PHYSIQUE-CHIMIE · TERMINALE / COURS

Mouvement et deuxième loi de Newton

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

En Première, on a relié la **variation** du vecteur vitesse aux forces (Variation de la vitesse et forces). En Terminale, on va plus loin : on veut prévoir la trajectoire et la vitesse d'un objet à **chaque instant**. Pour cela, il faut un outil mathématique, la dérivée, et une loi physique, la deuxième loi de Newton.

01 L'idée : le passager de la voiture

Assis à l'avant d'une voiture, les yeux fermés, tu sens trois choses :

- la voiture **accélère** : tu es plaqué contre le siège ;
- elle **freine** : tu pars vers l'avant ;
- elle **tourne**, même sans changer de vitesse au compteur : tu es poussé sur le côté.

Dans les trois cas, le vecteur vitesse de la voiture change, en valeur ou en direction. C'est exactement ce que mesure l'**accélération**. Quand la voiture roule tout droit à vitesse constante, tu ne sens rien : l'accélération est nulle.

01 Position, vitesse, accélération

Dans un repère $(O; i, j, k)$ lié au référentiel d'étude, le point M a pour vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$.

$$v(t) = \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t} \qquad a(t) = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$

En coordonnées : $v_x = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$, $a_x = \dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}$, et de même selon y et z. Unités : $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ et $\mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

Le vecteur vitesse est **tangent** à la trajectoire. Dans le sens inverse, quand on connaît l'accélération, on retrouve la vitesse puis la position par **primitives**, en utilisant les conditions initiales.

Les mouvements à connaître

Mouvement	Accélération	Équations (selon x)
rectiligne uniforme	$a = 0$	$x(t) = v_0\, t + x_0$
rectiligne uniformément varié	a constant, colinéaire à v	$v(t) = a\, t + v_0$, $x(t) = \frac{1}{2} a\, t^2 + v_0\, t + x_0$
circulaire uniforme	$a = \dfrac{v^2}{R}$, vers le centre	v constante, R rayon

Le repère de Frenet

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/mouvement-et-newton/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Pour un mouvement circulaire, on utilise un repère qui suit le point : u_T tangent à la trajectoire (dans le sens du mouvement), u_N dirigé vers le centre.

Pour un mouvement circulaire de rayon R :

$$a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\,u_T + \frac{v^2}{R}\,u_N$$

- La composante **tangentielle** $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ dit si la voiture accélère ou freine.
- La composante **normale** $\frac{v^2}{R}$ dit qu'elle tourne. Elle n'est jamais nulle sur un cercle.

Si le mouvement est circulaire **uniforme**, $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0$ et l'accélération est **centripète**, de valeur $\frac{v^2}{R}$.

Les lois de Newton

On étudie le mouvement du **centre de masse** du système, dans un référentiel **galiléen** (le référentiel terrestre l'est, approximativement, pour des expériences courtes).

Première loi (principe d'inertie). Si $\sum F_{\text{ext}} = 0$, le centre de masse est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

Deuxième loi. Pour un système de masse m constante :

$$\sum F_{\text{ext}} = m\,a_G$$

Troisième loi. Si A exerce une force sur B, B exerce sur A une force opposée : $F_{A/B} = -F_{B/A}$.

La deuxième loi est le pont entre les causes (les forces) et le mouvement (l'accélération). Démarche type :

1. définir le système et le référentiel galiléen ;
2. faire le bilan des forces ;
3. écrire $\sum F = ma$ et projeter sur les axes ;
4. intégrer deux fois avec les conditions initiales.

Exemple guidé

Un mobile de 0,50 kg se déplace en ligne droite selon $x(t) = 2t^2 + 3t$ (en mètres). Calcule sa vitesse, son accélération et la force totale. Puis une voiture prend un virage de rayon 50 m à 20 m/s constants : que vaut son accélération ?

1. **La vitesse** est la dérivée de la position : $v(t) = 4t + 3$. À $t = 2$ s, $v = 11$ m/s.
2. **L'accélération** est la dérivée de la vitesse : $a = 4\ \mathrm{m/s^2}$, constante. Le mouvement est rectiligne uniformément accéléré.
3. **La deuxième loi de Newton** : $\sum F = ma = 0{,}50 \times 4 = 2{,}0\ \mathrm{N}$.
4. **Dans le virage** : la vitesse est constante en valeur, mais elle change de direction. Dans le repère de Frenet, $a_t = 0$ et $a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{20^2}{50} = 8{,}0\ \mathrm{m/s^2}$, vers le centre du virage.

Une vitesse constante en valeur ne veut pas dire une accélération nulle : dans un virage, c'est la direction qui change.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/mouvement-et-newton/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Retour au problème

La dérivée donne la vitesse et l'accélération à chaque instant, et la deuxième loi de Newton relie cette accélération aux forces. Dans l'autre sens, connaissant les forces, on remonte à l'accélération, puis à la vitesse et à la position.

Les pièges

- Accélération nulle ne veut pas dire vitesse nulle : un objet peut aller vite à vitesse constante, en ligne droite.
- Un virage à vitesse constante est **accéléré**.
- La deuxième loi s'applique dans un référentiel **galiléen**, au **centre de masse**.
- Les deux forces de la troisième loi s'appliquent sur **deux systèmes différents** : elles ne se compensent pas.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/terminale/mouvement-et-newton/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits