

UE CMP

Concepts et Méthodes de la Physique

Cours 8

I – Les deux premières lois de la dynamique, les questions ouvertes, et la pesanteur

II – Ressort, interactions, mesurer la force de pesanteur

L'équilibre

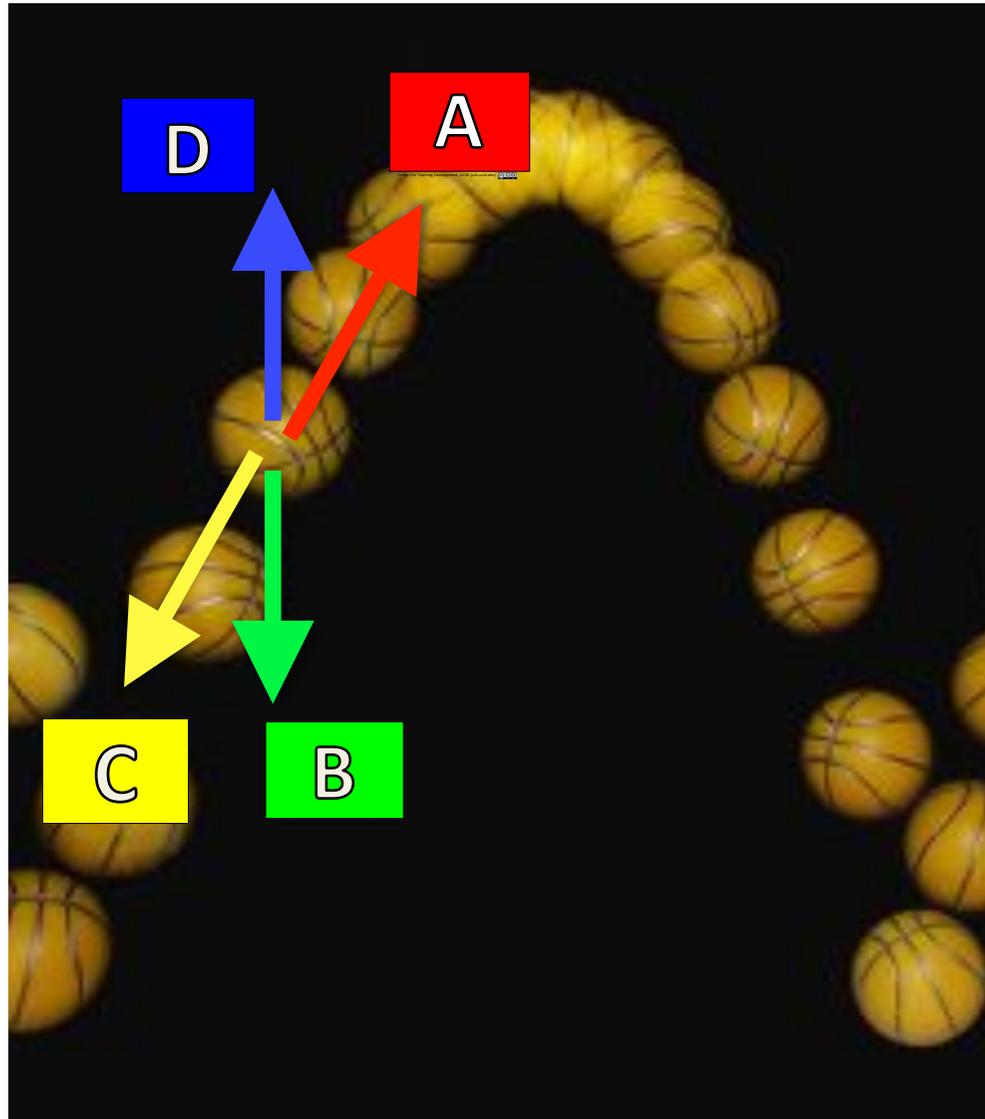
Le troisième principe

La question de la dynamique : introduction

Question Flash Card

La balle est lancée depuis la gauche de la photographie.

