Fiche de synthèse n°8
Les lois de Newton en mécanique

1. La 1ère loi de Newton : *le principe d'inertie*

Énoncé de la première de loi de Newton

Dans un référentiel galiléen :

- Si un système est soumis à des forces qui se compensent, alors son centre d'inertie est au repos ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme.
- Réciproquement : si un système est au repos ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme, il est soumis à des forces qui se compensent.

Remarque :
La notion de référentiel galiléen est introduite dans l'activité 1 de la séquence 7. Il s'agit d'une notion complexe qui n'est pas exigible en 1ère. On retiendra que pour des expériences de laboratoire usuelles, les référentiels terrestre, géocentrique et héliocentrique peuvent être considérés comme galiléens.

Sens physique de la 1ère loi de Newton :

Cette loi énonce qu'aucune action extérieure n'est nécessaire pour entretenir un mouvement rectiligne uniforme. L'exercice d'une force non compensée sur un système n'a pas pour conséquence de maintenir mais de **modifier le vecteur-vitesse** du système.

Notion de « forces qui se compensent »

Mathématiquement, l'expression « les forces se compensent » signifie que la somme vectorielle ou **résultante** des forces exercées sur le système est égale au vecteur nul, ce que l'on peut écrire symboliquement :

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

Énoncé synthétique de la première loi de Newton

On peut donc écrire la première loi de Newton sous la forme condensée :

$$\boxed{\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \overrightarrow{v_G} \text{ constant}}$$

2. La 2ème loi de Newton ou *relation fondamentale de la dynamique*

Dans un référentiel galiléen : la résultante des forces exercées sur le système est égale au produit de sa masse et du vecteur-accélération de son centre d'inertie :

$$\boxed{\sum \vec{F} = m\vec{a}}$$

Sens physique de la 2ème loi de Newton :

- La deuxième loi énonce que des forces de résultante non nulle engendrent une accélération du système, soit une **modification de son vecteur vitesse**. Elle complète donc la première loi.
- La présence de la masse dans le terme de droite indique que pour des forces données, l'accélération est d'autant plus faible que la masse du système est élevée. Ceci correspond à l'affirmation « les effets d'une force sont d'autant moins grands que le système sur lequel elle s'exerce est grande ».

3. Un mouvement particulier : la chute libre verticale

3.1. Définition de la chute libre

La chute libre est un modèle qui n'est jamais exactement réalisé :

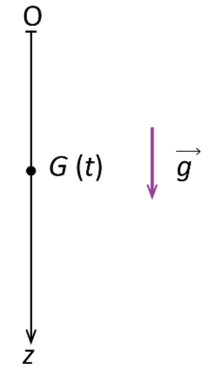
> Un système est en chute libre s'il n'est soumis qu'à une seule force : son poids.

Le modèle de la chute libre est pertinent pour décrire les chutes d'objets sur lesquels les forces exercées autres que le poids ont des valeurs négligeables.

Modélisation de la situation étudiée

On étudie le mouvement d'un objet de masse m, lâché sans vitesse initiale au-dessus du sol terrestre. On modélise donc ainsi la situation :

- l'instant où l'objet est lâché est pris comme origine des dates : $t = 0$;
- aux dates ultérieures $t \geq 0$ on suppose que la seule force qui s'exerce sur lui est son poids $\vec{P} = m\vec{g}$;
- sa position initiale est prise comme origine du repère utilisé pour étudier son mouvement ;
- comme le mouvement est vertical on utilise un repère à une dimension, d'axe Oz vertical et orienté vers le bas.



