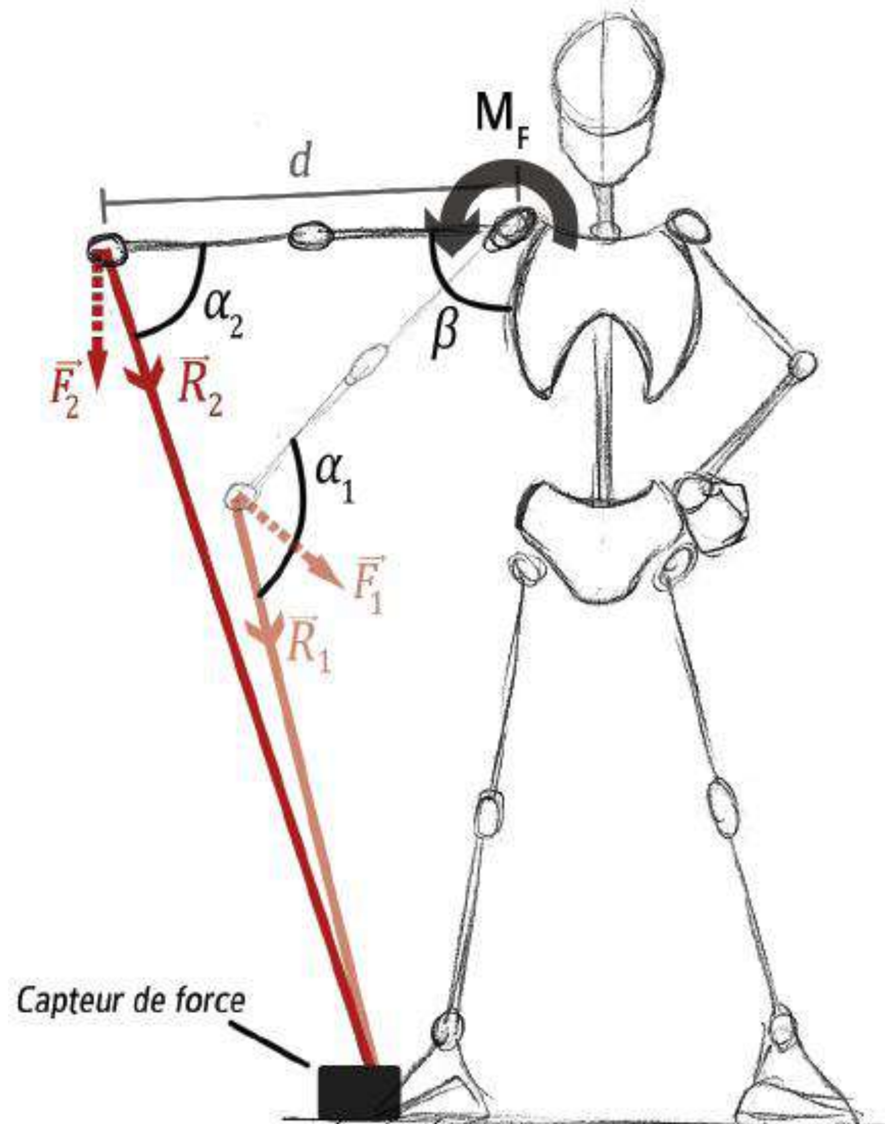


$$\sum \vec{F}_i = 0 \;\; ; \;\; \sum \vec{\Gamma}_G(\vec{F}_i) = \sum \overrightarrow{GA_i} \wedge \vec{F}_i = 0$$