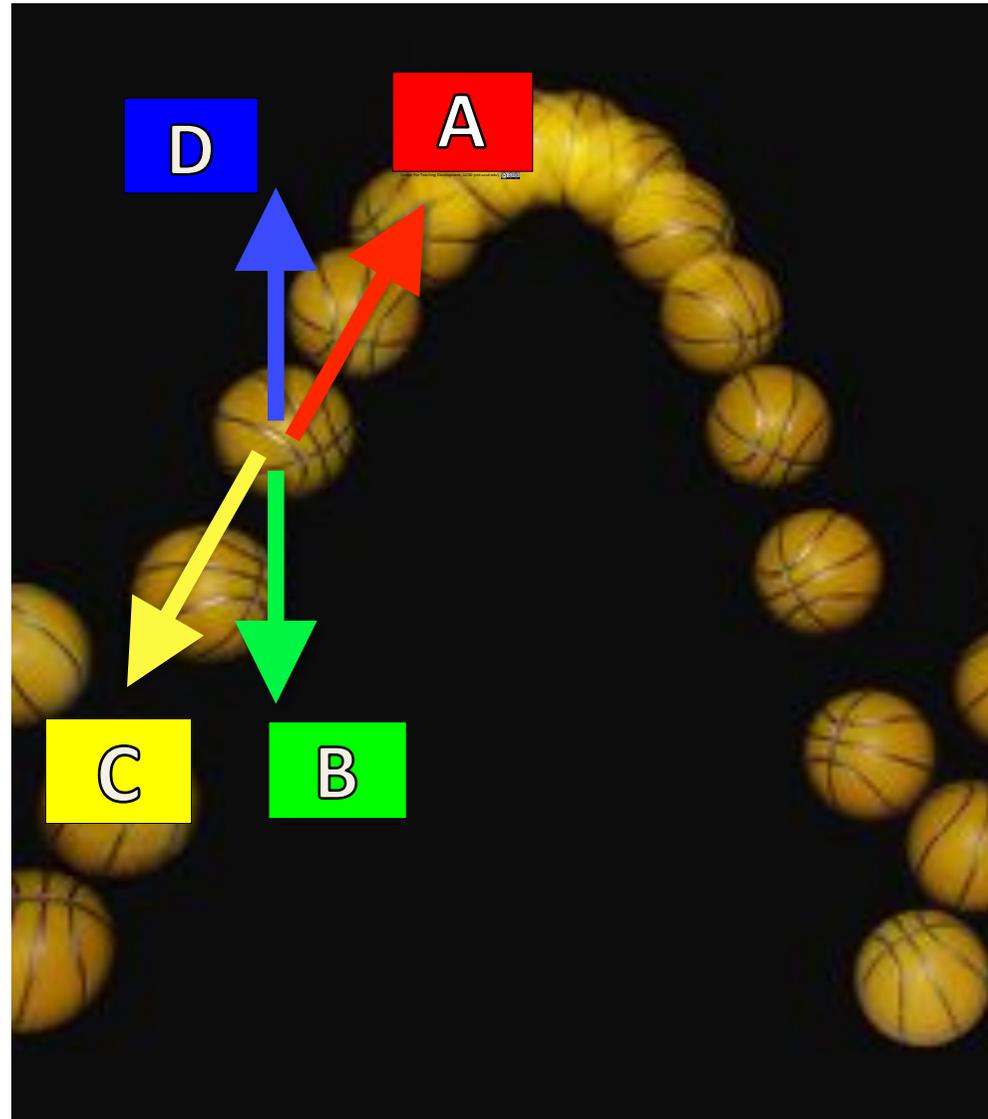
Quel vecteur peut représenter sa **vitesse** ?



Question Flash Card

La balle est lancée depuis la gauche de la photographie.

Quel vecteur peut représenter son **accélération** ?



Les trois lois de la dynamique

Première loi de Newton

PRINCIPE D'INERTIE : Il existe une classe de référentiels en translation uniforme les uns par rapport aux autres, appelés *galiléens* ou *inertiels*, dans lesquels **tout point matériel isolé** (c'est à dire sur lequel s'exerce une **résultante des forces nulle**) est **soit au repos soit en translation rectiligne uniforme** : $\vec{v} = \text{cte.}$

FILM : un test en apesanteur



<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/diypodcast/nl-video-index.html>

Les trois lois de la dynamique

Deuxième loi de Newton

PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE : Dans un référentiel *inertiel* un corps de masse m constante subit une **accélération proportionnelle à la résultante des forces extérieures** qui s'exercent sur lui **et inversement proportionnelle à sa masse m** :

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

FILM : un test en apesanteur



<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/diypodcast/nl-video-index.html>

