

UE CMP

Concepts et Méthodes de la Physique

Cours 9

I – « $F = ma$ » comme équation différentielle (§ 4.2.2) :

Oscillateur horizontal

Oscillateur vertical

II – Forces de contact (encore § 4.2.2 !) :

Réaction du plan

Frottement solide statique et dynamique

Frottement fluide

Problème : chute d'une bille dans un liquide visqueux

Déterminer le mouvement

Question centrale de la dynamique :
déterminer la dynamique d'un objet = déterminer son mouvement,
prédire l'évolution de sa position : $x(t)$

« $F = ma$ »

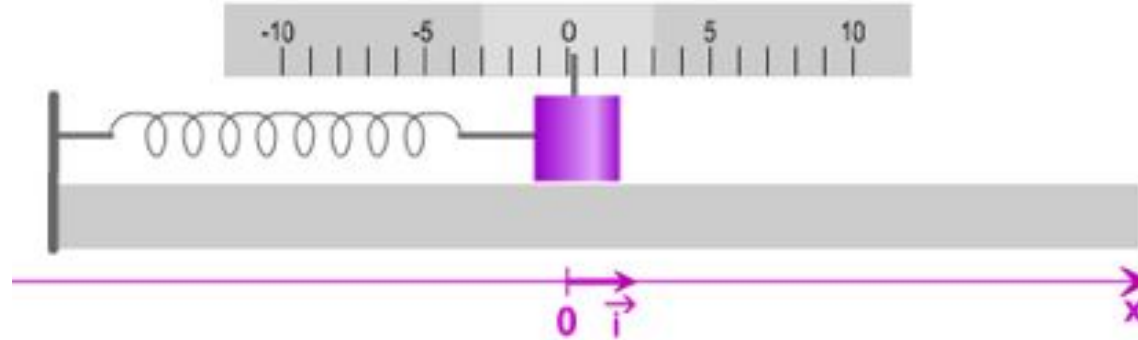


$$F\left(x(t), \frac{dx(t)}{dt}\right) = m \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

équation différentielle du second ordre à résoudre
pour obtenir la fonction $x(t)$

Exemple 1

Ressort en mouvement



[animation](#)

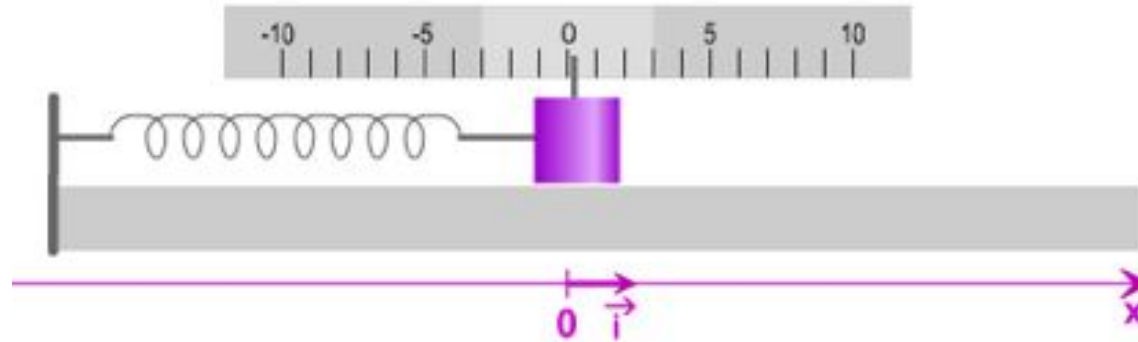
(depuis le site « Figures animées pour la physique »)

Question : déterminer $x(t)$



Exemple 1

Ressort en mouvement



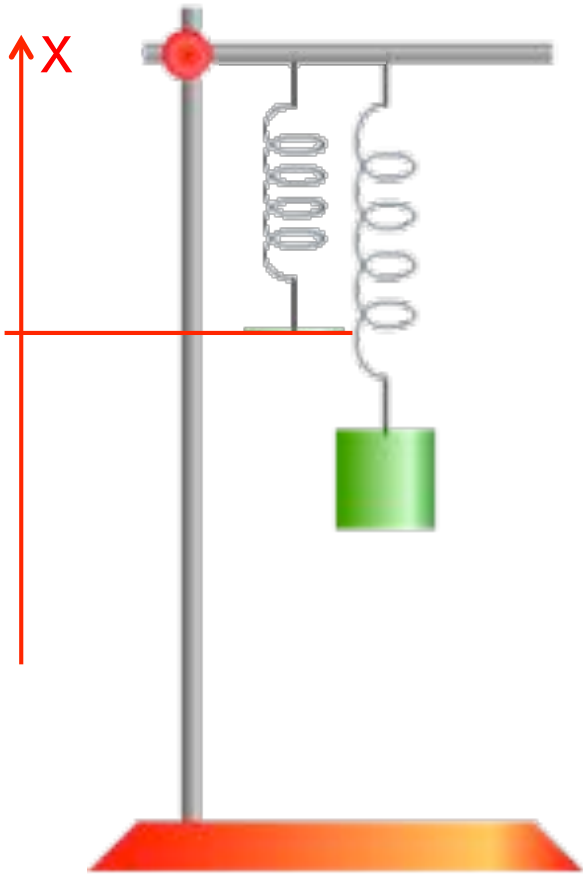
équation différentielle : $F\left(x(t), \frac{dx(t)}{dt}\right) = -kx \Rightarrow m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -kx(t)$

solution générale : $x(t) = A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t), \quad \omega = \sqrt{k/m}$



$$F = ma$$

Exemple 2 : ressort vertical

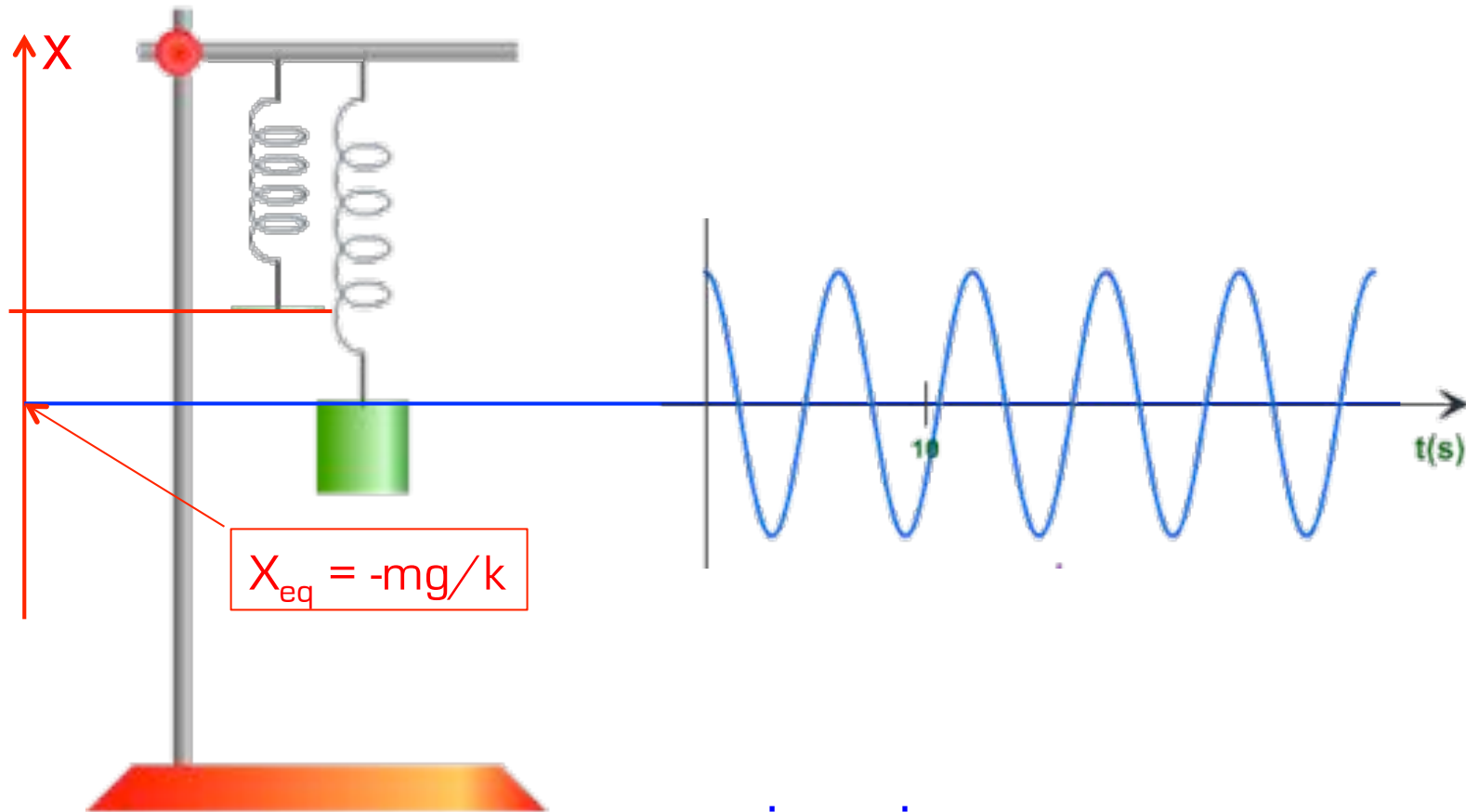


[animation](#)

(depuis le site « Figures animées pour la physique »)

$$F = ma$$

Exemple 2 : ressort vertical



[animation](#)

(depuis le site « Figures animées pour la physique »)

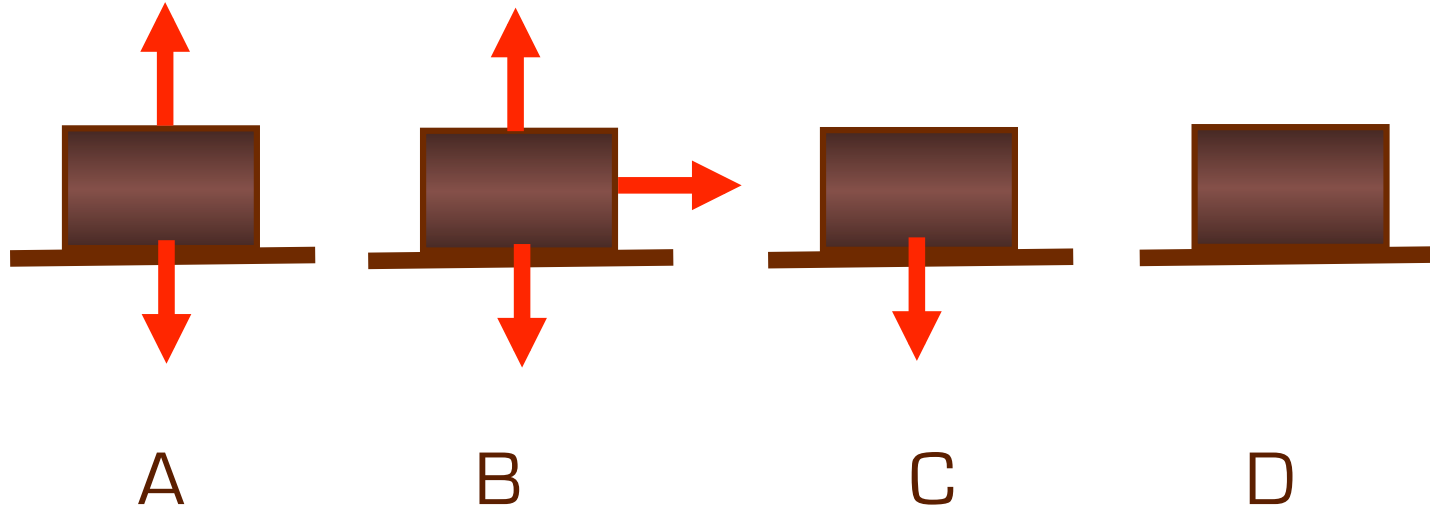
2 - forces de contact

Bilan des forces

Une caisse est au repos sur une surface lisse.