Autres exemples

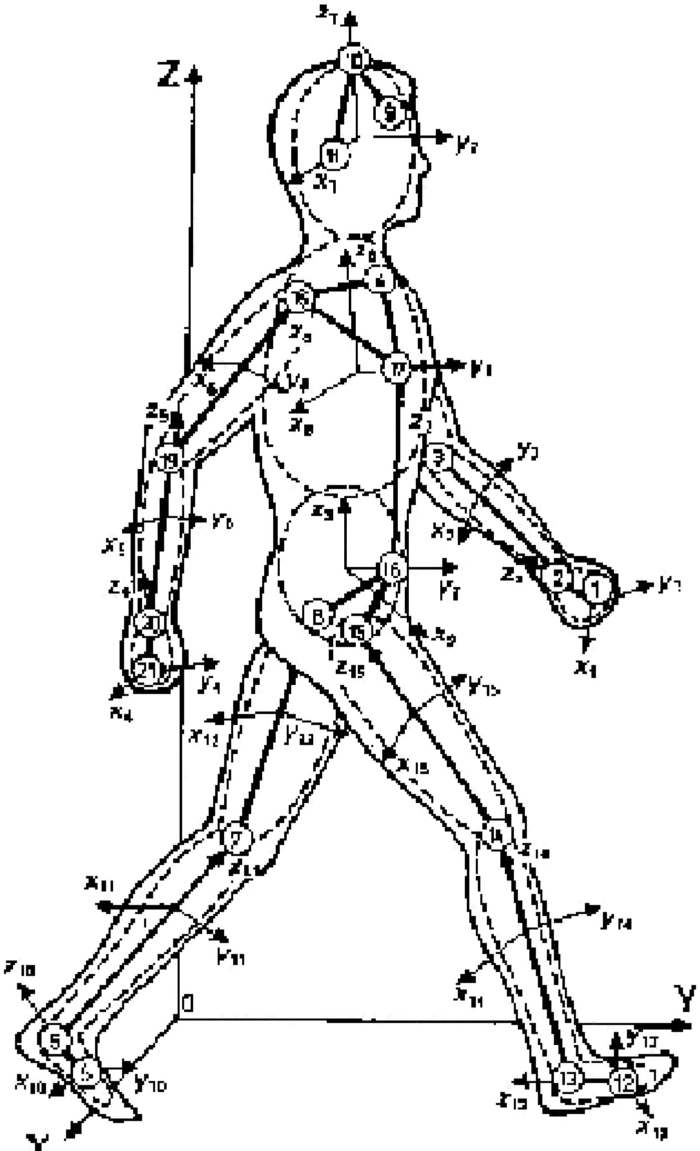




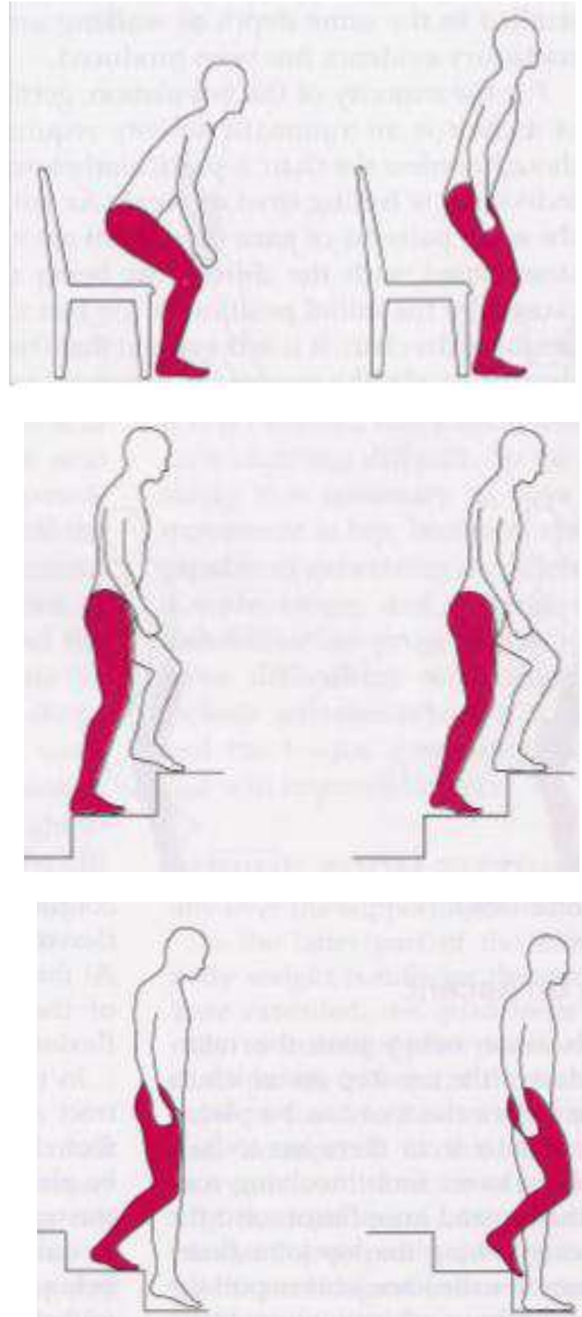


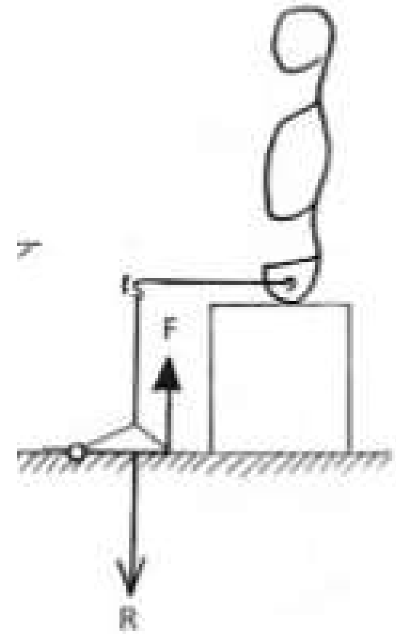
Exercice musculaire avec une bande élastique. *[Réf. Médecine du sport]*