Les lois de la dynamique : questions ouvertes

ce qu'il nous reste à faire :

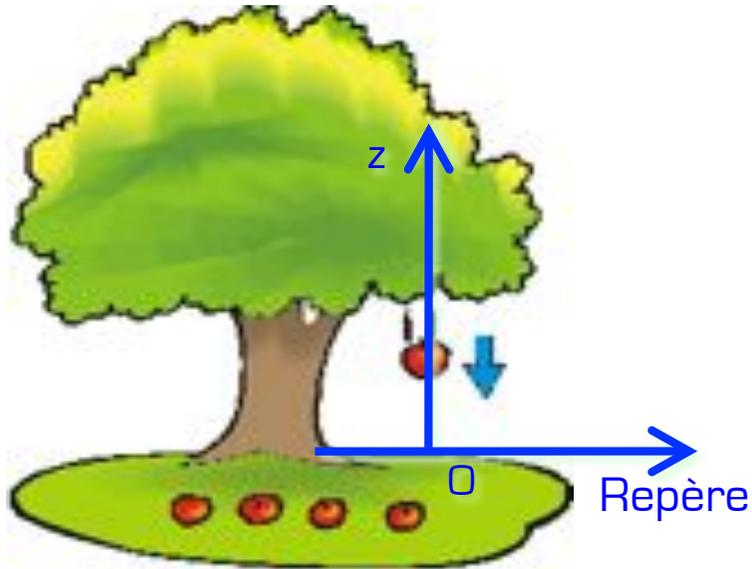
équilibre des forces,

action et réaction (3^{ème} principe),



- comparer des forces entre elles
- définir une force à partir d'une autre
- autrement dit savoir *mesurer* une force

Forces : Pesanteur



Chute libre

$$z(t) = z_0 - \frac{1}{2} g t^2$$

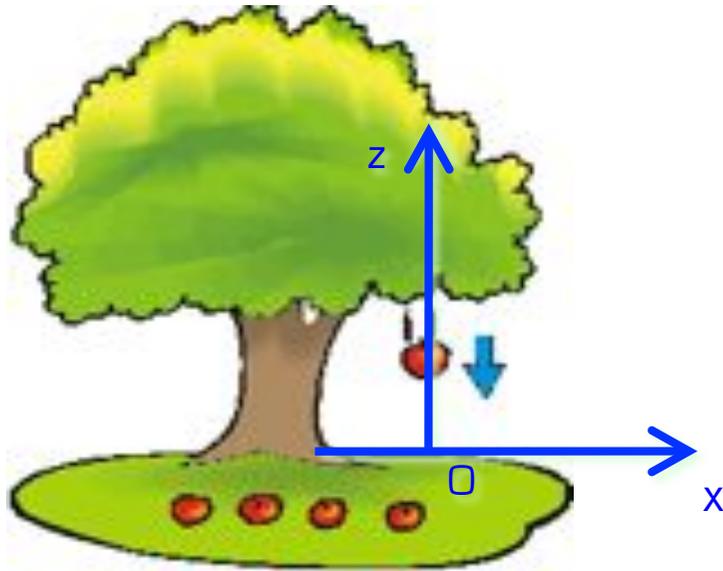
$$v_z(t) = - g t$$

$$a_z(t) = - g$$

Expériences :

- chute de 2 masses différentes
- tube de Newton

Forces : Pesanteur



vecteur accélération :

$$\vec{a} = (0, 0, -g)$$

Force de la pesanteur (près de la surface de la terre) :

$$\vec{F} = m \vec{a} = (0, 0, -mg) :$$

$\|F\| = mg$: amplitude constante (ne dépend pas de t)
et uniforme (ne dépend pas de la position)

