

Cours SVT_S2
Chapitre-2:

Dynamique du point matériel

Pr. Farída Fassí
Faculté des Sciences de Rabat

Introduction (1)

- Le mot **dynamique** désigne ce qui est relatif au mouvement
- Le mouvement d'un point matériel est liée à son interaction avec le monde extérieur ce qui conduit à l'existence de forces que subit ce Point matériel appelé aussi 'champ de forces'
- La relation entre les vecteurs vitesses et accélération et les forces est la relation Fondamentale de la dynamique
- Cependant, lorsqu'on est assis dans une voiture, nous sommes immobiles (vitesse nulle) mais la voiture se déplacent à une certaine vitesse par rapport à la Terre
 - Il faut donc définir des référentiels pour écrire la relation fondamentale de la dynamique

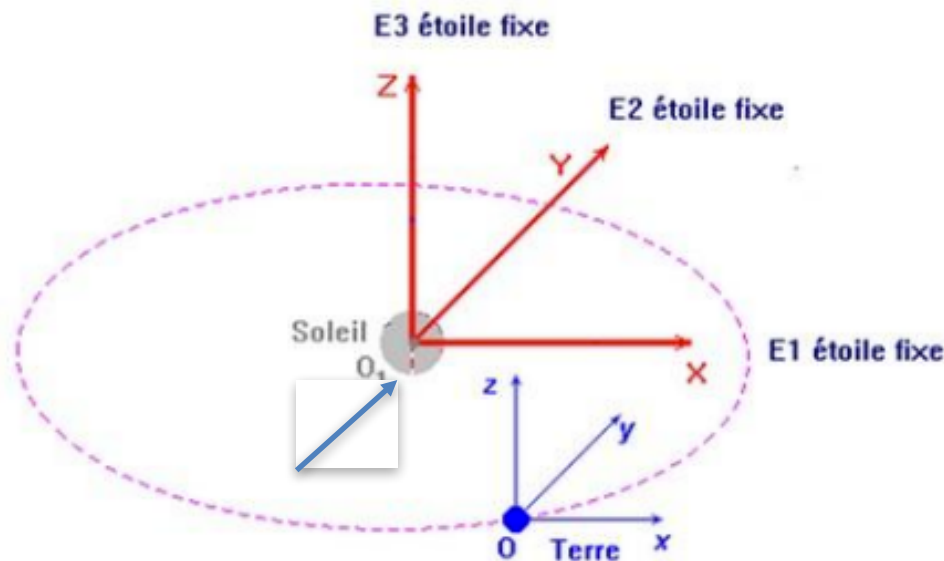
Introduction (2)

- On s'intéresse aux **corps macroscopiques** ayant une vitesse $v \ll c$. (c est la célérité de la lumière)
 - La mécanique newtonienne
 - (aussi appelée «mécanique classique»)
- Remarques:
 - **Pour les corps microscopiques**
 - Mécanique quantique
 - **Pour les corps ayant une vitesse $v \approx c$**
 - Mécanique relativiste

Référentiels

- **Référentiel de Copernic**

Le **référentiel de Copernic** est défini par son origine O qui est le centre de masse du système solaire et par trois axes reliant O à trois étoiles très éloignées (dites fixes).