Biomécanique



Biomécanique articulaire



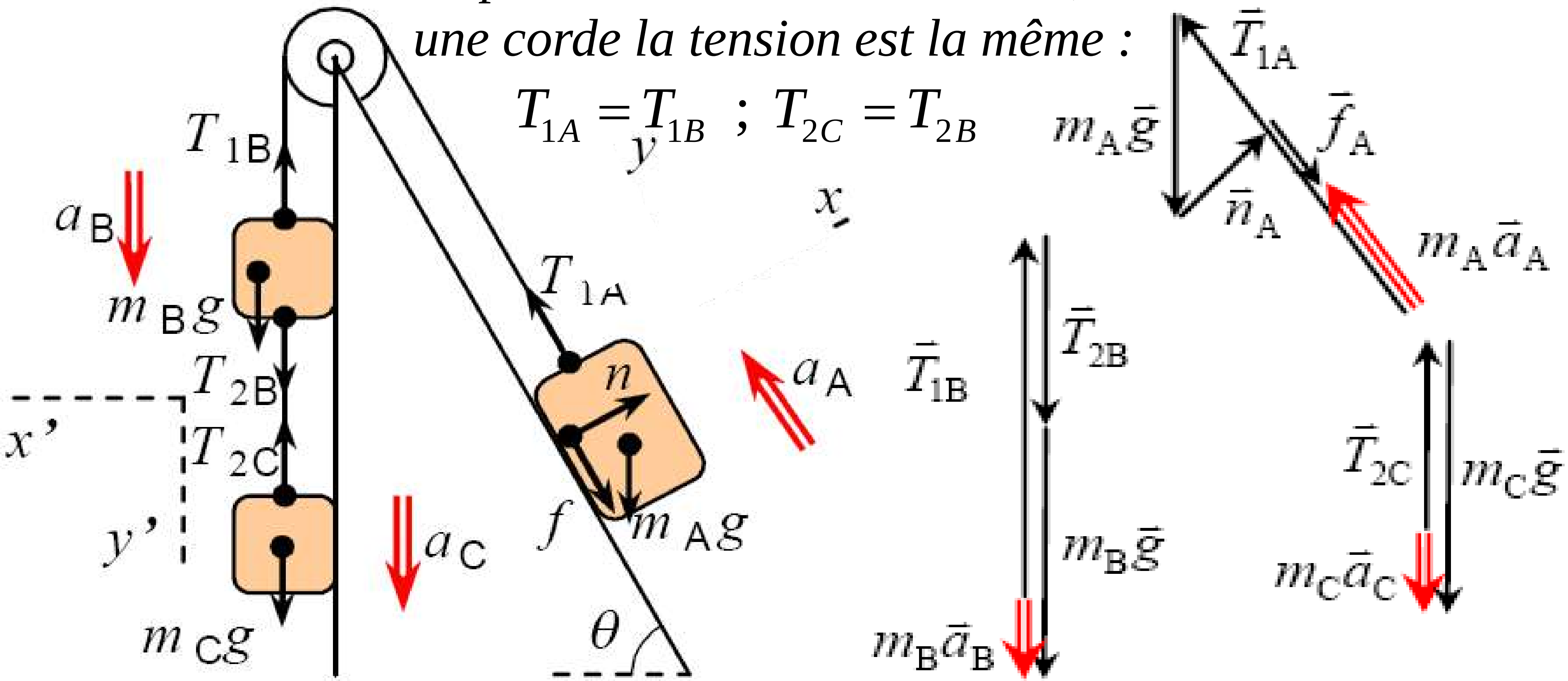


Transmission des mouvements

Translation $\longrightarrow$ rotation $\longrightarrow$ translation (tension des cordes)