vecteur dirigé verticalement et vers le bas

Forces : Pesanteur

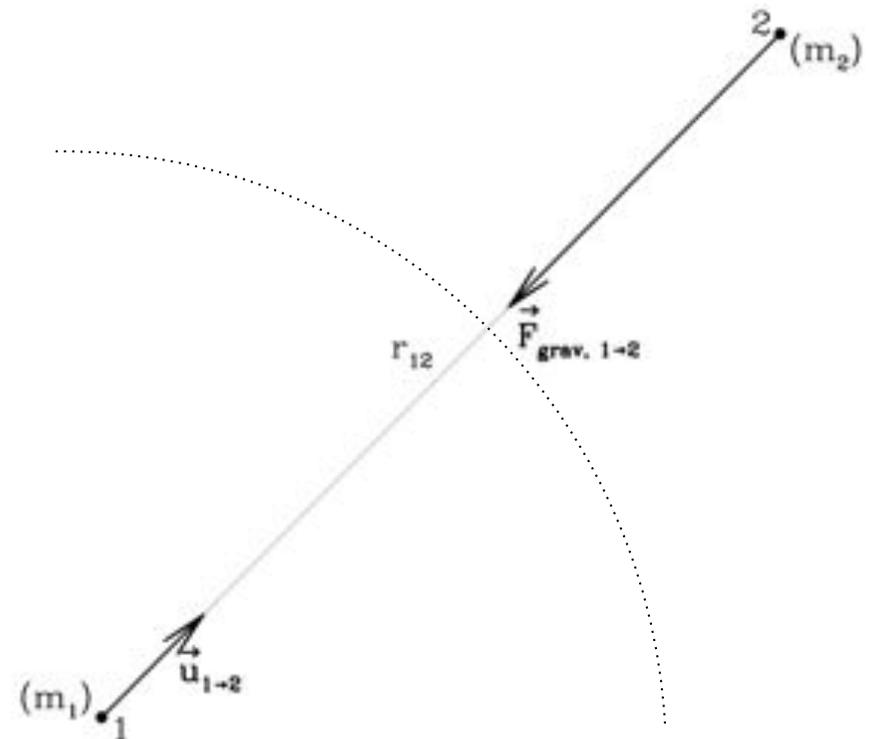
Mais, mais ...

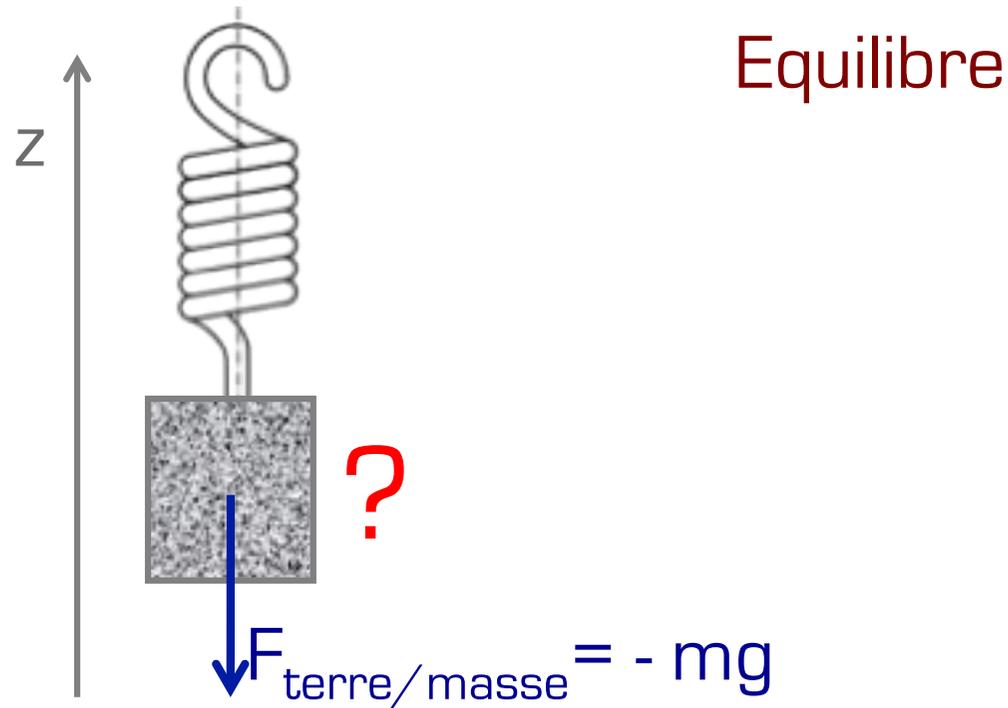
$$\vec{F}_{\text{grav},1 \rightarrow 2} = -\frac{G m_1 m_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{1 \rightarrow 2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ S.I.}$$

$$r_{12} = r_{\text{terre}} + h \approx r_{\text{terre}}$$

$$\text{si } h \ll r_{\text{terre}} = 6400 \text{ km}$$





EQUILIBRE = objet au repos :