Référentiel galiléen

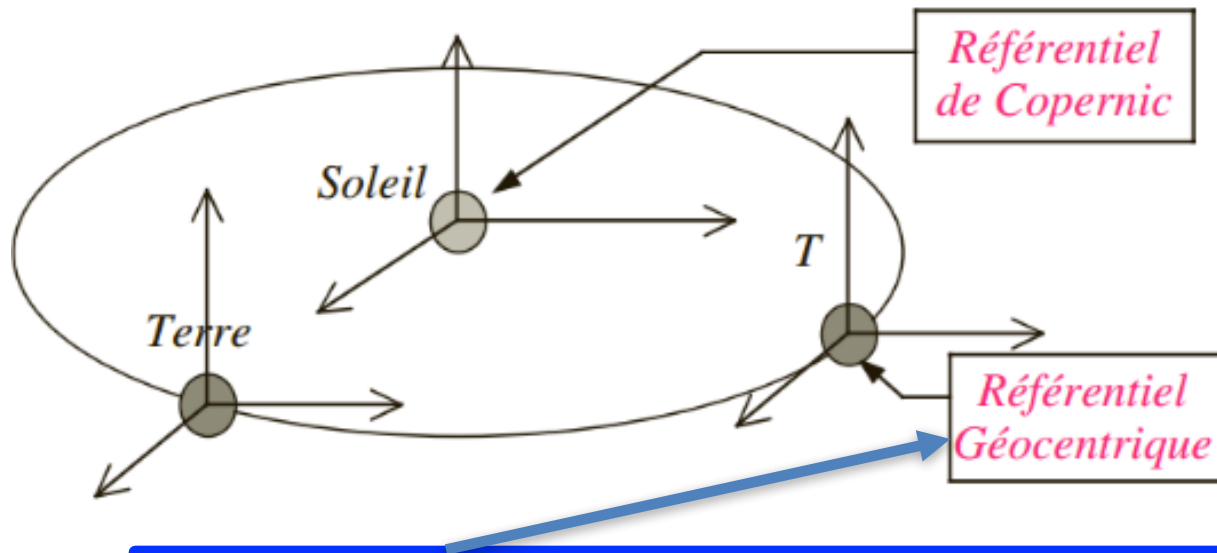
- ◆ Le repère associé à ce référentiel est en translation **uniforme** par rapport au repère de Copernic.

Exemple de Référentiel galiléen

- ◆ Tout référentiel lié à la surface de la Terre et dont le centre est constitué par un objet fixe.
- ◆ Ex: station de train, station de tram, arbre, etc .

Le référentiel géocentrique

- ◆ Le référentiel géocentrique a pour origine le centre de la Terre, et les axes du repère cartésien auquel il est lié sont parallèles à ceux du référentiel de Copernic.



- Il est donc en translation elliptique, quasi-circulaire par rapport au repère **Copernic**.

Lois de Newton (1)

- **1ère loi de Newton = Principe de l'inertie :**

Tout objet conserve son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme en absence de force résultante agissant sur lui

Si la résultante des forces agissant sur un objet est nulle :

- Un objet au repos reste au repos
- Un objet en mouvement continue à se mouvoir à vitesse constante

- **2ième loi de Newton = Principe fondamental de la dynamique :**

Dans un référentiel galiléen, le mouvement d'un point matériel de masse m soumis à un ensemble de forces dont la résultante est $\vec{F}$ possède une accélération $\vec{a} = \vec{F} / m$

On écrit ce principe sous la forme : $\vec{F} = m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt}$
où $\vec{p} = m \vec{v}$ est la quantité de mouvement.

Lois de Newton (2)

- 3ième loi de Newton = Principe de l'action et de la réaction :

A chaque fois qu'un corps A exerce une force $\vec{F}_{A/B}$ (action) sur un corps B, alors le corps B réagit en exerçant sur le corps A la force $\vec{F}_{B/A}$ (réaction) tel que $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.

Les deux forces $\vec{F}_{B/A}$ et $\vec{F}_{A/B}$ sont opposées, c'est-à-dire

- ils ont la même direction
- ils sont de sens opposés
- ils ont la même norme : $F_{B/A} = F_{A/B}$

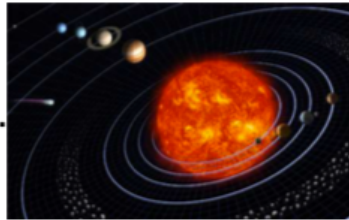
➤ C'est la loi de la gravitation ou la loi de l'attraction universelle,

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

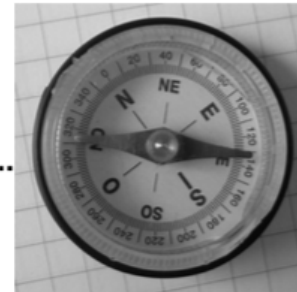
Les forces

- Il y a quatre forces fondamentales qui régit l'univers !

