

- **Dynamique du point matériel et principe fondamental de la dynamique**
- **Energie**

3.1 Introduction

3.2 Première loi de Newton

3.3 Les forces

3.4 Deuxième loi de Newton

3.5 Troisième loi de Newton

3.6 Résoudre un problème de dynamique

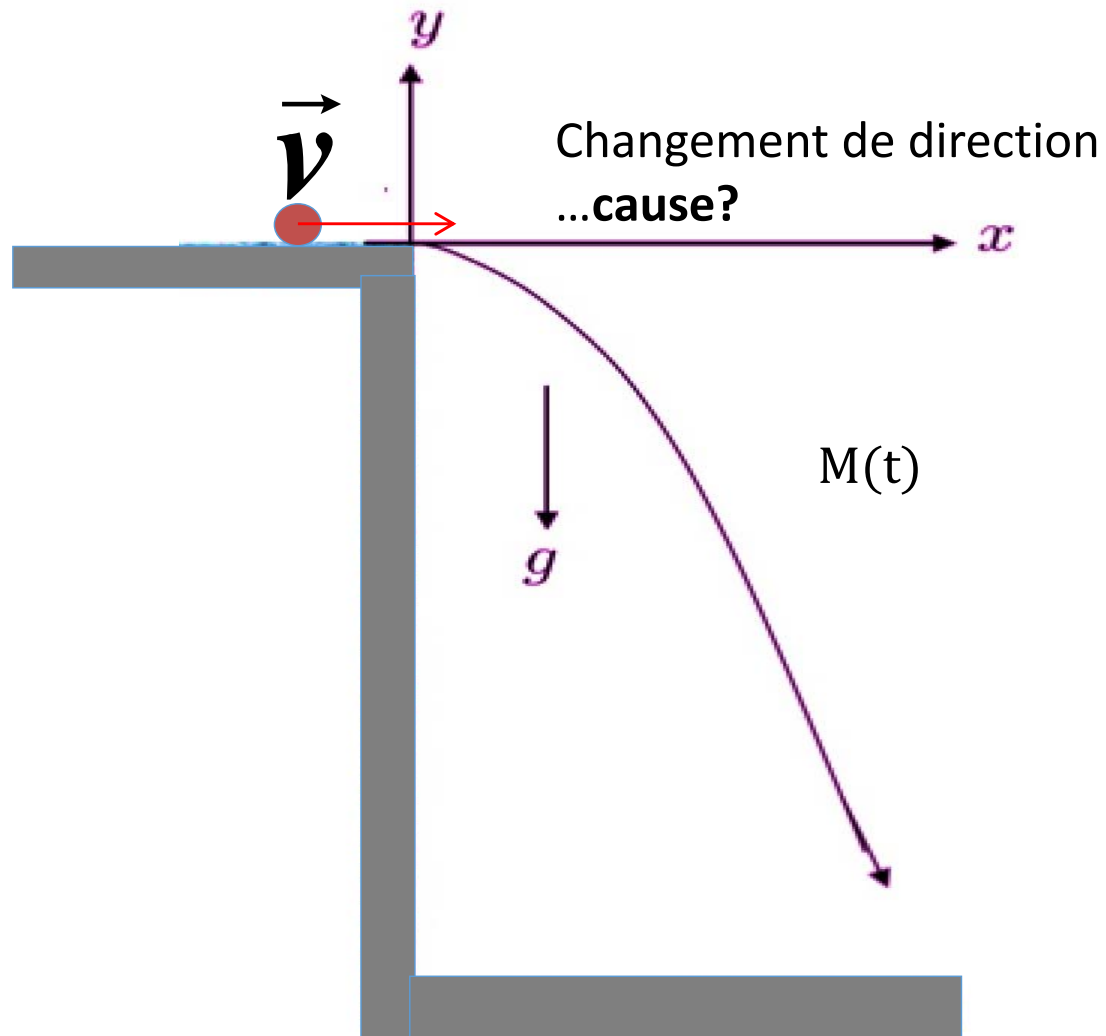
Qu'est-ce que la **dynamique**?