Condition d'équilibre d'un système ponctuel :

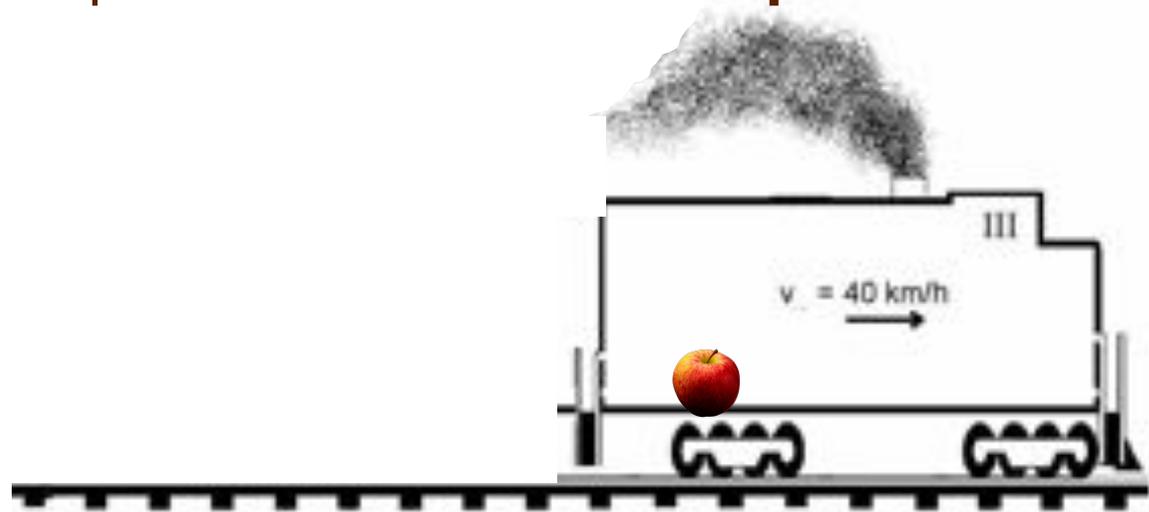
Dans un référentiel *inertiel*, un système ponctuel est à l'équilibre

- si la résultante des forces extérieures qui s'applique sur lui est nulle et

- si sa vitesse est nulle.

Question Flash Card

Une pomme est posée sur un train qui voyage à vitesse constante. La pomme est-elle **au repos** ?

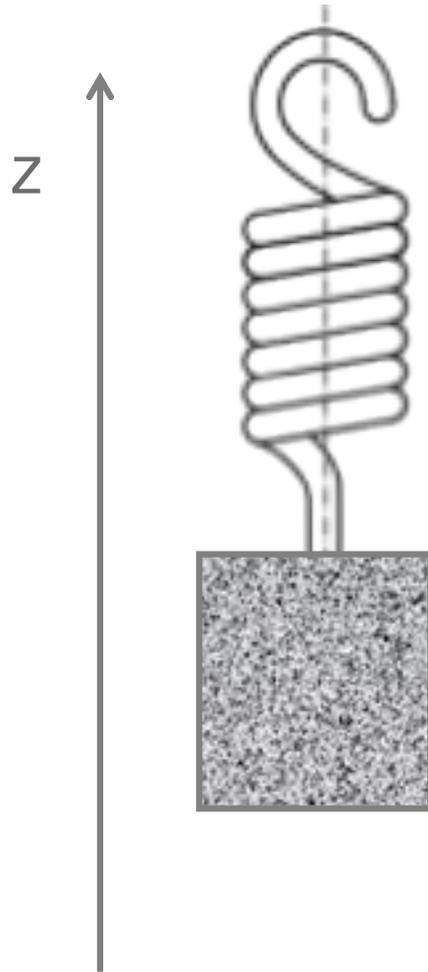


- A. OUI
- B. NON
- C. La question est mal posée

REM : Si $\mathbf{F}_{\text{tot}} = 0$, on peut toujours trouver un référentiel dans lequel l'objet est à l'équilibre !

