

# Le MRUA :-)

$$\vec{g} = \begin{bmatrix} 0 \\ -9,81 \end{bmatrix}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

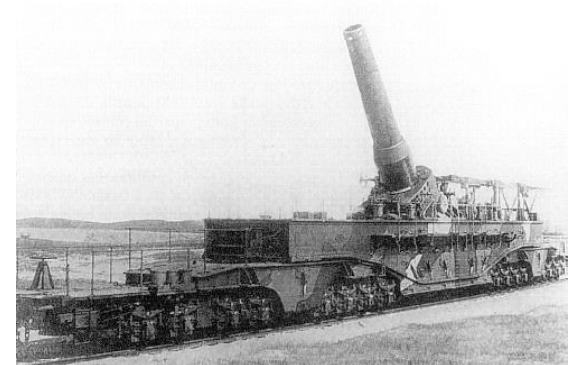


$$\vec{x}(t) : \begin{bmatrix} x(t) \\ y(t) \end{bmatrix}_{xy} = \begin{bmatrix} u_0 t + x_0 \\ -gt^2/2 + v_0 t + y_0 \end{bmatrix}_{xy}$$

$$\vec{v}(t) : \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \end{bmatrix}_{xy} = \begin{bmatrix} u(t) \\ v(t) \end{bmatrix}_{xy} = \begin{bmatrix} u_0 \\ -gt + v_0 \end{bmatrix}_{xy}$$

$$\vec{a}(t) : \begin{bmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{bmatrix}_{xy} = \begin{bmatrix} 0 \\ -g \end{bmatrix}_{xy}$$

**La description mathématique du mouvement d'un projectile sous l'effet de la gravité en négligeant la friction de l'air et des tas d'autres effets rigolos comme la rotation de la terre...**



# En général

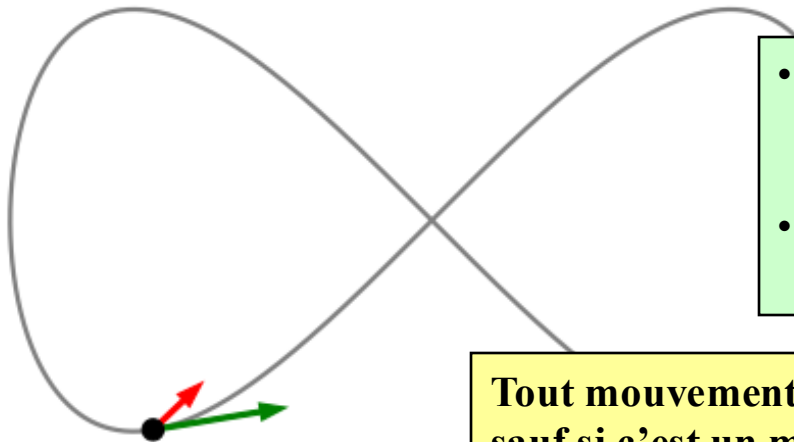
$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \frac{dx}{dt}(t) \vec{e}_x + \frac{dy}{dt} \vec{e}_y$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \frac{dv_x}{dt}(t) \vec{e}_x + \frac{dv_y}{dt} \vec{e}_y$$

vitesse  $\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt}$

accélération  $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}$

Ne pas oublier !



- La vitesse instantanée est tangente à la trajectoire !
- L'accélération correspond à un changement de norme et/ou de direction de la vitesse !

**Tout mouvement présente toujours une accélération, sauf si c'est un mouvement rectiligne uniforme.**

**C'est dû au changement de direction ou du module de la vitesse !**

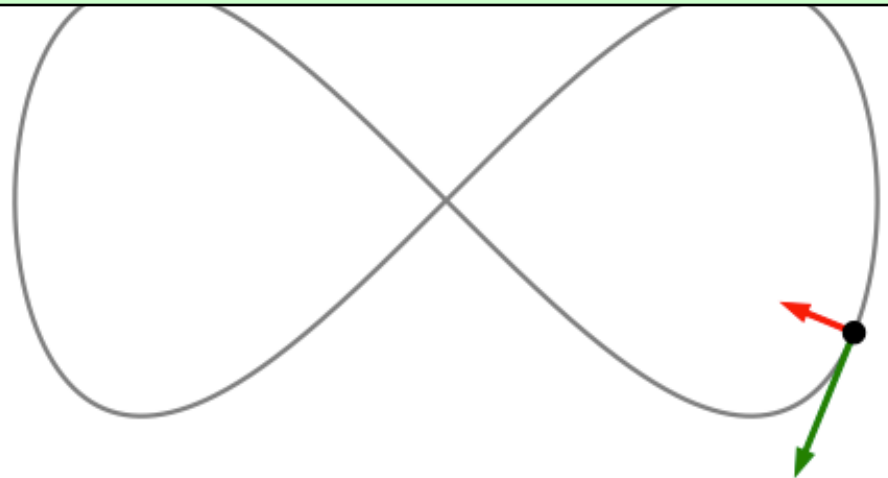
$$\frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \vec{v}(t)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \vec{a}(t)$$

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

- La position, la vitesse, l'accélération, les forces sont des vecteurs !  
Il faut donc bien maîtriser l'algèbre vectorielle !
- A l'exception du mouvement rectiligne à vitesse constante, tout autre type de mouvement présente une **accélération centripète** due au changement de direction et/ou de norme de la vitesse.

Ne pas oublier !



$$\frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \vec{v}(t)$$

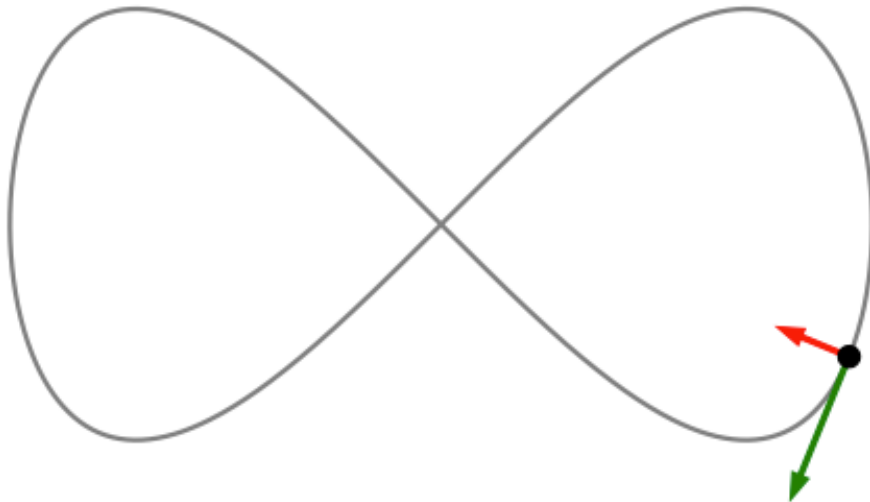
$$\frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \vec{a}(t)$$

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

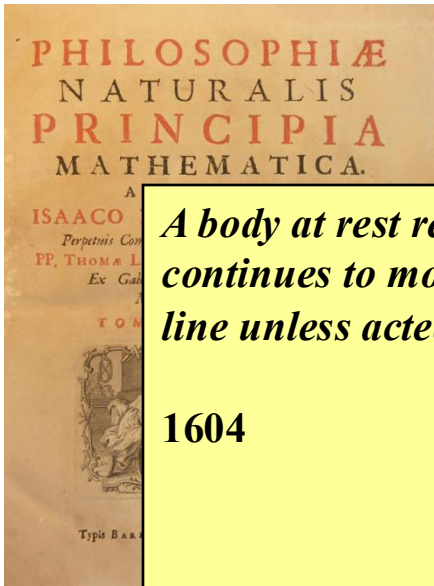
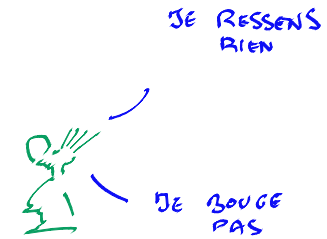
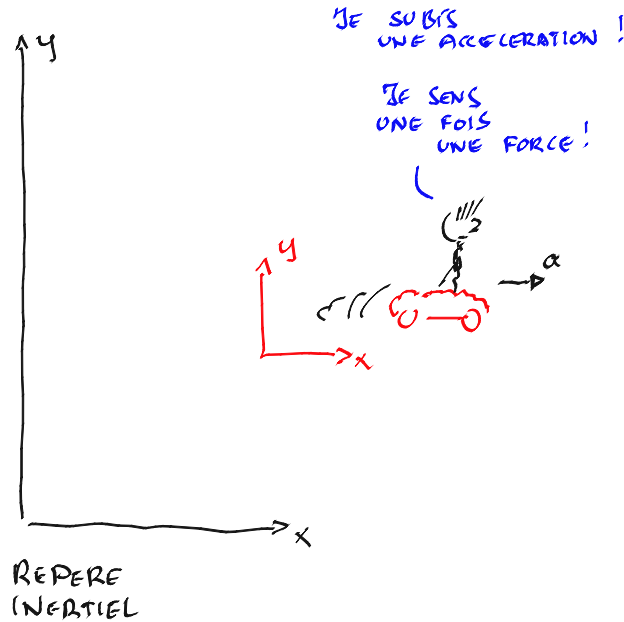
**La cinématique est la description mathématique des mouvements sans se soucier de leur origine !**