- Gravitation



- Électromagnétique.....

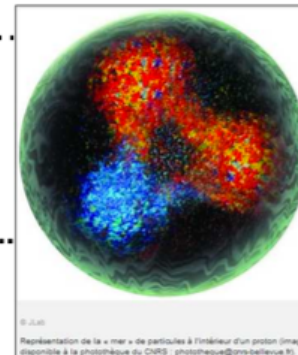


- Interactions (nucléaires) faibles.....



→ existent à une échelle $<10^{-15}$ m.

- Interactions (nucléaires) fortes.....



La gravitation newtonienne

$$\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \vec{u}$$

$$\vec{F}_{em} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \vec{u}$$

➤ Une force n'est pas visible, mais on peut voir les effets d'une force.

Définition d'une interaction: la gravitation

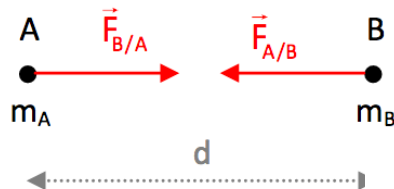
➤ Définition d'une interaction:

- ❖ Action réciproque entre deux objets. Si un objet A agit sur un objet B, alors l'objet B agit sur l'objet A.

➤ Définition de la gravitation

- ❖ La gravitation est **une interaction attractive** entre deux objets qui ont une masse. Elle dépend de la distance et de la masse de chacun des deux corps
- **Comment varie l'intensité de la gravitation?**
 - ❖ Plus la masse de chacun des objets est grande, plus ils sont attirés.
 - ❖ Plus la distance entre les deux objets est courte, plus l'intensité de l'interaction est élevée.

L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels, A et B, de masses respectives m_A et m_B , séparés d'une distance d , est modélisée par des forces d'attraction gravitationnelles, $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$, dont les caractéristiques sont :



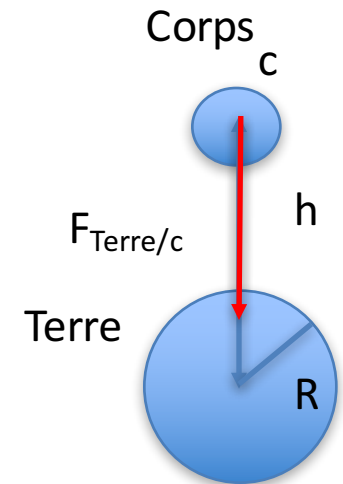
$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

m_A et m_B = masses respectives de A et B (en kg)
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ (constante de gravitation)
 d = distance entre A et B (en m)
 $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ (en N)

L'attraction terrestre: Forces à distance

- **Cas de l'attraction terrestre:**
- Un corps de **masse m** au voisinage de **la terre de masse M** est soumis à la force d'attraction terrestre.
 - Le module de cette force est donné par :

$$F_{Terre/C} = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(R + h)^2}$$



Le Poids et la masse

- ❖ Le poids d'un corps, noté par le symbole P , est la force d'attraction exercée par la Terre (ou tout autre corps céleste) sur ce corps.
 - ❖ Propriétés du poids : Le poids d'un corps change avec le lieu et de l'altitude:
 - ❖ si un corps s'éloigne de la Terre, il est de moins en moins fortement attiré.
- La masse « m » est la quantité de matière composant un corps.
- ❖ Le poids P d'un corps est directement proportionnel à la masse m du corps.
 - ❖ La constante de proportionnalité est appelée **intensité de la pesanteur**.
 - ❖ Elle est notée avec le symbole g et dépend du lieu où on se trouve.
 - ❖ La masse est invariable et indépendante de l'effet de la pesanteur.
 - ❖ Le poids est donc une force F_{Poids}
- ❖ Le Poids : $P = m \times g$
 - ❖ dans laquelle « g » est l'intensité de la pesanteur.
 - ❖ « P » s'exprime en Newton (N), comme toutes les forces.
 - ❖ La masse « m » s'exprime en kilogrammes (kg) et « g » en N/kg .

Poids apparent ou effectif

- **Poids d'un corps:**

- ❖ Le poids d'un corps est la force qui l'attire vers le centre de la Terre.

- **Poussé d'Archimède**

- ❖ Un corps plongé dans l'eau subit deux forces contraires :

- ❖ D'une part, son poids (réel), dû à l'attraction de la Terre, qui a tendance à l'entraîner vers le fond.

- ❖ D'autre part, **la poussée d'Archimède**, due aux forces de pression qu'il subit sur toute sa surface, qui a tendance à le ramener vers la surface:

$$R = m_l \cdot g = \rho_l \cdot V \cdot g$$

En vecteur la poussée d'Archimède : $\vec{R} = -\rho_l \cdot V \cdot \vec{g}$

Le bilan de ces deux forces constitue le **poids "apparent"** du corps :

Poids apparent = Poids réel - Poussée d'Archimède

$$P_{eff} = P - R = m \cdot g - m_l \cdot g$$

$$= \rho \cdot V \cdot g - \rho_l \cdot V \cdot g = V(\rho - \rho_l)g$$

si $\rho - \rho_l > 0$ -- P_{eff} est dirigé vers la bas

Masse volumique et densité. Poids et poids effectif

- **Masse volumique:**

- La masse volumique d'un corps de masse m et de volume V est donnée par:

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

- Exemples:

$$\rho_{eau} = 1000 \text{ kg.m}^{-3} \text{ à } 20^{\circ}\text{C}; \quad \rho_{air} = 1,2 \text{ kg.m}^{-3} \text{ à } 20^{\circ}\text{C}$$
$$\rho_{sang} = 1059,5 \text{ kg.m}^{-3}; \quad \rho_{mercure} = 13600 \text{ kg.m}^{-3}$$

- **Densité d'un corps:**

- La densité est le rapport de la masse volumique d'un corps et la masse volumique de l'eau à 0°C . Elle est donnée par:

$$d_{corps} = \frac{\rho_{corps}}{\rho_{eau}} \text{ sans unité}$$

- Exemples:

$$d_{eau} = 1; \quad d_{mercure} = 13,6$$

Classification des forces

- **Forces à distance**

- **force électrostatique**

- Deux particules chargées s'attirent ou se repoussent selon le signe de leurs charges. Le module de cette force est donné par :

$$\text{Loi de coulomb : } F = K \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

- **force magnétique**

- Une charge q placé dans le champ magnétique et se déplaçant avec une vitesse sera soumise à la force magnétique :

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Classification des forces

- Forces de contact
 - Exemple 1: forces de frottements
 - Il existe 2 types de frottement:
 - frottement solide et frottement visqueux
 - Frottement solide:
 - Force qui agit toujours pour s'opposer au mouvement d'un objet qui glisse sur un autre, de direction parallèle à la surface de frottement.
 - On caractérise le frottement par le coefficient de frottement μ , qui est donnée par:

$$\mu = \tan \varphi = \frac{R_T}{R_N}$$

R_T et R_N sont les composantes tangentielle et normale de la réaction du plan de la surface qui exerce le frottement. φ est l'angle de frottement.

Classification des forces

- Forces de contact

- Frottement visqueux

- Un corps en mouvement plongé dans un fluide subit des forces de frottements des molécules du fluide.
- La résultante de ces forces est proportionnelle à la vitesse de déplacement et de sens opposé.

$$\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$$

k : coefficient de frottement visqueux

- Exemple 2: Tension d'un ressort

l_0 : longueur initial du ressort (à vide), l : longueur du ressort allongé

$\Delta l = l - l_0$: allongement du ressort

Le module de la force de rappel du ressort appelé tension du ressort est donnée par:

$$T = k \cdot \Delta l$$

k : coefficient de raideur du ressort

**Le Principe Fondamental de la Statique
et
Le moment de force**

Le Principe Fondamental de la Statique

- ❖ La statique est une partie de la mécanique dont la finalité est l'étude de l'équilibre d'un corps au repos ou en mouvement uniforme par rapport à un repère Galiléen
- **Principe fondamental de la statique:**
 - Si un corps est à l'équilibre dans un référentiel galiléen, alors la somme vectorielle des forces s'appliquant sur lui est nulle.