$G(t)$ représente la position du centre d'inertie du système en chute libre à l'instant t

3.2. Accélération du système en chute libre

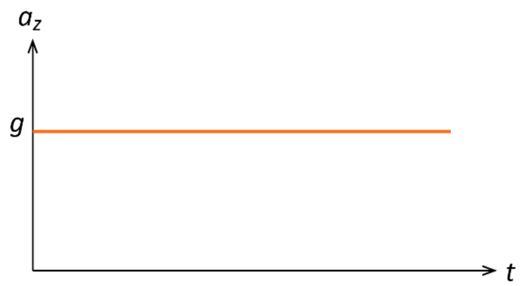
L'application de la 2ème loi de Newton au système en chute libre donne :

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$	(énoncé de la deuxième loi de Newton)
$\vec{P} = m\vec{a}$	(car le système est en chute libre)
$m\vec{g} = m\vec{a}$	(en tenant compte de l'expression du poids)
$\vec{g} = \vec{a}$	(en simplifiant par m)

Le vecteur-accélération du système en chute libre est égal au champ de pesanteur terrestre. Il est indépendant de la masse du système.

On obtient ainsi la valeur de la coordonnée verticale du vecteur-accélération, qui est aussi la valeur de l'accélération (le vecteur $\vec{a}$ étant vertical et dans le sens de l'axe choisi) :

$$a_z = g$$



3.3. Vitesse du système en chute libre

Exploitation de la relation entre vitesse et accélération :

On sait que le vecteur-accélération est dérivé du vecteur-vitesse. Ici cela se traduit par la relation :

$$a_z = \frac{dv_z}{dt}$$

La coordonnée v_z du vecteur-vitesse est donc **la fonction primitive** de a_z, soit : $v_z(t) = gt + C$

C étant une constante indépendante du temps.

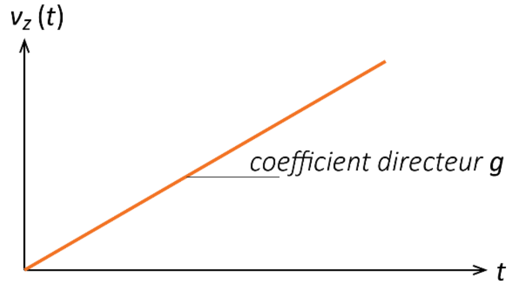
Exploitation de la condition initiale

Pour déterminer la valeur de cette constante on exploite la valeur initiale de la vitesse du système. Comme celui-ci est supposé avoir été lâché sans vitesse initiale on a : $v_z(0) = 0$.

L'expression précédente de $v_z(t)$ donne donc, à la date $t = 0$: $v_z(0) = 0 + C = 0 \Leftrightarrow C = 0$

On a donc :

$$v_z(t) = gt$$



Remarque : la coordonnée v_z du vecteur-vitesse correspond à la valeur de la vitesse, puisque le mouvement est à une dimension et dans le sens de l'axe choisi pour l'étudier.

3.4. Position du système en chute libre

Exploitation de la relation entre vecteurs-position et vecteur-vitesse :

On sait que le vecteur-vitesse est dérivé du vecteur-position. Ici cela se traduit par la relation :

$$v_z = \frac{dz}{dt}$$

La coordonnée z du vecteur-position est donc **la fonction primitive** de v_z, soit : $z(t) = \frac{1}{2}gt^2 + C'$

C' étant une constante indépendante du temps.

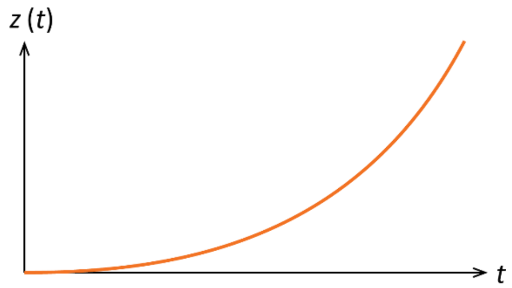
Exploitation de la condition initiale

Pour déterminer la valeur de cette constante C' on exploite la position initiale du système. Comme celle-ci définit l'origine du repère choisi, on a : $z(0) = 0$.

L'expression précédente de $z(t)$ donne donc, à la date $t = 0$: $z(0) = 0 + C' = 0 \Leftrightarrow C' = 0$

On a donc :

$$z(t) = \frac{1}{2}gt^2$$



Remarque : la chute étant verticale et compte-tenu de l'origine du repère choisi, la coordonnée z du vecteur-position correspond à la valeur de la distance parcourue par le système en chute libre depuis la date où il a été lâché.