

Chapitre 10

Chute verticale d'un solide

1 Champ de pesanteur terrestre

La force d'attraction exercée par la Terre sur un corps de masse m proche de sa surface est appelée **force de pesanteur terrestre**, ou **poids** du corps.

Cette force a pour expression : $\vec{P} = m\vec{g}$,

où $\vec{g} = g\vec{k}$ est le **champ de pesanteur terrestre** et \vec{k} un vecteur unitaire vertical descendant. g est homogène à une accélération : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

REMARQUES : – Le champ de pesanteur \vec{g} peut être considéré comme uniforme au voisinage de la surface de la Terre.

– La force de pesanteur est l'expression particulière de la force de gravitation terrestre pour des corps proches de la Terre.

2 Forces exercées par un fluide sur un corps

Poussée d'Archimède : Un corps de volume V totalement immergé dans un fluide de masse volumique ρ reçoit, de ce fluide, une force verticale dirigée de bas en haut et, opposée au poids d'un volume V de fluide : $\vec{\Pi}_A = -\rho V\vec{g}$.

REMARQUE : La poussée d'Archimède est d'autant plus importante que ρ est élevée. Elle est donc nettement plus importante dans l'eau que dans l'air.

Un solide en mouvement à la vitesse $\vec{v} = v\vec{k}$ dans un fluide reçoit, de la part du fluide, une force de frottement \vec{F}_f : $\vec{F}_f = -f(v)\vec{k}$.

Cette force de **frottement fluide** est colinéaire à la vitesse mais de sens opposé.

REMARQUE : Pour les faibles vitesses, $f(v) = hv$ (fonction linéaire de la vitesse). Pour les vitesses plus élevées, $f(v) = -Kv^2$ (fonction quadratique de la vitesse).

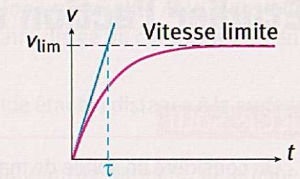
3 Chute verticale avec frottement

On considère un corps de masse m et de volume V en chute libre dans un fluide de masse volumique ρ , dans le champ de pesanteur $\vec{g} = g\vec{k}$. En tenant compte de la poussée d'Archimède et du frottement fluide, la deuxième loi de Newton conduit à l'équation différentielle de $v(t)$:

$$m \frac{dv}{dt} = (m - \rho V)g - f(v).$$

Les conditions initiales sont caractérisées par une vitesse nulle et une accélération a_0 . Après un régime transitoire, le mouvement tend vers un régime permanent, caractérisé par une vitesse limite constante v_{lim} donnée par :

$$(m - \rho V)g - f(v_{\text{lim}}) = 0.$$



Exemple

Pour une chute à faible vitesse, la force de frottement vaut $f(v) = hv$.

On a donc $(m - \rho V)g - hv_{\text{lim}} = 0$, d'où $v_{\text{lim}} = \frac{(m - \rho V)g}{h}$.

Le mouvement d'un corps en chute libre dans un fluide tend vers le régime permanent après un **temps caractéristique** τ donné par : $\tau = \frac{v_{\text{lim}}}{a_0}$.

4 Chute verticale libre

La **chute verticale libre** est le mouvement d'un corps de masse m sous la seule action de la pesanteur terrestre \vec{g} .

L'accélération du corps valant $\vec{a} = \vec{g}$, la 2^e loi de Newton s'écrit : $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{g}$.

En projetant cette équation sur un axe vertical (Oz) descendant orienté par le vecteur unitaire \vec{k} , on détermine les équations horaires du mouvement :

$$v(t) = v_0 + gt \quad \text{et} \quad z(t) = z_0 + v_0 t + \frac{1}{2} gt^2.$$

v_0 et z_0 sont les valeurs initiales de vitesse et de position du solide.

Le mouvement d'un corps en chute verticale libre est rectiligne, uniformément accéléré.

REMARQUE : L'accélération \vec{g} est indépendante de la masse du corps.

Questions de cours

solution p. 206

- La poussée d'Archimède dépend-elle de la vitesse du corps ?
- Que vaut le frottement fluide s'exerçant sur un corps au repos ?
- Caractériser le régime asymptotique de la chute avec frottement.
- Quelles sont les forces s'exerçant sur un corps en chute libre ?