Pour qu'un corps soit en équilibre statique, il faut :

- 1) Vitesse de translation nulle ($\vec{v} = 0$).
- 2) Accélération de translation nulle ($\vec{a} = 0$).
- 3) Vitesse angulaire nulle ($\vec{\omega} = 0$)
- 4) Accélération angulaire nulle ($\vec{\alpha} = 0$).

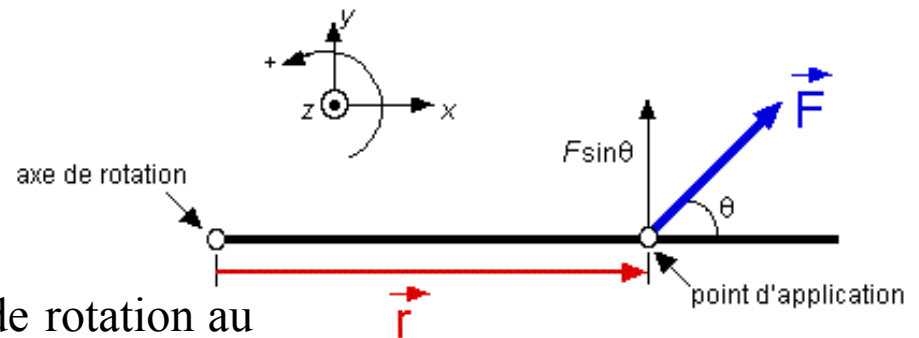
Moment d'une force et axe de rotation

- ❖ Le *moment* d'une force, par rapport à un point O , mesure l'efficacité d'une force F à modifier l'état de rotation d'un corps, autour de ce point de référence, que la force communique au corps sur lequel elle agit.

Le moment est un vecteur noté :

$$\vec{M} \equiv \vec{r} \times \vec{F},$$

où r est le rayon vecteur qui va de l'axe de rotation au point d'application du vecteur



- ❖ L'*axe de rotation* est la ligne imaginaire autour de laquelle tourne l'objet.

Exemple de moment de force

❖ Le moment (M) de F par rapport à O en $N.m$ ($\equiv J$)

❖ Vecteur moment

- Le sens du vecteur moment
- est défini à l'aide du produit vectoriel

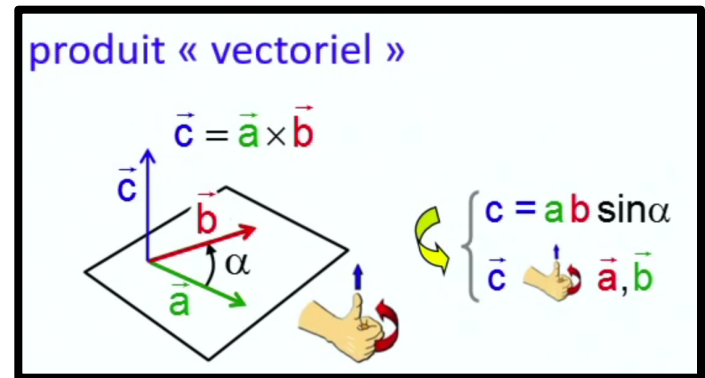
$$\vec{M}_{\vec{F}/O} = O\vec{M} \wedge \vec{F}$$

O : point de rotation (Pivot)

M : point d'application de la force

$$\text{En module: } \|\vec{M}_{\vec{F}/O}\| = OM.F.\sin\theta = F.d$$

Le moment scalaire



Conditions d'équilibre d'un corps solide

- La somme des forces appliquées doit être nulle

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

- La somme des moments appliqués doit être nulle

$$\sum \vec{\mathcal{M}} = \vec{0}$$