**Le mouvement est décrit par des vecteurs dont les composantes sont des fonctions du temps**

# Cinématique



# La première loi de Newton



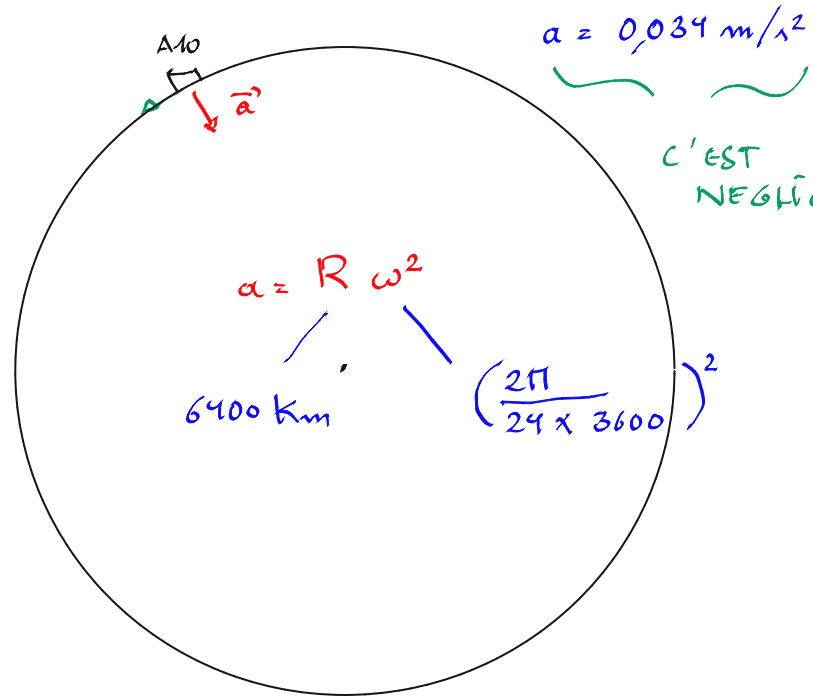
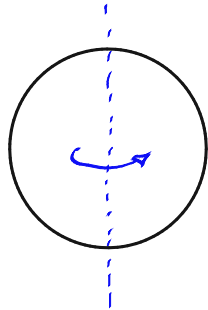
*A body at rest remains at rest and a body in motion continues to move at constant velocity along a straight line unless acted upon by an external force...*

1604



A10 : est-ce un repère inertiel ?

LA TERRE AUTOUR D'ELLE MÊME  
LA TERRE TOURNE AUTOUR DU SOLEIL  
LE SOLEIL ROUGE DANS LA VOIE LACTÉE



C'EST  
15 X PLUS PETIT  
QUE L'EFFET  
DE LA ROTATION  
DE LA TERRE

$$\frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \vec{v}(t)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \vec{a}(t)$$

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

# Dynamique

La dynamique explique le mouvement des corps en faisant appel aux notions de **forces** et de **masses**.

**Théorie de Newton :**  
**Principae, 1687**

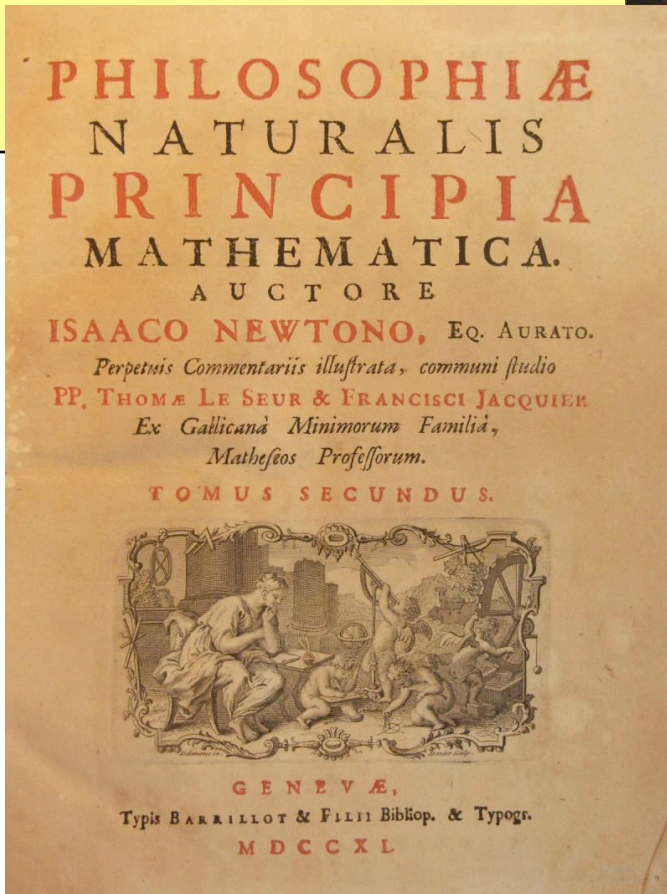


*Every body perseveres in its state of rest or of uniform motion in a right line unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it...*

Principae, 1687



# Newton



*A body at rest remains at rest and a body in motion continues to move at constant velocity along a straight line unless acted upon by an external force...*

1604

# Galileo





$$\frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \vec{v}(t)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \vec{a}(t)$$

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

**La cinématique est la description mathématique des mouvements sans se soucier de leur origine !**

**Le mouvement est décrit par des vecteurs dont les composantes sont des fonctions du temps**

# Cinématique

# Dynamique

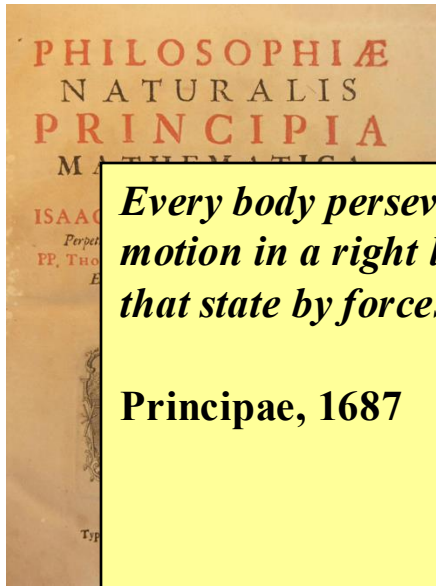
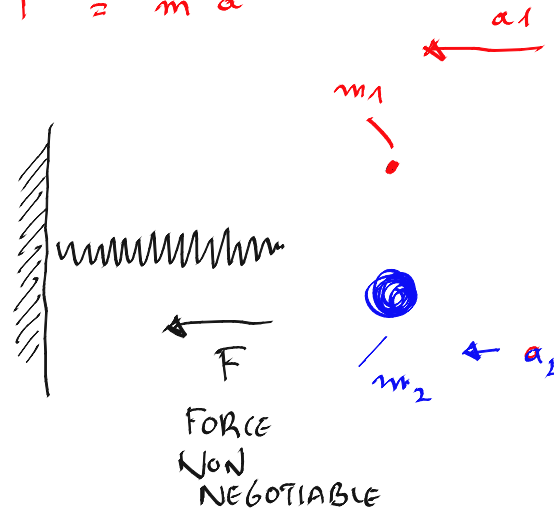
**La dynamique explique le mouvement des corps en faisant appel aux notions de **forces** et de **masses**.**

**Théorie de Newton :  
Principae, 1687**



# La seconde loi de Newton

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

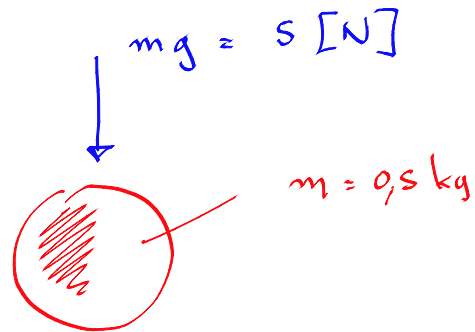


*Every body perseveres in its state of rest or of uniform motion in a right line unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it...*

Principiae, 1687



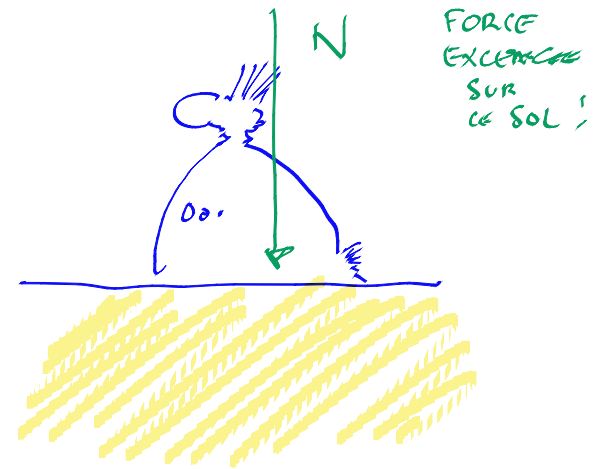
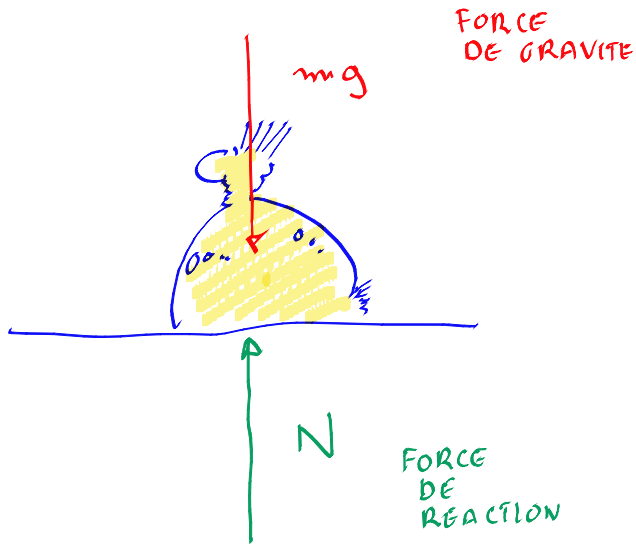
# Force de gravité !



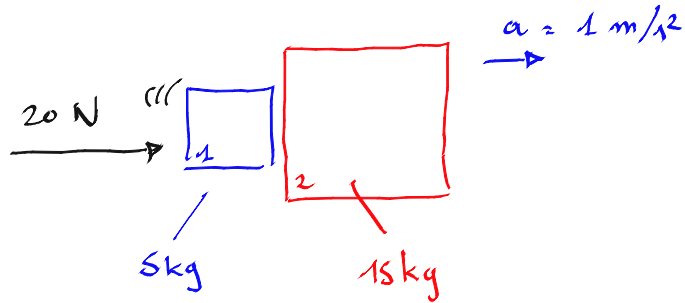
$$F = \underset{\substack{0,5 \\ \text{kg}}}{m} \underset{10 \text{ m/s}^2}{g} = 5 \left[ \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right] = [\text{N}]$$

# La troisième loi

Action = réaction !

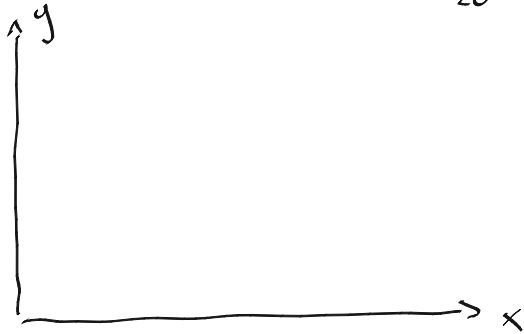


## Un petit exemple



$$F = (m_1 + m_2) a$$

20 /  $\underbrace{m_1 + m_2}_{20 = m}$



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

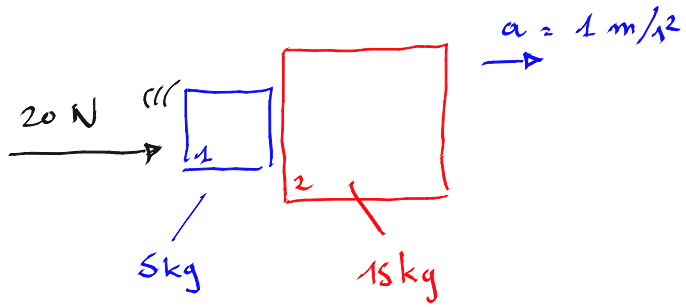
$$\begin{bmatrix} 20 \\ 0 \end{bmatrix} = m \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} 20 = m a_x \\ 0 = m a_y \end{cases}$$

$$\vec{a} = \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

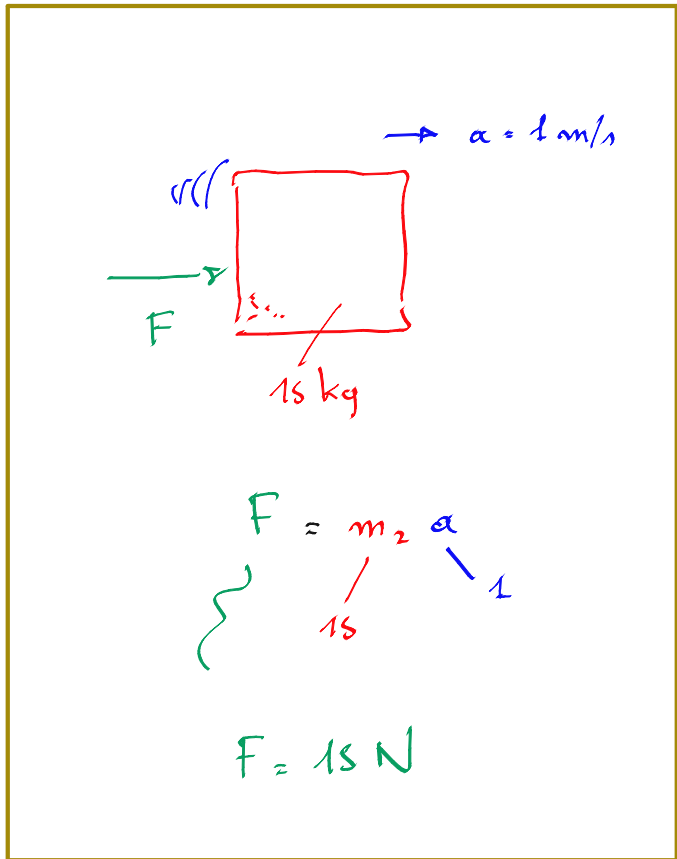
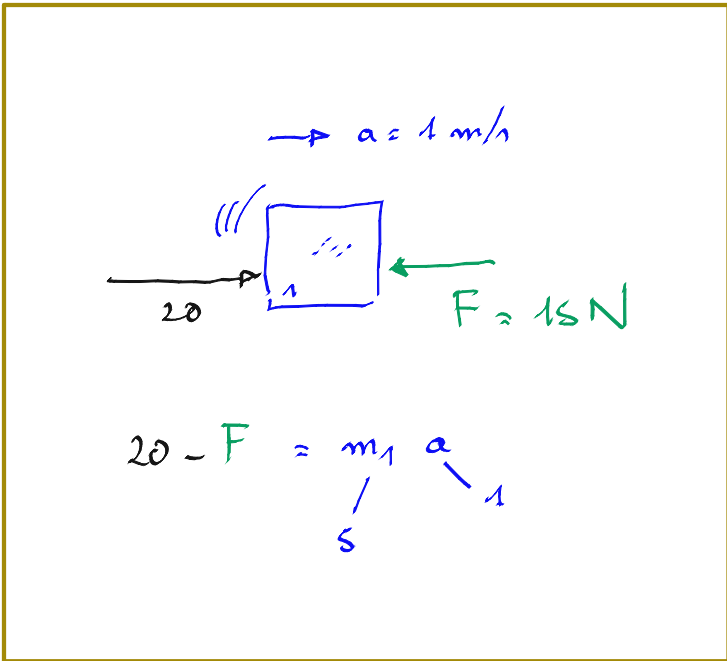
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 1$$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 20$$

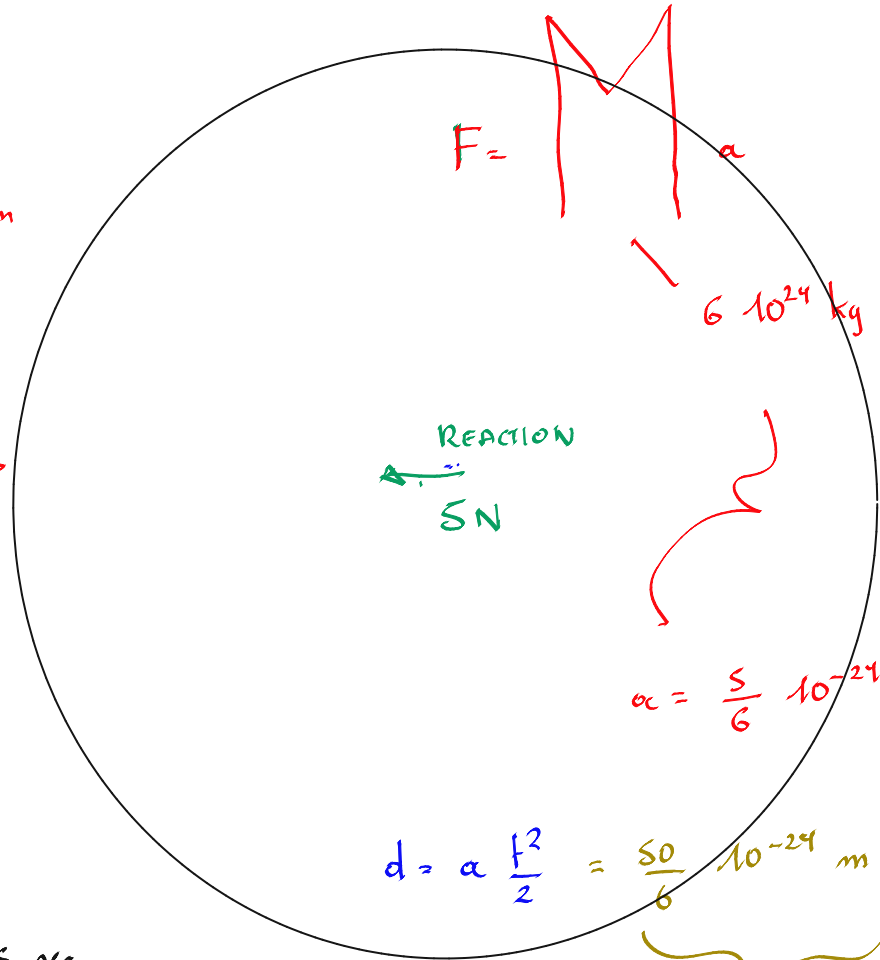
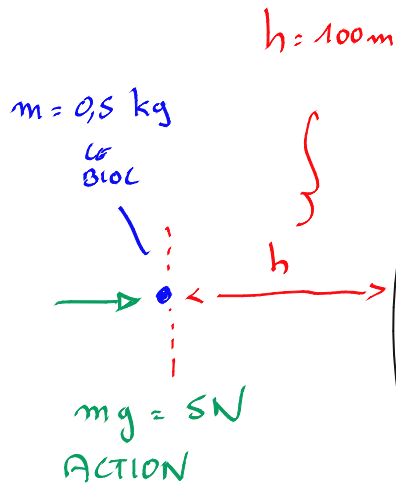


$$F = (m_1 + m_2) a$$

$\swarrow$                        $\swarrow$                        $\swarrow$   
 20                      20 = m                      1



# Un truc rigolo !



$$y(t) = h - g \frac{t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{20} \approx 4,5 \text{ sec}$$

$$\frac{t^2}{2} = \frac{h}{g} \approx \frac{100}{10}$$

C'EST PAS MESURABLE

### Première loi de Newton

Dans un référentiel galiléen, tout corps conserve son état de repos ou son mouvement rectiligne uniforme si la résultante des forces extérieures agissant sur le corps est nulle.

### Seconde loi de Newton

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

Dans un référentiel galiléen, la résultante des forces agissant sur une particule de masse  $m$  produit une accélération de même orientation !

Le coefficient de proportionnalité est l'inverse de la masse.

La première loi de Newton n'est donc qu'un cas particulier de la seconde loi :-)

### Troisième loi de Newton

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

La force exercée par un objet  $B$  sur un objet  $A$  est égale en module et de sens opposé à la force exercée par l'objet  $A$  sur l'objet  $B$ .

# Les 3 lois de Newton





# Masse

# Forces

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

Une mesure de la quantité de matière ?  
Ou plutôt une indication de la  
difficulté de faire varier la vitesse d'un  
corps en y appliquant une force.

Les forces ne sont pas visibles, mais  
leurs effets le sont... Il y a des forces  
de contact et des forces à distances.

scalaire

vecteurs !

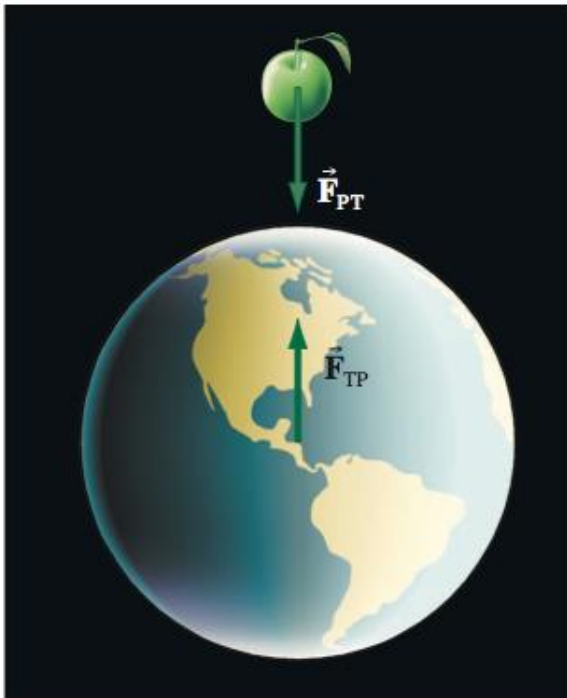
Isaac Newton  
Principae, 1687



### Troisième loi de Newton

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

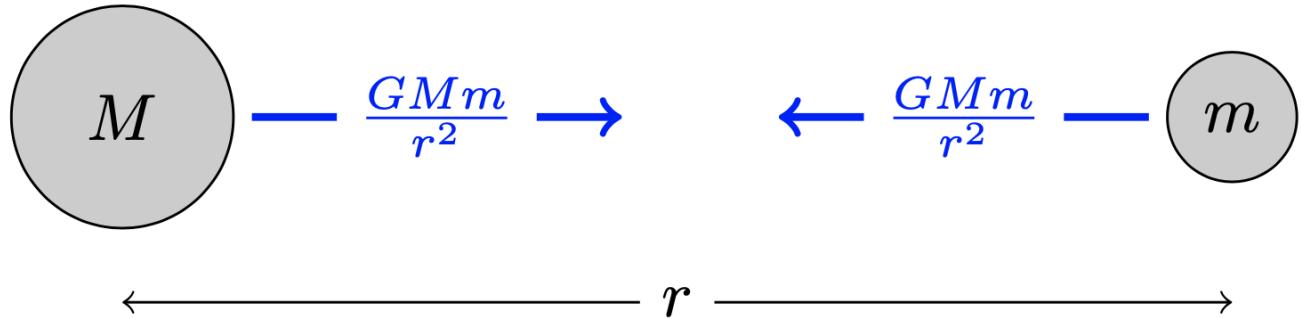
La force exercée par un objet  $B$  sur un objet  $A$  est égale en module et de sens opposé à la force exercée par l'objet  $A$  sur l'objet  $B$



# Action Réaction

Une force n'est jamais isolée

Les forces apparaissent toujours comme des **paires action-réaction.**

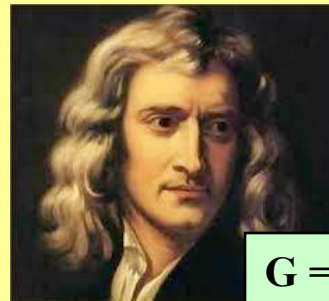


# Théorie de la gravitation universelle

$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

Il s'agissait ensuite d'imaginer une force qui permet d'expliquer le mouvement des planètes autour du soleil...

C'est ce qu'a fait Isaac en 1687.



$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

constante universelle de gravitation

Google

constante universelle de gravitation

Tous Images Vidéos Livres Actualités Plus Outils

Environ 87 800 résultats (0,38 secondes)

G : constante de gravitation universelle ( $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ).

Assistance scolaire personnalisée  
<https://www.assistancescolaire.com> ; reviser-une-notion ;

La loi de la gravitation universelle

À propos des extraits

Autres questions :

Quelle est la valeur de G ?

Est-ce que G est constante ?

Quelle est la valeur de la constante de gravitation universelle ?