Prédiction des mouvements des corps matériels

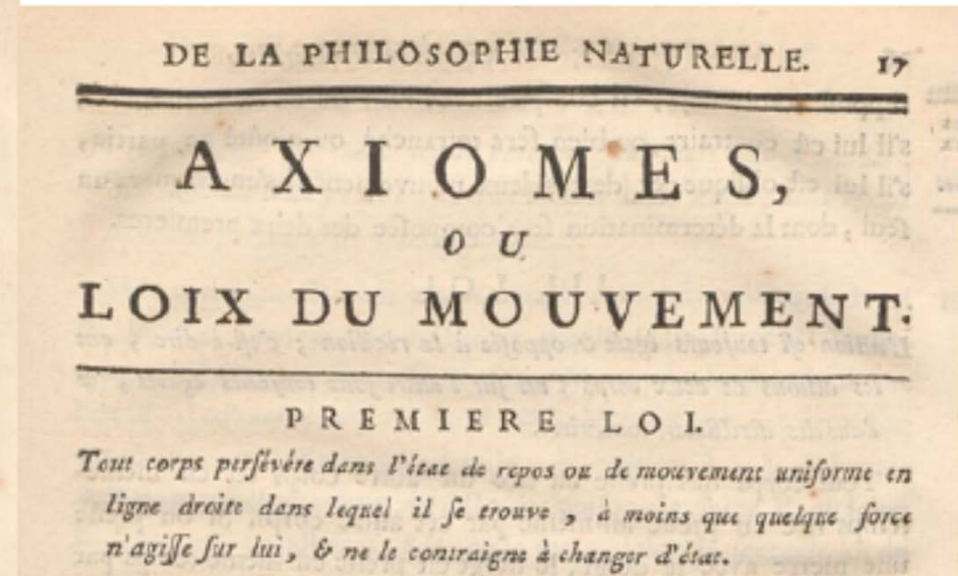
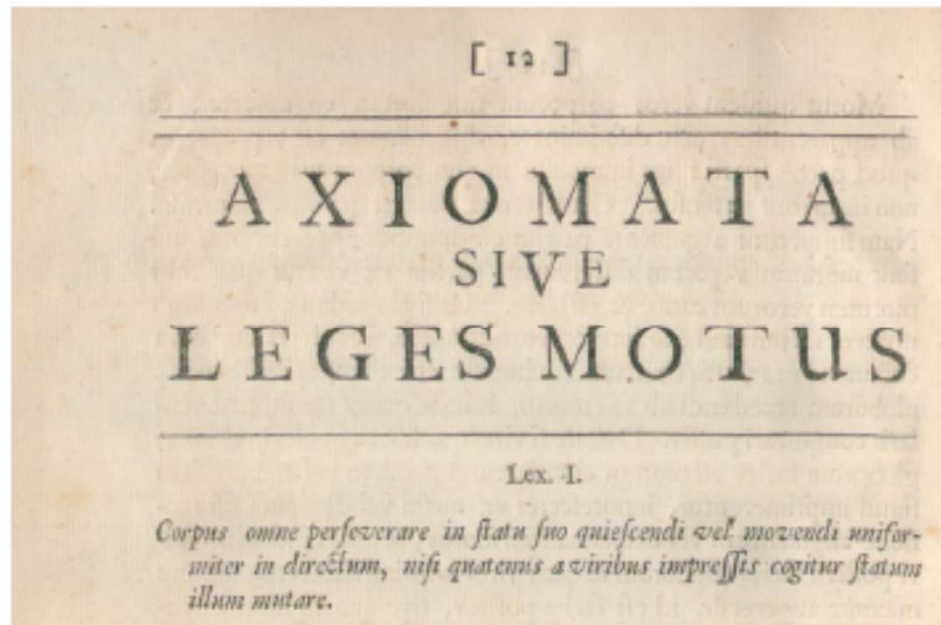


Quelles sont les **causes** des différents mouvements?

Qu'est ce qui **modifie** les trajectoires des objets?



