

M2

Dynamique du point

Objectifs du chapitre

- 1 Connaître la notion de force.
- 2 Utiliser les forces usuelles (poids, force de rappel d'un ressort, tension d'un fil, forces de frottements fluide et solide, poussée d'Archimède)
- 3 Savoir établir un bilan des forces et en rendre compte sur une figure
- 4 Définir l'expression de la quantité de mouvement d'un point matériel
- 5 Définir le mouvement relatif d'un référentiel galiléen par rapport à un autre référentiel galiléen.
- 6 Connaître les 3 lois de Newton.
- 7 Déterminer les équation du mouvement d'un point matériel à l'aide de la deuxième loi de Newton.
- 8 Mettre en équation le mouvement sans frottement d'un point matériel et le caractériser comme un mouvement à vecteur accélération constant
- 9 Savoir étudier le mouvement dans un champ de pesanteur uniforme en présence de frottement fluide.
- 10 Exploiter, sans la résoudre analytiquement, une équation différentielle : analyse en ordres de grandeur, détermination de la vitesse limite, utilisation des résultats obtenus par simulation numérique.
- 11 A l'aide d'un langage de programmation tracer la trajectoire d'un point matériel dans le cas d'une chute en présence de frottements.
- 12 Établir l'équation du pendule simple et justifier l'analogie avec l'oscillateur harmonique dans le cadre de l'approximation linéaire.
- 13 Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire.

Plan du cours

1 Forces et quantité de mouvement

- 1.1 Notion de force
- 1.2 La quantité de mouvement

2 Quelques forces usuelles

- 2.1 Tension d'un fil
- 2.2 Force de rappel d'un ressort
- 2.3 Force gravitationnelle et poids
- 2.4 Poussée d'Archimède
- 2.5 Les forces de frottement solide
- 2.6 Les forces de frottement fluide

3 Les 3 lois de Newton

- 3.1 Première loi : Principe d'inertie
- 3.2 Deuxième loi : Principe fondamental de la dynamique
- 3.3 Troisième loi : Principe des actions réciproques

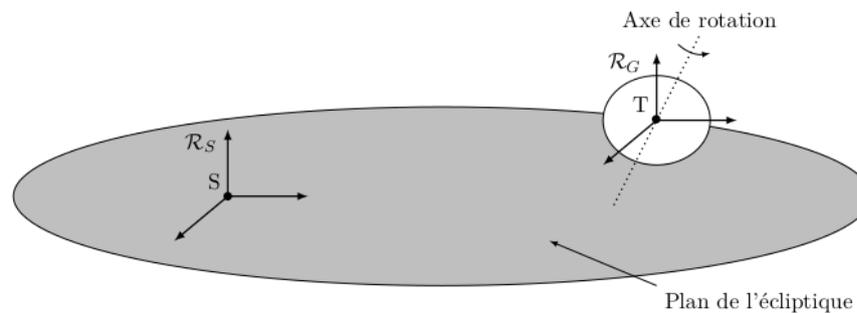
4 Méthode générale pour étudier un problème de mécanique**5 Chute libre sans frottement**

- 5.1 Lois horaires

- | | |
|--|--|
| <p>5.2 Étude de la trajectoire</p> <p>6 Chute libre avec frottements fluides</p> <p>6.1 Hypothèse de frottements linéaires avec la vitesse</p> <p>6.2 Hypothèse de frottements quadratiques avec la vitesse</p> <p>7 Étude du pendule simple</p> | <p>7.1 Position du problème</p> <p>7.2 Étude des petites oscillations</p> <p>8 Mouvement des planètes et des satellites</p> <p>8.1 Orbites circulaires et période de révolution</p> <p>8.2 Lois de Kepler</p> |
|--|--|

Documents

Document 1: Référentiels galiléens

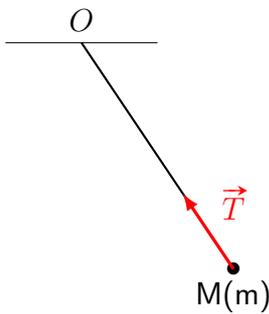


Document 2: Méthode générale pour étudier un problème de mécanique

1. Définir le système étudié, préciser le référentiel galiléen d'étude, préciser le système de coordonnées (cartésiennes ou cylindriques) ;
2. Faire un schéma du système dans une situation **quelconque**.
Si le schéma est dans une situation particulière, on pourra avoir l'impression que certains vecteurs sont orthogonaux ou parallèles, ce qui faussera toute la suite du raisonnement.
3. Représenter les forces sur le schéma et réaliser un bilan des forces en donnant leurs expressions dans le référentiel d'étude.
Les forces sont indépendantes du référentiel, mais parfois leur expression analytique peut changer d'un référentiel à l'autre, notamment à cause des repères qui peuvent être très différents.
4. Appliquer la seconde loi de Newton (ou principe fondamental de la dynamique, PFD) en la citant.
5. Exprimer les vecteurs cinématiques position, vitesse et accélération dans les coordonnées choisies.
6. Projeter les équations vectorielles sur les vecteurs de base puis travailler sur les expressions scalaires selon les questions posées.

Document 3: Forces usuelles

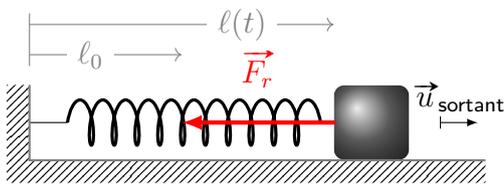
Tension d'un fil



Le point matériel M est accroché à l'extrémité d'un fil de masse négligeable et de longueur L constante (inextensible). Le fil retient la masse m en exerçant sur celle-ci une **tension** notée \vec{T} . Caractéristiques :

- Force dirigée selon le fil
- Sens : de la masse vers le point d'attache
- **Norme à déterminer** (dépend des autres forces appliquées à M).

Force de rappel d'un ressort



Un ressort est caractérisé par :

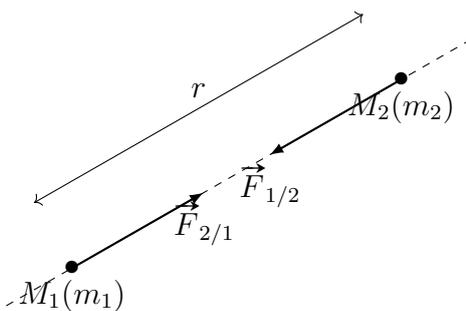
- Sa longueur à vide l_0 (longueur au repos)
- Sa raideur k qui s'exprime en N/m.

La force de rappel d'un ressort est donnée par :

$$\vec{F}(t) = -k(l(t) - l_0)\vec{u}_{\text{sortant}}$$

avec $l(t)$ la longueur à l'instant t du ressort et \vec{u}_{sortant} le vecteur unitaire dirigé du point d'accroche vers l'extrémité libre du ressort.

Force gravitationnelle



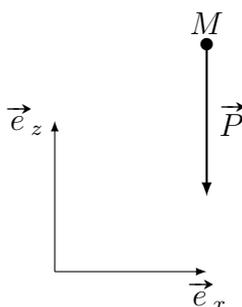
La force gravitationnelle qu'une masse ponctuelle m_1 exerce sur une masse ponctuelle m_2 s'écrit :

$$\vec{F}_{1/2} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{12} = -\vec{F}_{2/1}$$

avec :

- r la distance entre les particules
- $\vec{u}_{12} = \frac{\vec{M}_1 M_2}{r}$ vecteur unitaire
- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ la constante de gravitation universelle.

Poids

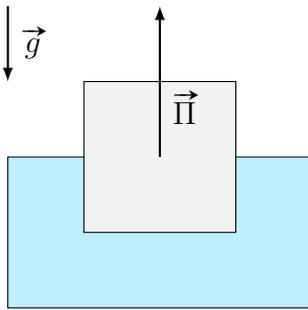


A la surface de la Terre, la force d'attraction gravitationnelle exercée par la terre sur un objet ponctuel M de masse m s'appelle le poids et vaut :

$$\vec{P} = m \vec{g} = -mg \vec{e}_z$$

avec \vec{g} l'accélération de la pesanteur de norme $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

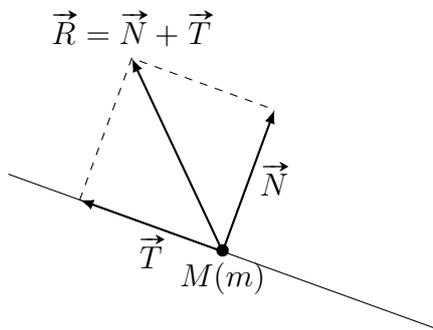
Poussée d'Archimède



Soit un volume $V_{\text{immergé}}$ immergé dans un fluide de masse volumique ρ_{fluide} . La poussée d'Archimède est la force exercée par le fluide sur ce volume. Elle est égale à l'opposé du poids du volume du fluide déplacé et s'applique sur le centre de gravité du volume :

$$\vec{\Pi} = -\rho_{\text{fluide}} V_{\text{immergé}} \vec{g}$$

Force de frottement solide



Force rencontrée lorsque le point M est astreint à se déplacer sur une surface. C'est une force de contact, appliquée au point de contact entre le point M et le support solide, telle que $\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$ où

- \vec{N} est la réaction normale au support qui existe tant qu'il y a contact. Sa norme dépend des autres forces appliquées au point M .
- \vec{T} est la réaction tangentielle qui représente, quand ils existent, les frottements solides entre le point M et le support. s'oppose au mouvement.

Si le solide glisse sur la surface alors $\|\vec{T}\| = f\|\vec{N}\|$

Force de frottement fluide

Un solide en mouvement dans un fluide (air, eau, huile ...) est freiné par les multiples interactions entre les particules de fluide et le point matériel considéré.

Exemple : La chute d'une bille est ralentie dans l'huile, la feuille d'arbre est ralentie par la résistance de l'air...

Cette force de frottement est modélisée de deux manière, selon la vitesse ou la nature du système étudié :

- Si v est faible $\vec{F} = -\lambda\vec{v}$ avec λ coefficient de frottement caractéristique du fluide et de la forme de l'objet en kg/s. Exemple : bille en mouvement dans un fluide visqueux.
- Si v est plus élevé avec $\vec{F} = -\lambda'v\vec{v}$. La force est proportionnelle à v^2 . λ' s'exprime en kg/m. Exemple : force de traînée (sur un avion ou une voiture)