Mécanique newtonienne

1 Le référentiel

À retenir
Un mouvement n'existe que par rapport à un référentiel (un objet de référence) : le mouvement d'un objet dépend du référentiel choisi.
Un référentiel est galiléen si le principe d'inertie y est vrai : un objet isolé ou pseudo-isolé y reste immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.

Définition de chaque référentiel

Référentiel	Définition (origine et axes)	Galiléen si l'étude dure…	On l'utilise pour
Terrestre / laboratoire	Référentiel lié à la Terre : l'origine est un point de la surface terrestre et les axes sont fixes par rapport au sol. Tout ce qui est fixe par rapport à la Terre est immobile dans ce référentiel.	quelques minutes (la rotation propre de la Terre est alors négligeable)	un objet sur Terre ou près de la Terre
Géocentrique	Référentiel dont l'origine est le centre de la Terre et dont les axes pointent vers trois étoiles lointaines considérées comme fixes. Il ne tourne pas avec la Terre (sans rotation propre).	quelques heures	la Lune, les satellites
Héliocentrique	Référentiel dont l'origine est le centre du Soleil et dont les axes pointent vers trois étoiles lointaines considérées comme fixes.	toujours (considéré comme galiléen)	les planètes

⚠️ **Piège**
Un référentiel qui tourne, ralentit ou accélère par rapport à un référentiel galiléen n'est pas galiléen.

2 Position, vitesse, accélération

On étudie le centre d'inertie G dans un repère orthonormé (O ; $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$) et un repère de temps (t_0 = 0 s).

La chaîne à connaître : on dérive à chaque étape

$$\overrightarrow{OG}(t) \longrightarrow \vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt} \longrightarrow \vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\overrightarrow{OG}}{dt^2}$$

Grandeur	Coordonnées	Valeur (norme)
Position $\overrightarrow{OG}$	$x(t)\ ;\ y(t)\ ;\ z(t)$	$OG = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$
Vitesse $\vec{v}$	$v_x = \frac{dx}{dt}\ ;\ v_y = \frac{dy}{dt}\ ;\ v_z = \frac{dz}{dt}$	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$ en m·s^{-1}
Accélération $\vec{a}$	$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$ (idem en y et z)	$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ en m·s^{-2}

Caractéristiques des vecteurs

- **$\vec{v}$:** direction = tangente à la trajectoire ; sens = celui du mouvement.
- **$\vec{a}$:** même direction et même sens que $\Delta\vec{v}$; toujours dirigé vers l'intérieur de la courbure de la trajectoire.

Sur un enregistrement :

$$\vec{v}(t_i) = \frac{\overrightarrow{G(t_i)G(t_{i+1})}}{t_{i+1} - t_i} \qquad \vec{a}(t_i) = \frac{\vec{v}(t_i) - \vec{v}(t_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}$$

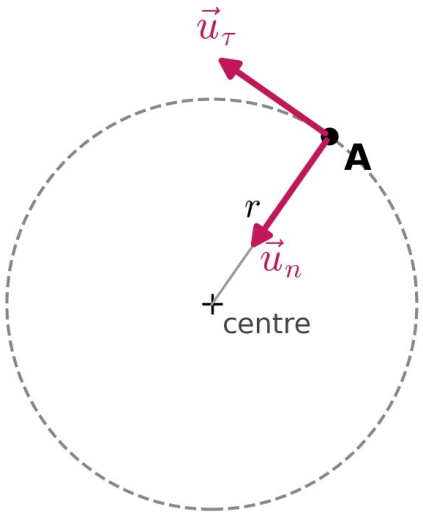
> 💡 **Astuce mémo**
> Vitesse = « ça bouge » (dérivée de la position) ; accélération = « ça change de vitesse ou de direction » (dérivée de la vitesse). Un mouvement circulaire a toujours une accélération, même à vitesse constante !

3 Les mouvements à connaître

Mouvement	Trajectoire	Vitesse v	Accélération $\vec{a}$
Rectiligne uniforme	droite	$\vec{v}$ constant	$\vec{a} = \vec{0}$
Rectiligne uniformément accéléré	droite	v augmente	$\vec{a}$ constant, même sens que $\vec{v}$
Rectiligne uniformément ralenti	droite	v diminue	$\vec{a}$ constant, sens opposé à $\vec{v}$
Circulaire uniforme (MCU)	cercle de rayon r	valeur v constante (la direction change)	dirigée vers le centre : $a = \frac{v^2}{r}$

Mouvement circulaire : le repère de Frenet (A ; $\vec{u}_n$, $\vec{u}_\tau$)

- **$\vec{u}_n$:** vecteur normal, dirigé vers le centre du cercle.
- **$\vec{u}_\tau$:** vecteur tangent à la trajectoire, dans le sens du mouvement.
- $\vec{v}$ a pour coordonnées (0 ; v) : la vitesse est toujours tangente.



Accélération :

$$\vec{a} = a_n\,\vec{u}_n + a_\tau\,\vec{u}_\tau$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} \qquad a_\tau = \frac{dv}{dt}$$

- **a_n** (accélération centripète) : change la direction de la vitesse.
- **a_τ** : change la valeur de la vitesse.

Si le mouvement est uniforme : v constante, donc $a_\tau = 0$ et $a = a_n = v^2/r$.

4 Les lois de Newton

Loi	Énoncé	Formule
1ère – Inertie	Dans un référentiel galiléen, si le système est isolé ou pseudo-isolé (forces qui se compensent), son centre d'inertie est immobile ou en MRU.	$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \iff \vec{v}$ constant

Loi	Énoncé	Formule
2ème – Théorème du centre d'inertie	Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures est égale à la dérivée de la quantité de mouvement $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$.	$\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ Si m constante : $\sum \vec{F} = m\,\vec{a}$
3ème – Actions réciproques (hors programme)	Si A exerce une force sur B, B exerce sur A une force de même direction, même norme, sens contraire.	$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Méthode pour résoudre un exercice de dynamique

1. Choisir le système (souvent le centre d'inertie G).
2. Choisir le référentiel et vérifier qu'il est galiléen.
3. Faire le bilan des forces extérieures (poids, réaction, frottements, tension…).
4. Appliquer la 2ème loi : $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$.
5. Projeter sur les axes du repère pour obtenir a_x, a_y… puis intégrer pour retrouver v(t) et x(t).