Comment s'appelle la constante G ?

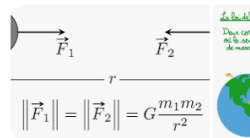
Commentaires

Constante grav

En physique, la constante connue comme la constante notée G, est la constante universelle de la gravitation.

**Base SI** : mètre cube par la carrée  $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

**Dimension** :  $\text{M}^{-1} \cdot \text{L}^3 \cdot \text{T}^{-2}$



$$F = \frac{G M_{\text{terre}} m}{R_{\text{terre}}^2} = mg$$



$$R_{\text{terre}} = 6371 \text{ km}$$

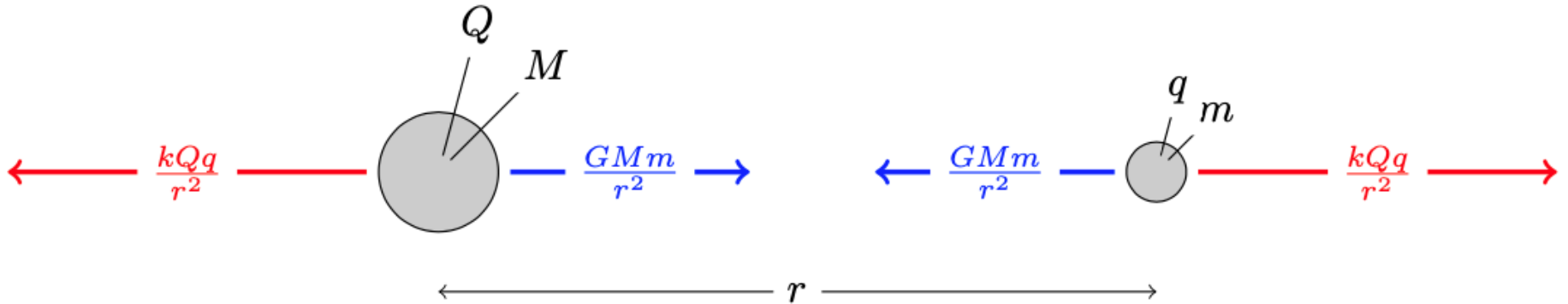
$$M_{\text{terre}} = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

La force de gravité = mg

# La force de Coulomb...

$$F = \frac{kQq}{r^2}$$

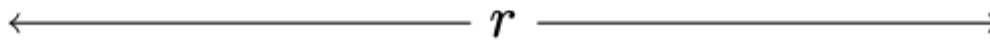
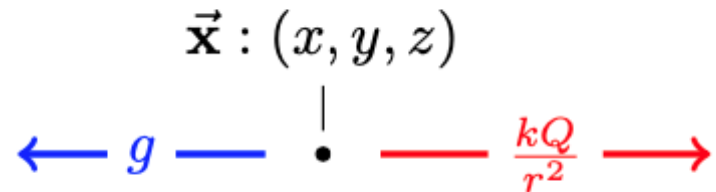
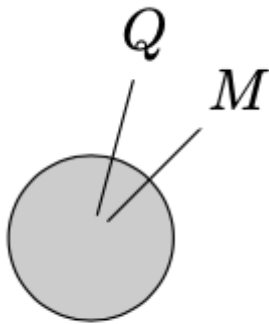


$$F = \frac{GMm}{r^2}$$

... et la force de gravité

# Le champ électrique...

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$



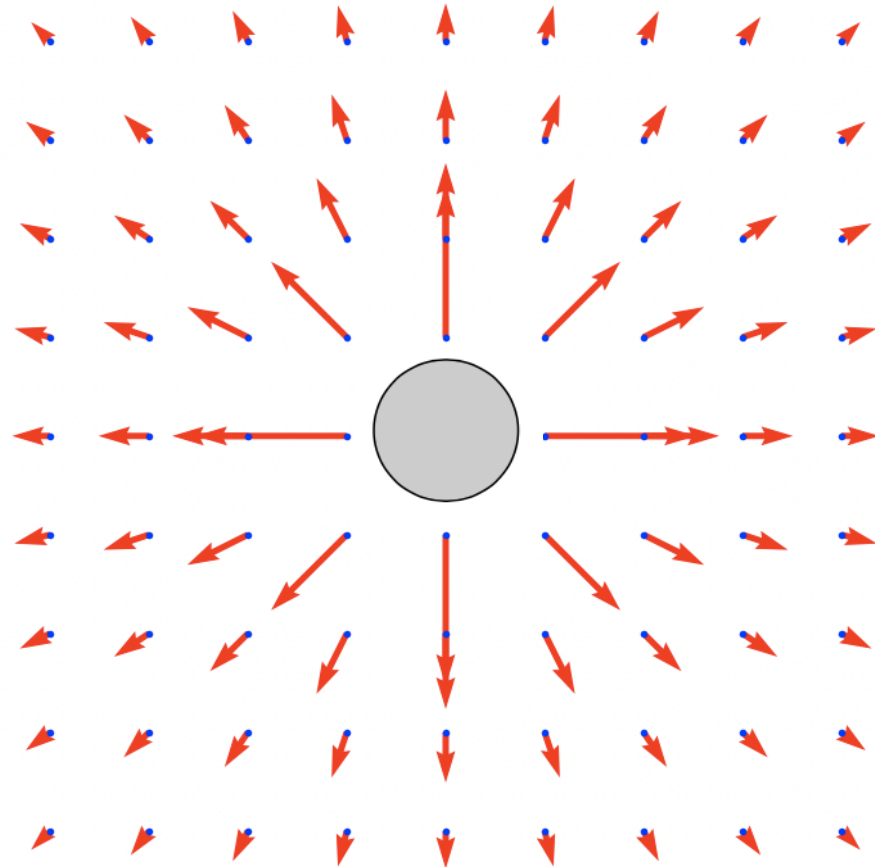
$$E = \frac{GM}{\underbrace{r^2}_g}$$

... et le champ gravitationnel

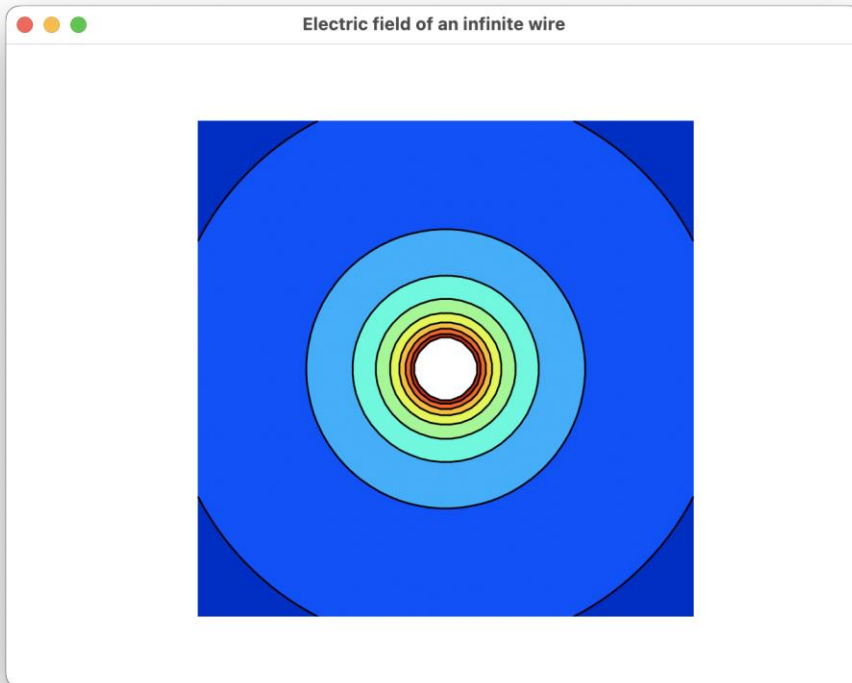
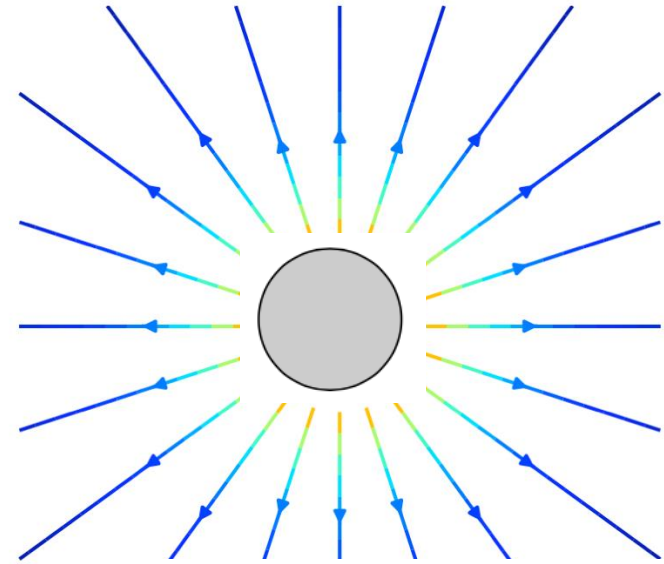
# Un câble infini chargé perpendiculaire au plan

En 2D, c'est plus facile !