Equilibre

Diagramme Objet Interaction (DOI)



→ faire l'inventaire de tous les objets concernés

masse

ressort

terre

→ faire l'inventaire de toutes les interactions entre objets :

- interactions directes dites *de contact* :

trait plein ———

- interactions indirectes dites *à distance* :

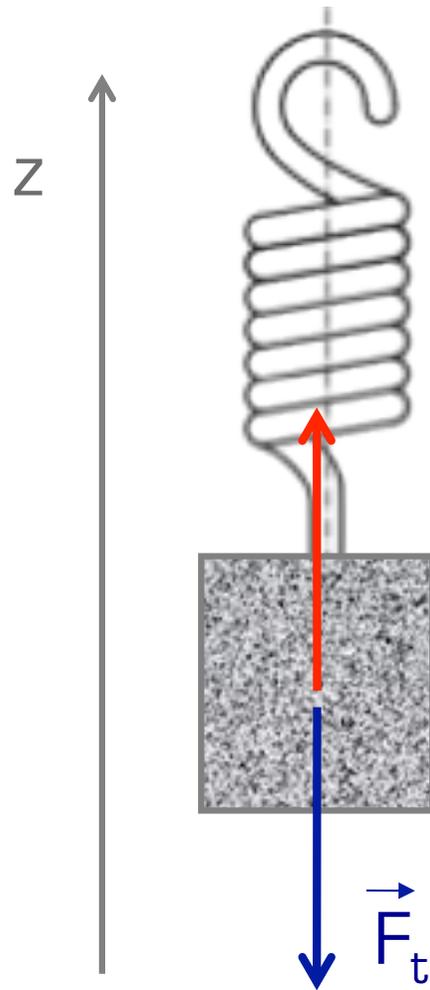
trait pointillé - - - - -

→ entourer sur le diagramme le système étudié.

Equilibre

Schéma :

indiquer tous les vecteurs forces



La masse est au repos

⇒ à l'équilibre

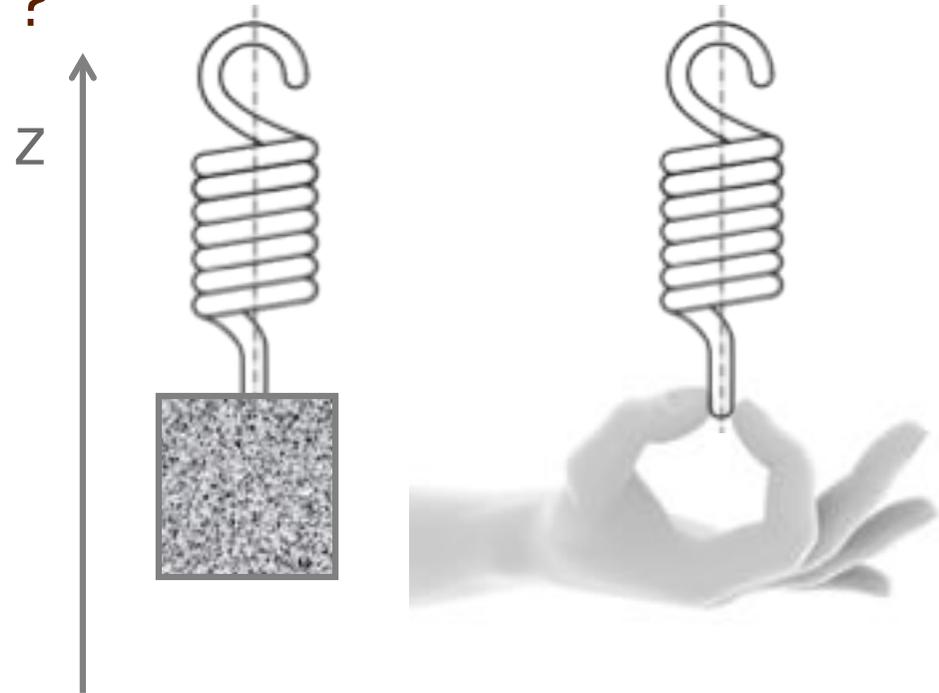
$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{tot}} = 0$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{\text{ressort/masse}} = - \vec{F}_{\text{terre/masse}}$$

$$\vec{F}_{\text{terre/masse}} = - m\vec{g} \quad \Rightarrow \quad \vec{F}_{\text{ressort/masse}} = + m\vec{g}$$

Question Flash Card

La force que la main/masse exerce sur le ressort est-elle la même que celle que le ressort exerce sur la main/masse ?