« Principes mathématiques de la philosophie naturelle (Newton, 1686) »



« Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui et ne le contraigne à changer d'état. »

Remarque 1 : La force change l'état d'un système

Remarque 2 : Il peut y avoir un mouvement sans force

Pour Newton, l'état de base du mouvement est le repos ou le mouvement rectiligne uniforme. La force est une notion dynamique, elle est responsable du changement du mouvement. Elle fait sortir le système de son état de base.

Le principe d'inertie tel qu'exprimé par Newton suppose l'existence d'un référentiel absolu et supposé immobile.

C'est ce qui définit le concept de **référentiel Galiléen** (également appelé inertiel) :

« Dans un référentiel Galiléen, tout point matériel isolé (soumis à aucune force extérieure) est soit immobile, soit en mouvement rectiligne uniforme »

Référentiel géocentrique pour expériences de durée courte (<< journée)

Référentiel héliocentrique

Référentiel de Copernic (le soleil se déplace)

Définition : Une force modélise l'action mécanique d'un objet sur un autre objet (par contact ou à distance). L'ensemble des forces appliquées à un objet a pour effet de lui communiquer **une accélération** (car changement de vitesse) ou de le déformer.

Mais ce cours ne s'intéresse qu'au point matériel (toutes les masses sont localisées en un point de volume infiniment petit) donc pas de déformation possible.

Reformulation :

L'ensemble des forces appliquées à un objet a pour effet de lui communiquer une accélération si elles ne s'annulent pas.

Exemple du meuble : Force, vitesse, donc vecteur ...

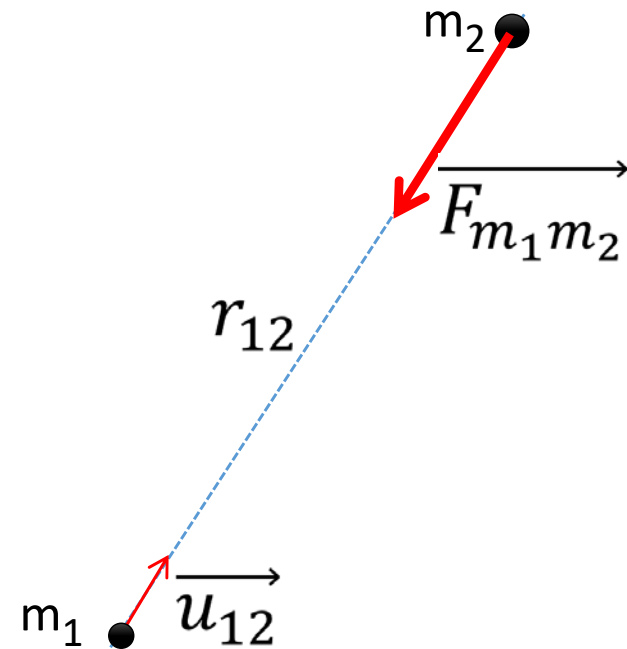
La dimension associée à la force est MLT^{-2} et l'unité internationale associée est le Newton qui correspond à 1 kg.m.s^{-2} .

FORCE DE GRAVITATION

Toute masse m_1 exerce sur m_2 une force de gravitation :

$$\vec{F}_{m_1 m_2} = - \frac{G m_1 m_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{12}$$

Attractive



- G : constante de gravitation universelle:
 $G = 6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

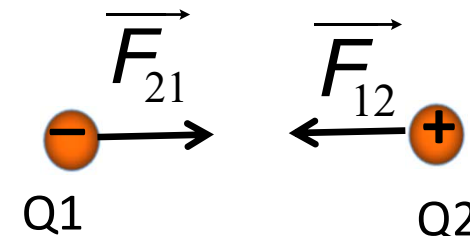
Qu'en est-il de m_2 sur m_1 ?
 exerce une force de même intensité et direction et de sens opposé

FORCE ÉLECTROSTATIQUE

2 charges immobiles interagissent à travers la force **électrostatique**:

Expression de la force de Coulomb:
$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2} \vec{u}_{12}$$

permittivité du vide: $\epsilon_0 = 8,8541... \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$

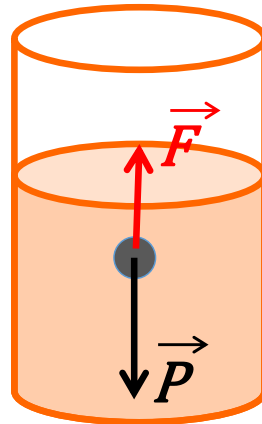


unité de Q: coulomb dans SI

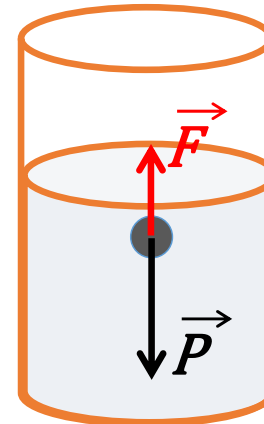
FORCE DE FROTTEMENT VISQUEUX

Mise en évidence

- voiture en mouvement
- **bille m dans un fluide**
- nageur



miel



eau

Observations:

Solide dans un fluide subit un **frottement** lors de son **mouvement**

$$\vec{F} = -\lambda \vec{v}$$

$$\lambda > 0$$

si la vitesse $\mathbf{V} = \mathbf{0} \rightarrow \mathbf{F}$ absente

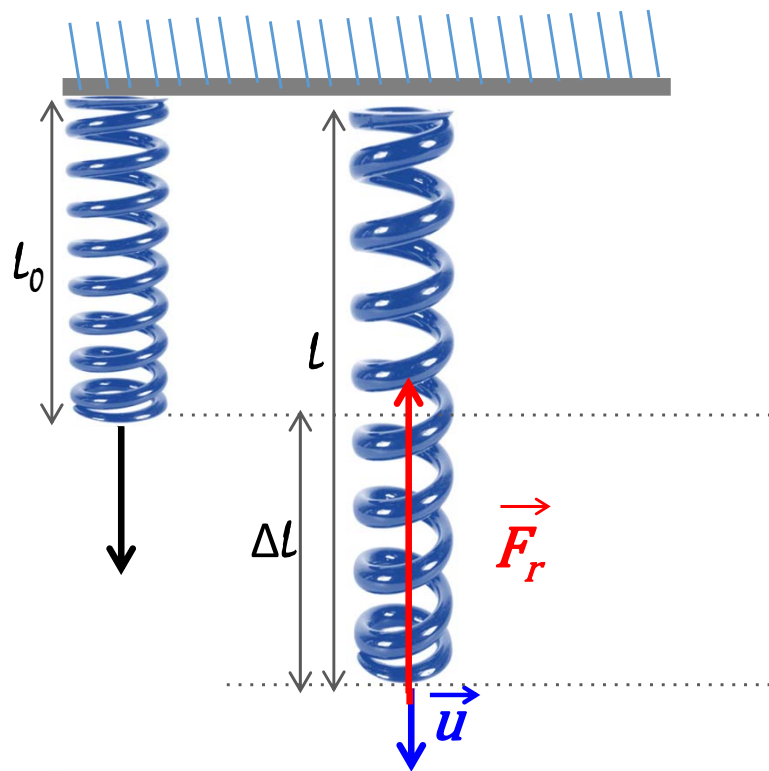
si la vitesse \mathbf{V} croît \mathbf{F} croît et s'oppose au mouvement

$$\lambda = 6\pi r \mu, \text{ où } \mu \text{ est la viscosité dynamique du fluide}$$

Force de Stokes « Phénoménologique » **valide pour de faibles vitesses**

FORCE DE RAPPEL ÉLASTIQUE

On déforme certains matériaux → opposition à la **déformation** → retour à l'état initial
force qui s'oppose à la déformation: **force de rappel élastique**