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$



# Lignes du champ ...



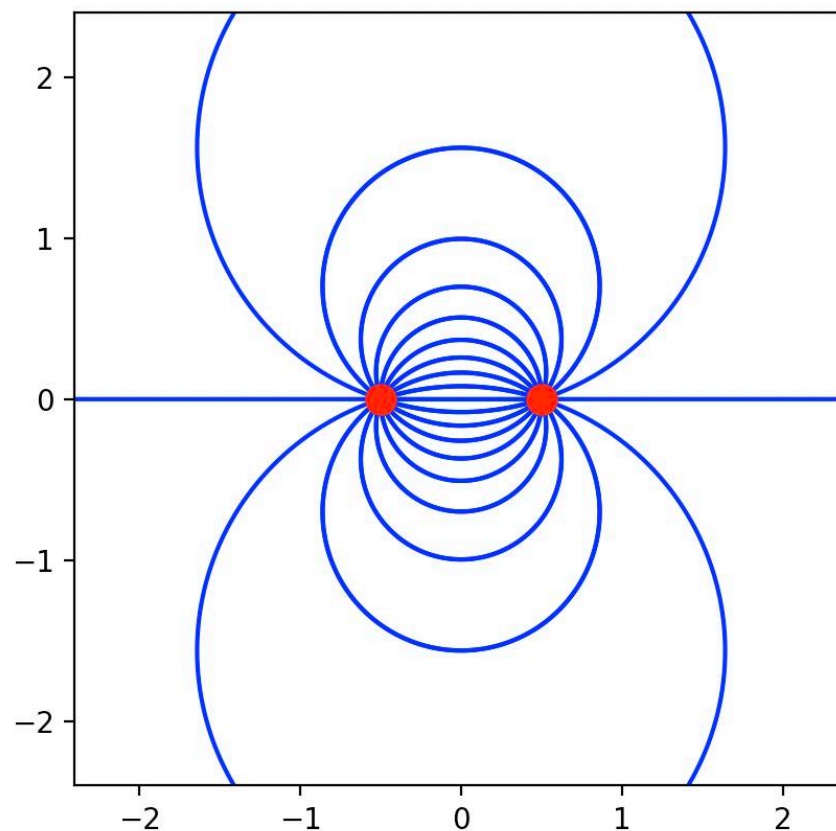
$$\vec{E}(\vec{x}) = \begin{bmatrix} E_x(x, y) \\ E_y(x, y) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$E(\vec{x}) = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$$

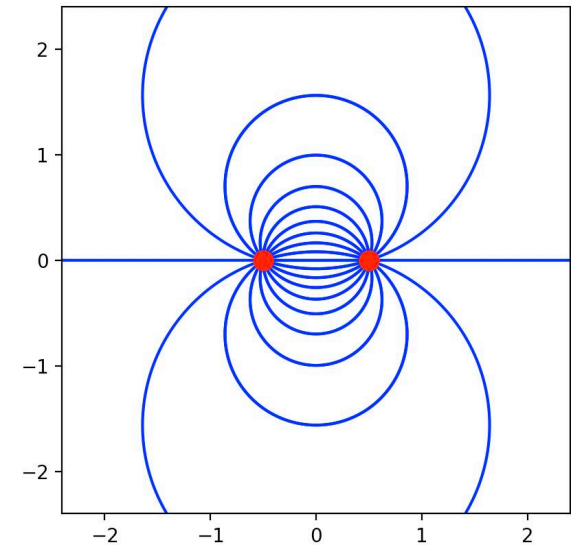
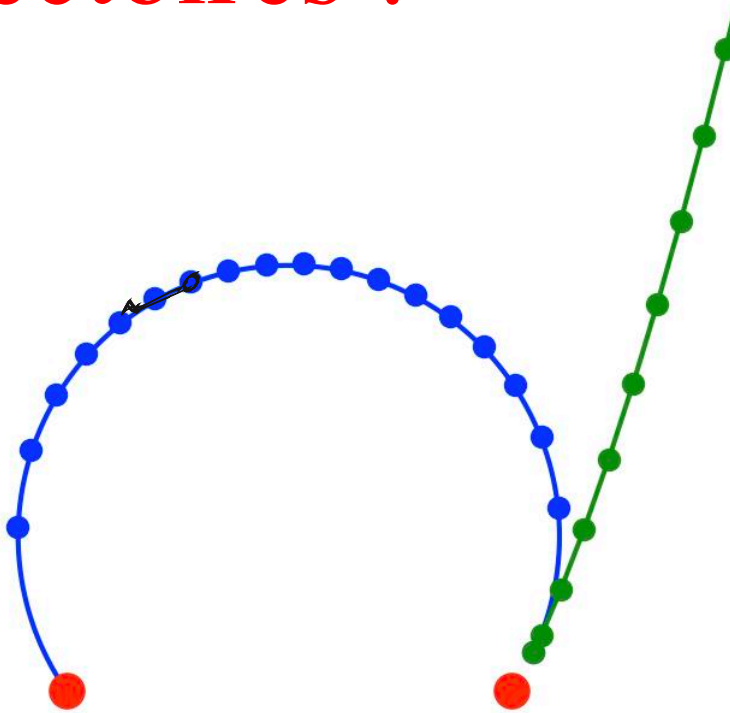
... intensité du champ !



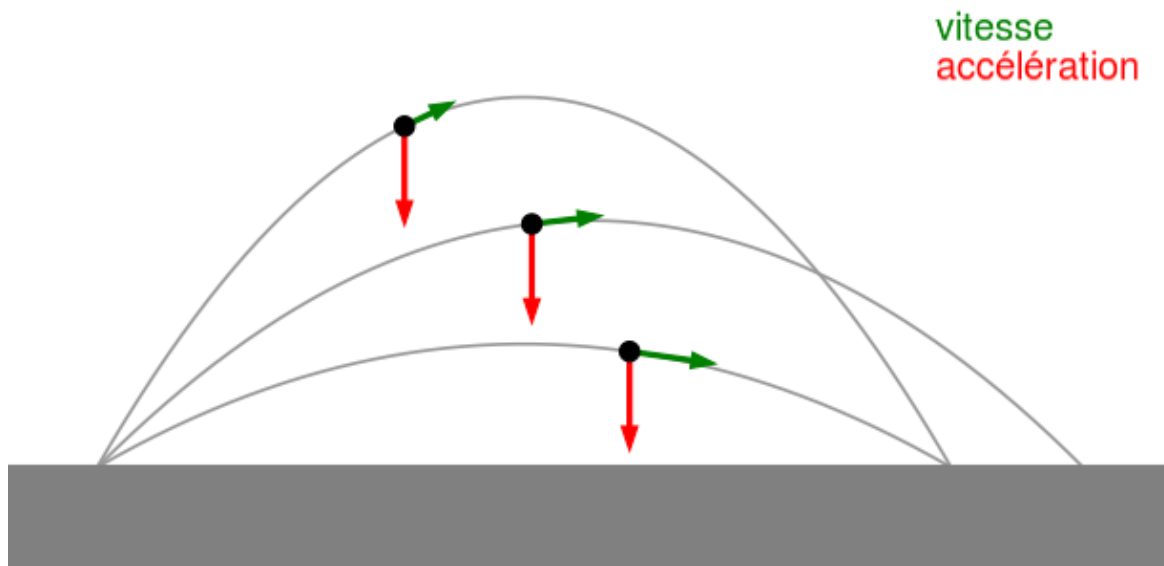
# Deux câbles chargés perpendiculaires au plan



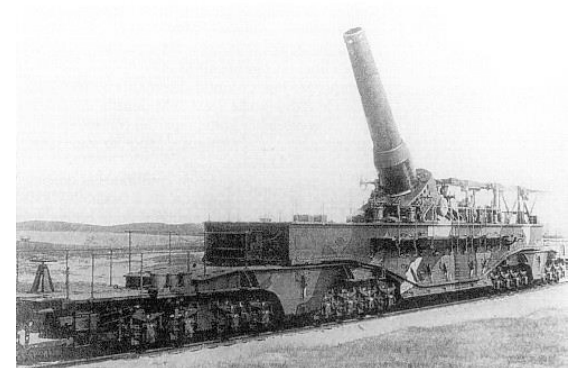
Les lignes du champ  
ne sont pas des  
trajectoires !