A

OUI

B

NON

C

On n'a pas assez d'éléments pour répondre

Le 3ème principe :

3ème principe ou PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES :

soient deux systèmes ponctuels S1 et S2 et soit $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ la force exercée par S1 sur S2.

Alors S2 exerce une force $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sur S1 et l'on a :

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = - \vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

Appelé aussi principe d'action et réaction :

« Pour chaque **action**, il existe une **réaction** égale et opposée »

REM : On ne parle pas d'équilibre :

cette relation est **toujours** réalisée, même s'il y a une dynamique !

Les trois lois de la dynamique

Troisième loi de Newton

PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES (action et réaction):

soient deux systèmes ponctuels S1 et S2 et soit $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ la force exercée par S1 sur S2.

Alors S2 exerce une force $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sur S1 et l'on a : $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = - \vec{F}_{2 \rightarrow 1}$

Appelé aussi principe d'action et réaction :

« Pour chaque **action**, il existe une **réaction** égale et opposée »

REM : On ne parle pas d'équilibre :

cette relation est **toujours** réalisée, même s'il y a une dynamique !

Les trois lois de la dynamique

Troisième loi de Newton

PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES (action et réaction):

soient deux systèmes ponctuels $S1$ et $S2$ et soit $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ la force exercée par $S1$ sur $S2$.

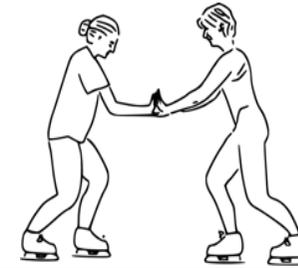
Alors $S2$ exerce une force $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sur $S1$ et l'on a : $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = - \vec{F}_{2 \rightarrow 1}$

FILM : un test en apesanteur



Le 3ème principe :

Action et réaction – Exemple : patineurs



https://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=WvExCwm_ThE

Que voyez-vous ?

Les trois lois de la dynamique

Troisième loi de Newton

PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES (action et réaction):

soient deux systèmes ponctuels $S1$ et $S2$ et soit $\vec{F}_{1 \rightarrow 2}$ la force exercée par $S1$ sur $S2$.

Alors $S2$ exerce une force $\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ sur $S1$ et l'on a : $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = - \vec{F}_{2 \rightarrow 1}$

FILM : un test en apesanteur



<http://www.nasa.gov/audience/foreducators/diypodcast/nl-video-index.html>

Question Flash Card

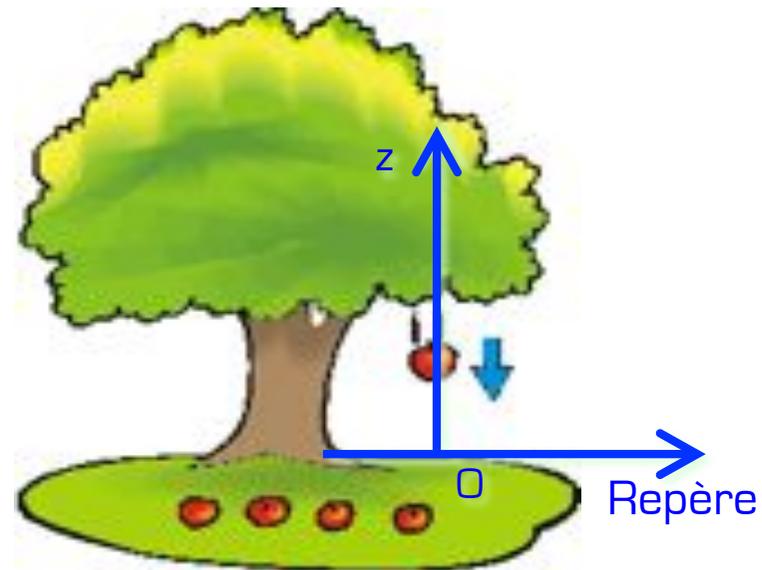
Chute libre : La force exercée par la pomme sur la terre **lorsqu'elle encore accrochée à la branche** (avant de tomber) est égale à