Dans le cas du ressort: **allongement**

changement de longueur : $l_0 \rightarrow l$

force s'oppose à l'allongement $\Delta l = (l - l_0)$

Force **proportionnelle** à la **déformation**: Δl

$$\vec{F}_r = -k(l - l_0) \vec{u}$$

→ Loi de Hooke

K: constante de **raideur** du ressort

l : Longueur du ressort déformé

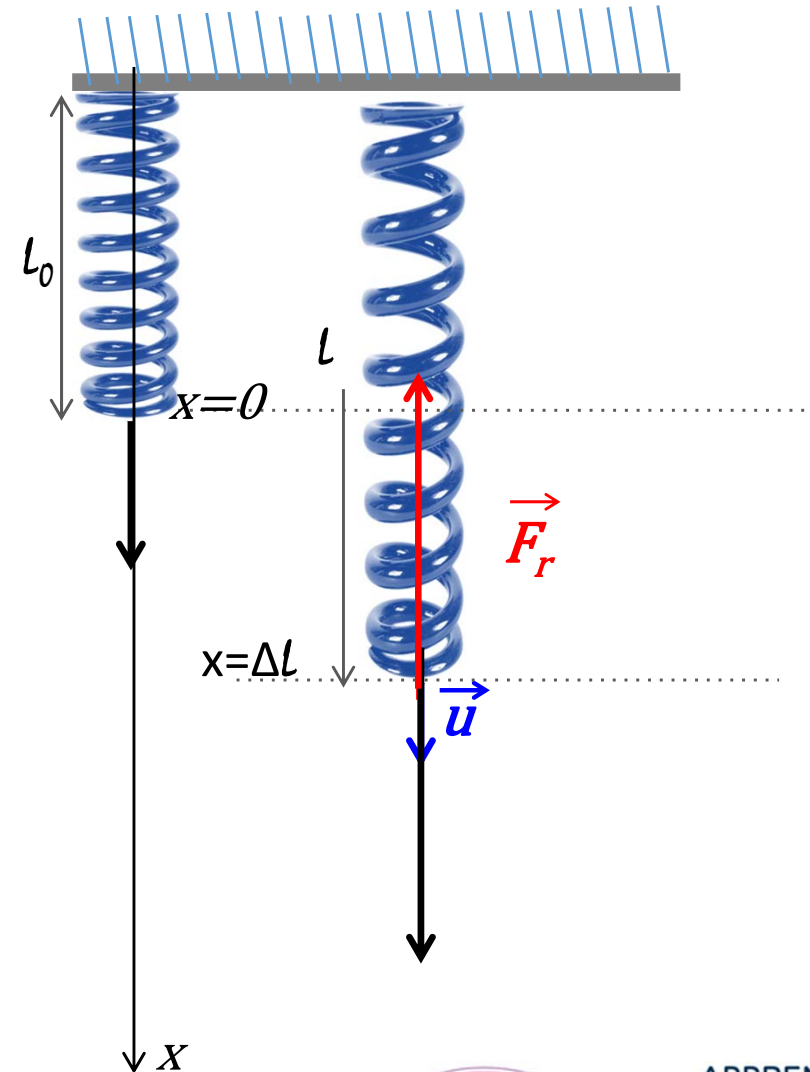
l_0 : longueur au repos

FORCE DE RAPPEL ÉLASTIQUE

Force **proportionnelle** à la **déformation**: Δl

$$\vec{F}_r = -kx \vec{u}$$

→ x = déformation du ressort



FORCE DE RAPPEL ÉLASTIQUE

Dans le cas du ressort: **compression**

changement de longueur : $L_0 \rightarrow L$

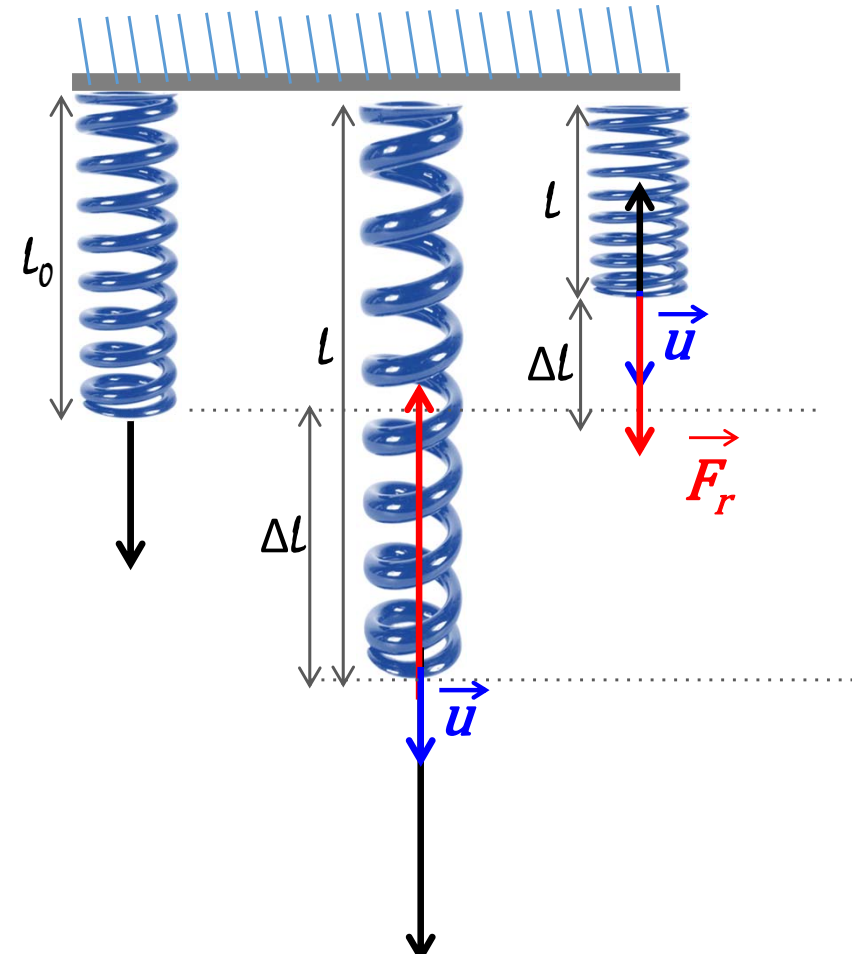
force s'oppose à l'allongement $\Delta L = (L - L_0)$

Force **proportionnelle** à la **déformation**: $\Delta L < 0$

$$\vec{F}_r = -kx \quad \vec{u}$$

$x < 0$

—————> x = déformation du ressort > 0 ou < 0

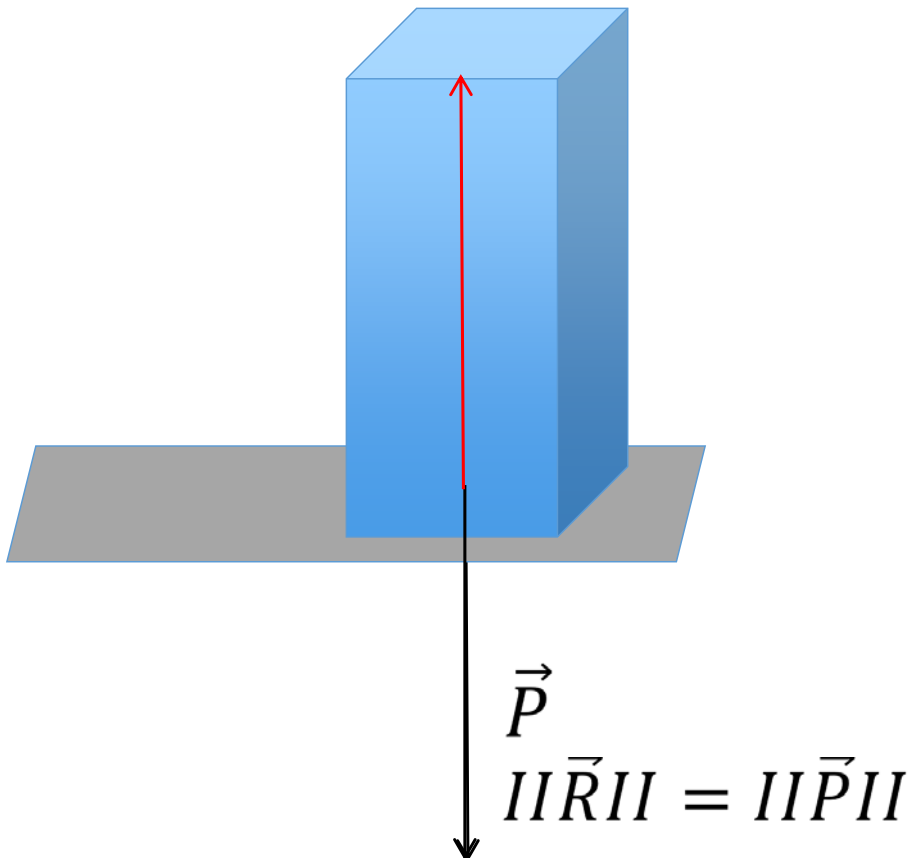


* Attention au choix de l'axe ox : signe de \mathbf{F} peut changer selon l'orientation de ox

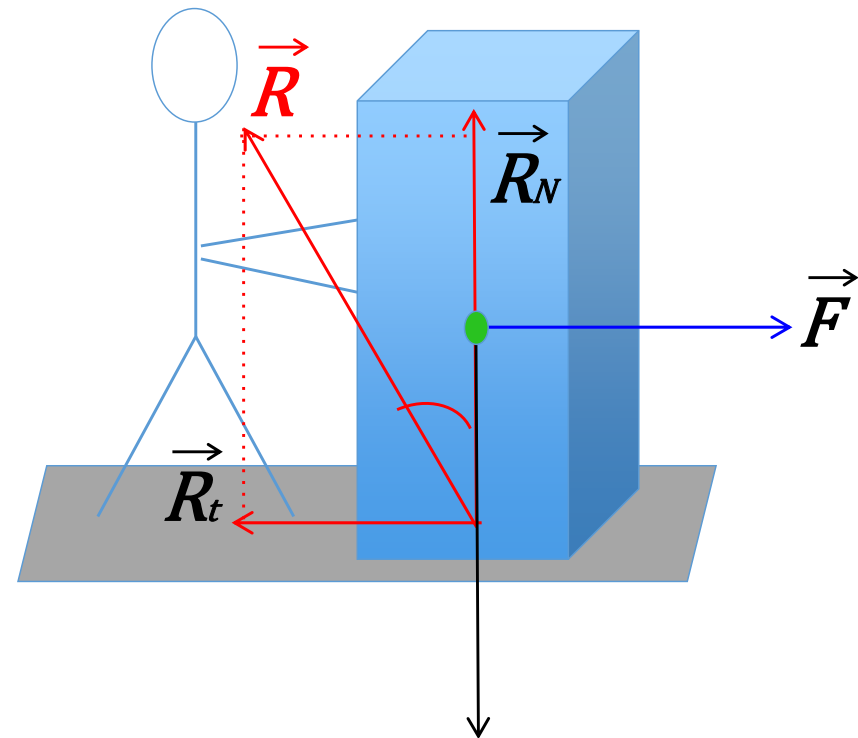
* La force s'oppose à la **déformation**

FORCE DE FROTTEMENT SOLIDE (Friction) – en absence de rotation

Deux surfaces solides en contact
masse m immobile



Application d'une force \mathbf{F} :
 m immobile



FORCE DE FROTTEMENT SOLIDE

terminologie: frottement *sec* ou *solide*

Observations:

m **immobile**, sans force extérieure:

On **applique** une force extérieure: $\vec{F} \rightarrow$ la réaction n'est plus \perp à la surface

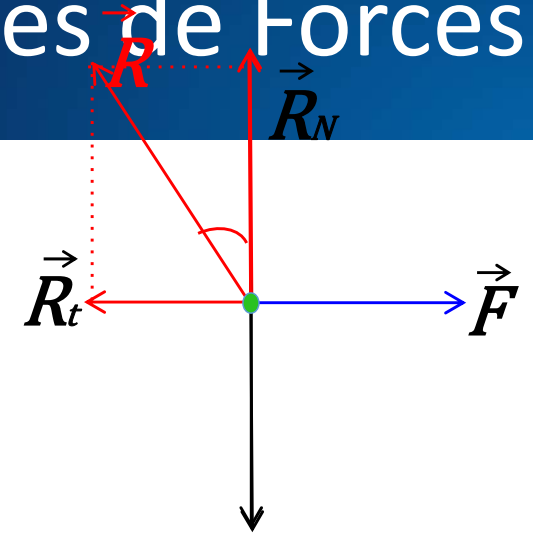
$$\vec{R} + \vec{P} \neq \vec{0}$$

\vec{F} doit dépasser un seuil pour amorcer un mouvement:

$$\|\vec{F}\| > k_s \|\vec{P}\|$$

$$\|\vec{F}\| > k_s m \|\vec{g}\|$$

k_s : coef de frottement statique $k_s < 1$



FORCE DE FROTTEMENT SOLIDE

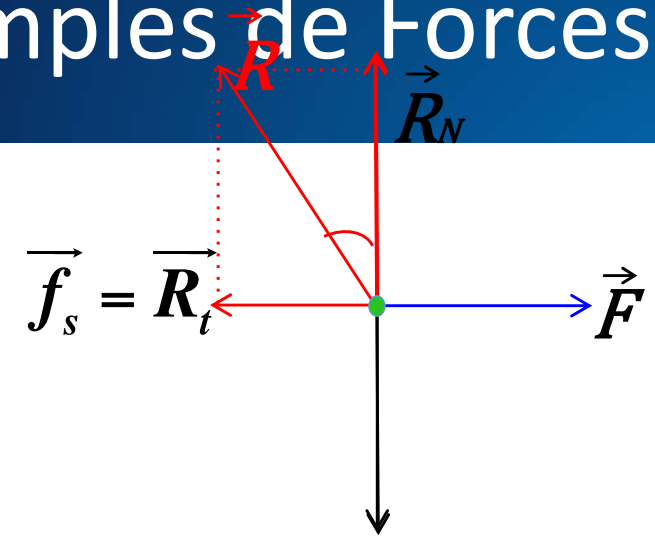
DONC:

En présence de \vec{F} et tant que m est **immobile**

Il existe une force **parallèle à la surface** et qui **s'oppose** au mouvement

$$\vec{f}_s = \vec{R}_t$$

$$\|\vec{f}_s\| \text{ est toujours plus faible que } k_s \|\vec{R}_N\|$$



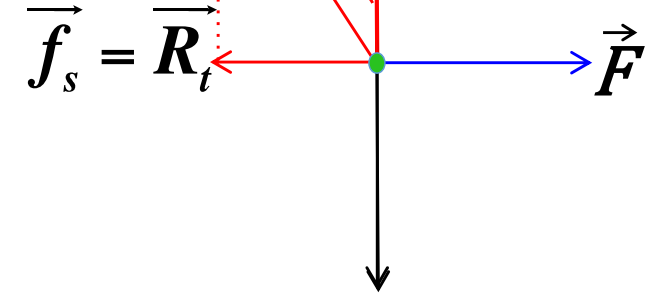
→
Loi du
frottement
solide statique

$$\|\vec{f}_s\| < k_s \|\vec{R}_N\|$$

k_s : coef de frottement statique $k_s < 1$

Sens: la force s'oppose au mouvement → **sens contraire «au déplacement»**

FORCE DE FROTTEMENT SOLIDE



Ensuite :

Si m est en mouvement

La force force *parallèle à la surface* et qui *s'oppose* au mouvement devient:

$$\vec{f}_c = \vec{R}_t$$



Loi du frottement solide **cinétique**

$$\|\vec{f}_c\| = k_c \|\vec{R}_N\|$$

k_c : coef de frottement cinétique

$$k_c < k_s$$

Sens: la force s'oppose au mouvement → **sens contraire à la vitesse**

À SAVOIR

- **Toutes les expressions VECTORIELLES des différentes forces agissant sur les solides**

SIGNIFICATION PHYSIQUE DE CES EXPRESSIONS