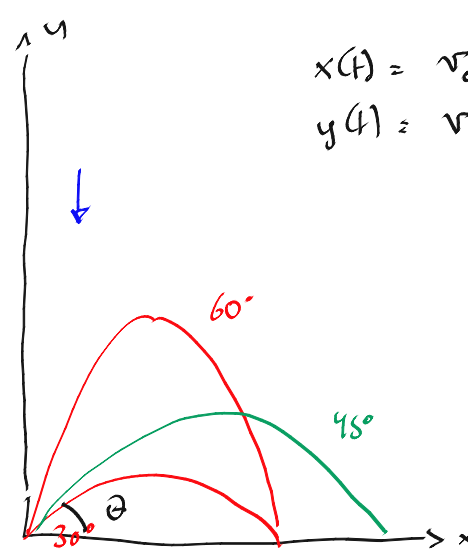
# Le MRUA :-)



**Comment obtenir la distance de l'impact  
par rapport à l'obusier ?**



La trajectoire de l'obus est une parabole !



$$x(t) = v_0 \cos \theta t$$

$$y(t) = v_0 \sin \theta t - g \frac{t^2}{2}$$

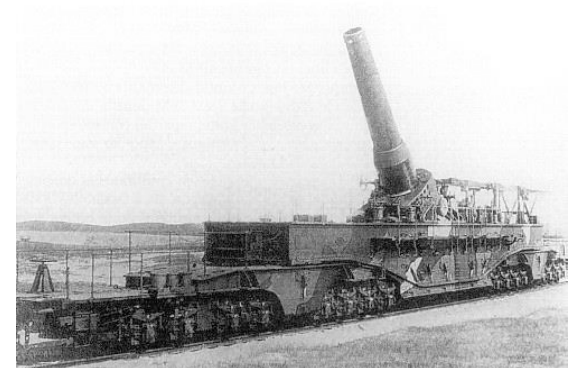
$$t = \frac{x}{v_0 \cos \theta}$$

$$y = v_0 \sin \theta t - \frac{g}{2} t^2$$

$$y = v_0 \sin \theta \frac{x}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

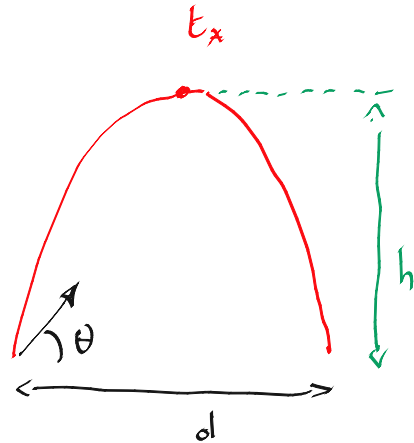
$$y(x) = \underbrace{t \sin \theta}_{\text{cst}} x - \frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \theta} x^2$$

Un peu d'artillerie



Hauteur maximale ?  
Où va tomber l'obus ?

**SOMMET**



$$\underbrace{y'(t_*)}_{=0} = v_0 \sin \theta - g t_*$$

$$t_* = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$$

**SOL**

$$0 = y(t_s)$$

$$t_s = 2 t_*$$

$$x(t_s) = v_0 \cos \theta \cdot \frac{2 v_0 \sin \theta}{g}$$

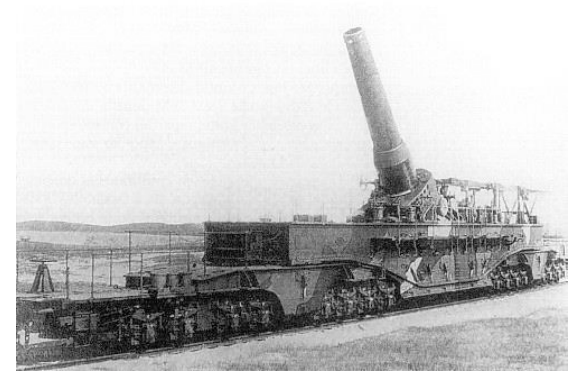
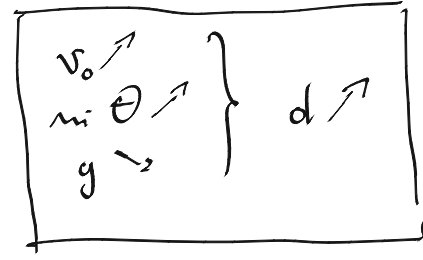
$$= v_0^2 \frac{\sin(2\theta)}{g}$$

$\frac{m^2}{s^2}$                        $\frac{m}{s^2}$

$$y(t_*) = v_0 \sin \theta \cdot \frac{v_0 \sin \theta}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{g^2}$$

$$= \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

Un peu d'artillerie



Quand  
faut-il  
lacher  
la bombe ?

Physics 3.5.3e - Dropping a Bomb - Projectile Motion - YouTube

Page précédente Page suivante Actualiser itube.com/watch?v=IhY9LBNVroo

YouTube BE

Copyright (c) 2007 by Derek Owens

36

3e - Dropping a Bomb - Projectile Motion

Derek Owens · 962 vidéos

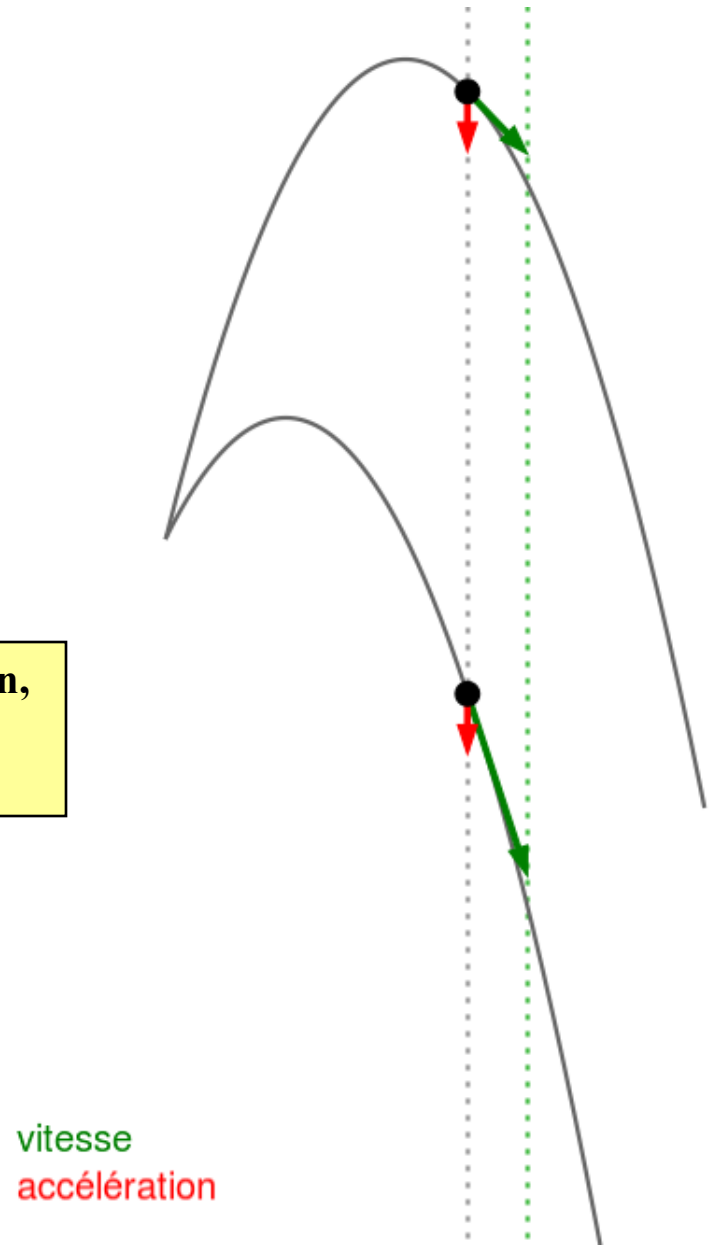
10 413

34 1

<http://www.youtube.com/watch?v=IhY9LBNVroo>

# Quand faut-il lâcher la bombe ?

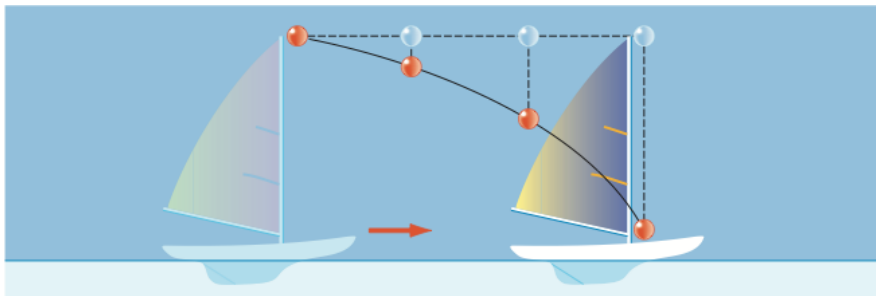
Si la vitesse initiale de la bombe est celle de l'avion, alors la vitesse horizontale de la bombe restera égale à celle de l'avion