A - $m_{\text{pomme}} g$

B + $m_{\text{pomme}} g$

C 0

D on n'a pas assez d'éléments pour répondre



Question Flash Card

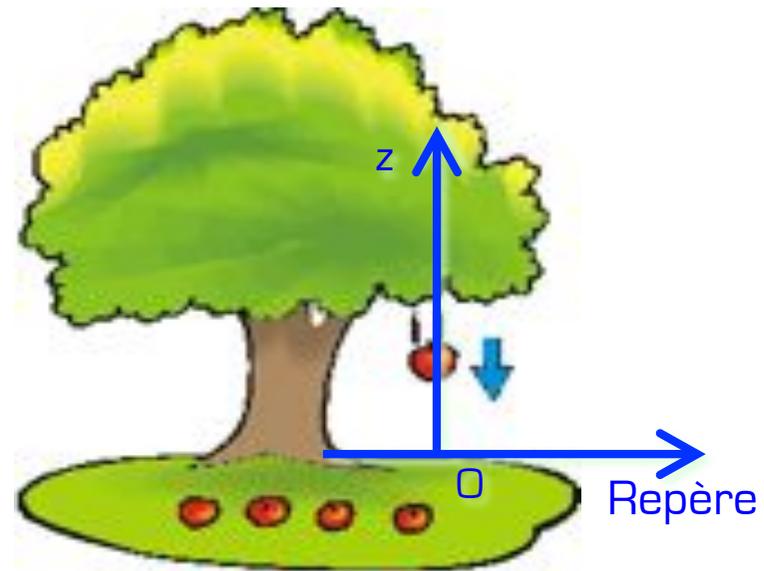
Chute libre : La force exercée par la pomme sur la terre pendant la chute est égale à

A $- m_{\text{pomme}} g$

B $+ m_{\text{pomme}} g$

C 0

D $+ m_{\text{terre}} g$



La force d'un ressort

Force exercée par un ressort :

$$\vec{F} = -k \Delta x \vec{u}_x$$

où $\Delta x = \text{allongement} = x - x_0$

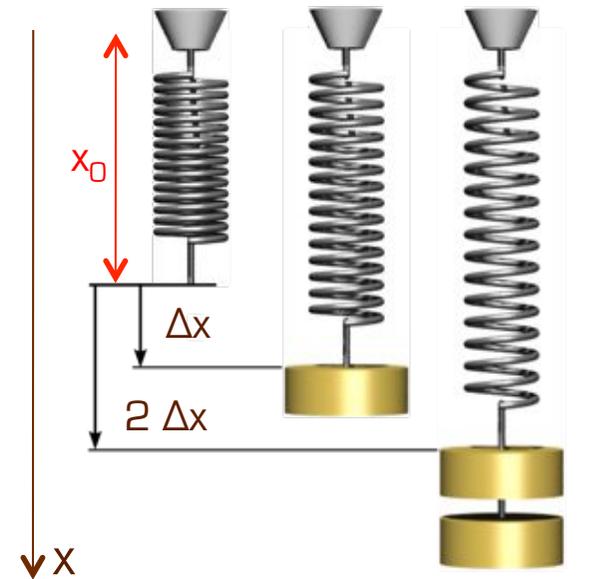
x_0 longueur au repos (ressort non étiré ni comprimé)

donc:

$$||\vec{F}|| = k \Delta x ,$$

direction opposée à Δx

$k = \text{constante de raideur du ressort (dépend du ressort considéré)}$



REM : aussi en compression

La force d'un ressort



dynamomètre : un ressort étalonné
pour mesurer des forces

Force :

Dimensions :

$$[F] = [ma] = ?$$

Unité : Newton (N)

$$1 \text{ N} = ?$$

$$[k] = ?$$

La force d'un ressort



dynamomètre

Force :

Dimensions :

$$[F] = [ma] = \text{MLT}^{-2}$$

Unité : Newton (N)

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m s}^{-2}$$

$$[k] = \text{MT}^{-2}$$

Résumé

1. référentiels inertiels
2. objets, interactions, choix du système
3. forces (vecteurs)
4. action et réaction : force de A sur B égale à celle de B sur A

Question centrale de la dynamique :
déterminer la dynamique d'un objet = déterminer son mouvement,
prédire l'évolution de sa position

Plusieurs cas possibles :

- a. repos : l'objet ne bouge pas ($v = 0$)
 - b. mouvement rectiligne uniforme ($v = \text{cte}$)
- } $a = 0 \leftrightarrow F = 0$
- c. tout autre mouvement où v varie $\rightarrow a \neq 0 \leftrightarrow F \neq 0$
(en norme, en direction, les deux...)
- quoi faire ?