La poulie transmet les tensions, sur une corde la tension est la même :

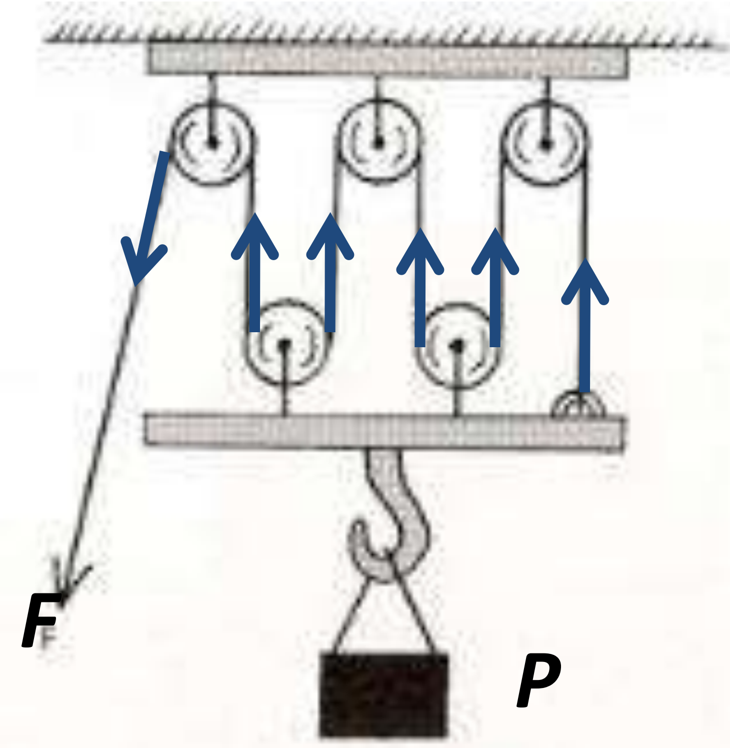
$$T_{1A} = T_{1B} \;\; ; \;\; T_{2C} = T_{2B}$$

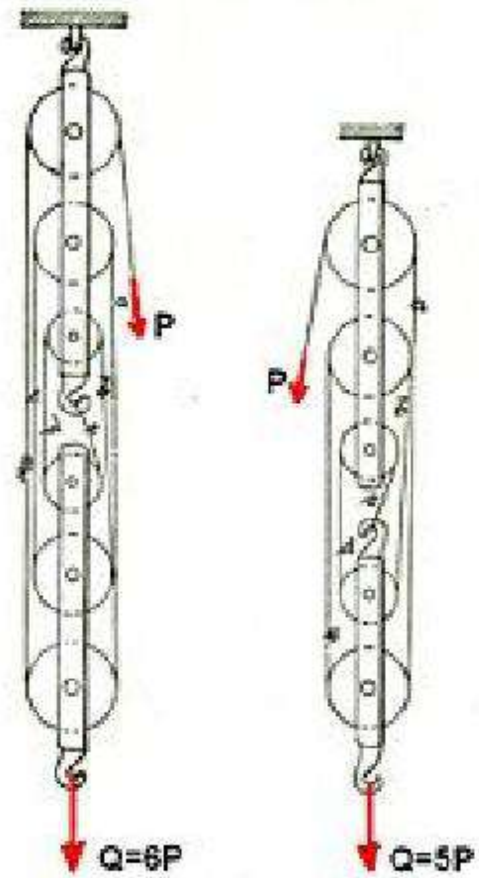


$$|\vec{a}_a| = |\vec{a}_b| = |\vec{a}_c| = a \quad ; \quad a = \frac{m_B + m_C - m_A(\sin\theta + \mu\cos\theta)}{m_A + m_B + m_C}\, g$$

Notes de cours collège Maisonneuve

Moufle





La tension est la même sur chaque brin de la corde.
Le plateau du bas est en équilibre :

$$P=5T,\ T=F=P/5$$

Bon courage

LIENS UTILES ☝

Visiter :

1. https://biologie-maroc.com
    - Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. https://biologie-maroc.com/shop/
    - Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
    - Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
    - Trouver des bourses et des écoles privées

3. https://biologie-maroc.com/emploi/
    - Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
    - Trouver des offres d'emploi et de stage