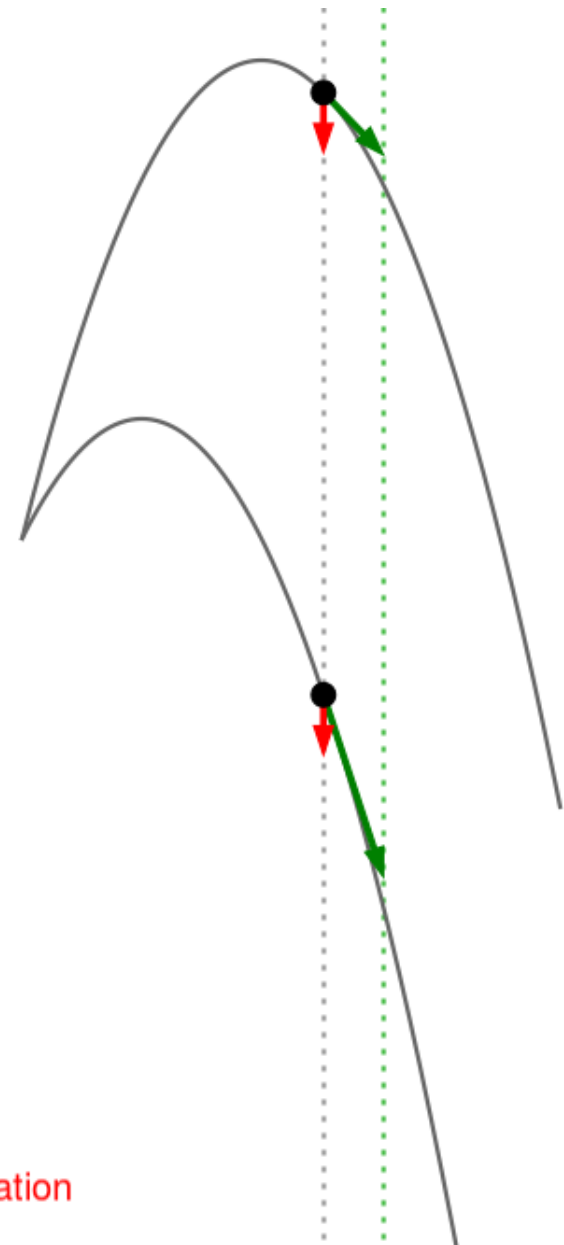
vitesse  
accélération

Si on lâche  
la bombe du  
haut du mât  
du bateau ?

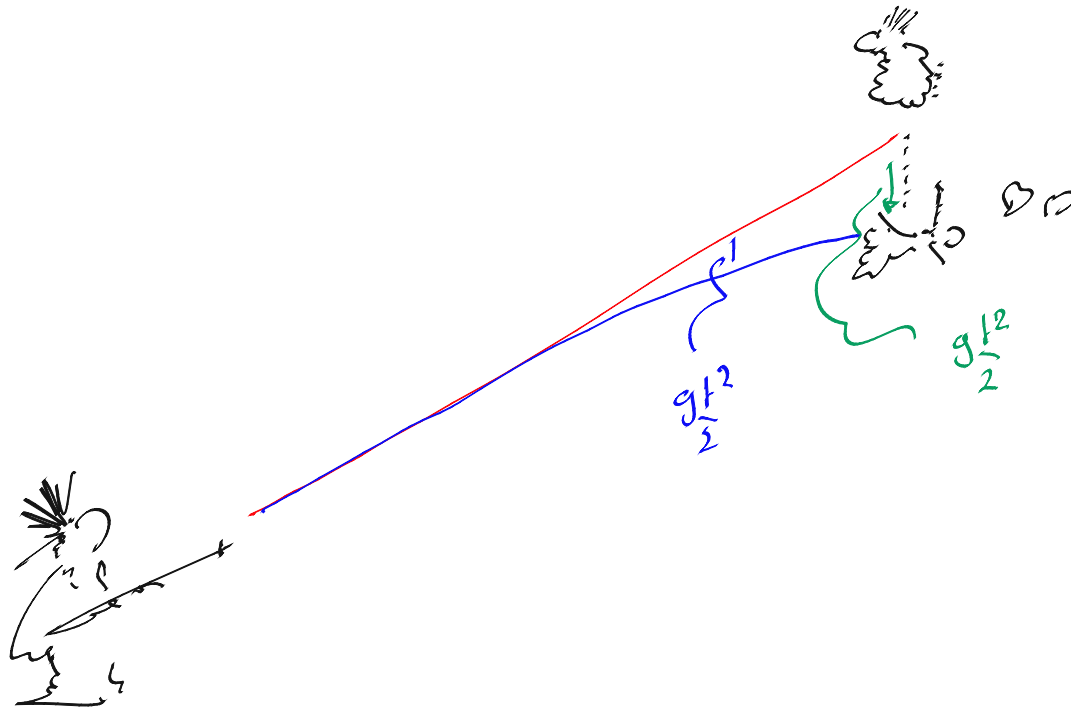
Si la vitesse initiale de la bombe est celle du bateau,  
alors la vitesse horizontale de la bombe  
restera égale à celle du bateau.



vitesse  
accélération

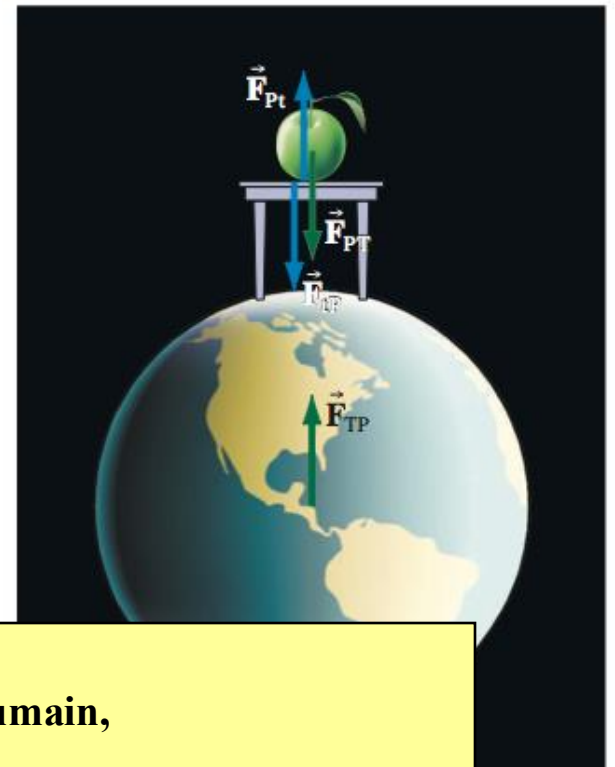






Histoire d'un singe  
et d'un chasseur !

# Systeme de particules



Pour analyser la stabilité d'un pont,  
pour prédire le fonctionnement d'une machine ou du corps humain,  
on va isoler les diverses composantes  
en tirant profit de la troisième loi de Newton !

Il est maintenant possible de prédire le comportement de systèmes avec plusieurs  
corps qu'on va approximer comme des **particules** (ou **points matériels**).

Une particule est un corps de volume nul,  
mais de masse finie...

**C'est évidemment une fiction mathématique !**

Mais cela permet d'utiliser le modèle mathématique très simple  
qu'est la mécanique du point.

$$\frac{d\vec{x}}{dt}(t) = \vec{v}(t)$$

$$\frac{d\vec{v}}{dt}(t) = \vec{a}(t)$$

$$m \vec{a}(t) = \sum \vec{F}(t)$$

**Les 3 lois de Newton !**



Ne pas  
oublier !

- Si la somme de forces sur un corps est nulle, tout corps reste au repos ou en mouvement à vitesse constante dans un **repère inertiel** !
- La seconde loi de Newton ( $F=ma$ ) met en relation l'accélération, la masse et les forces dans un **repère inertiel** !
- La force exercée par un objet sur un autre est opposée à celle exercée par l'autre corps sur lui-même. C'est le fameux principe : action-réaction :-)