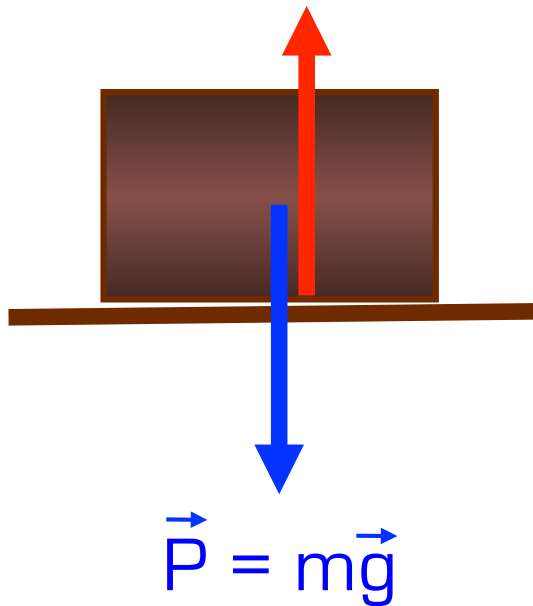
Quel schéma décrit le mieux les forces qui agissent sur la caisse ?

Chaque flèche rouge correspond à une force. Prenez en compte leur sens et leur nombre, mais ignorez leur longueur.

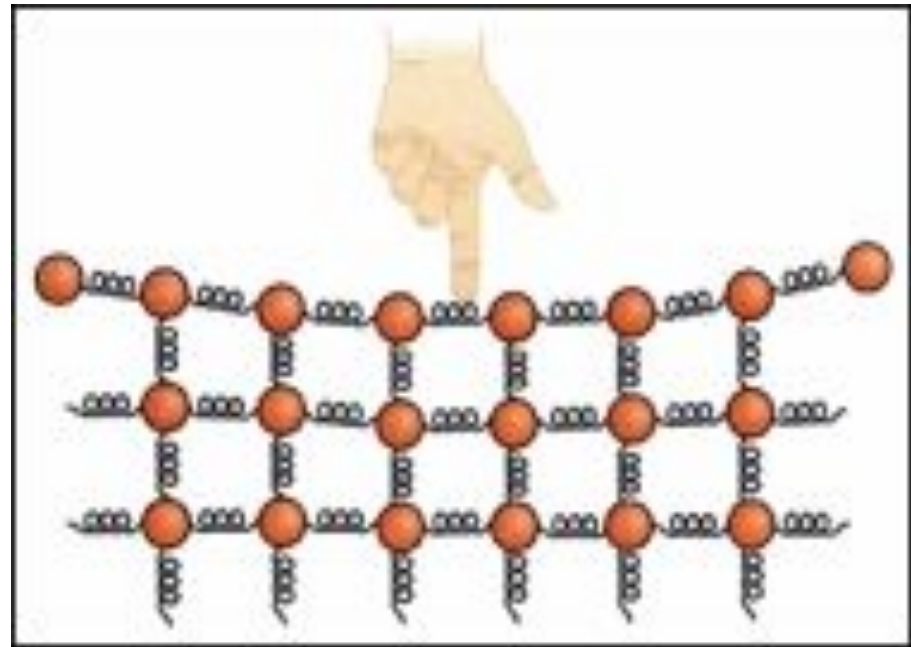


Réaction normale d'un plan

Equilibre : $\vec{N} = -\vec{P}$




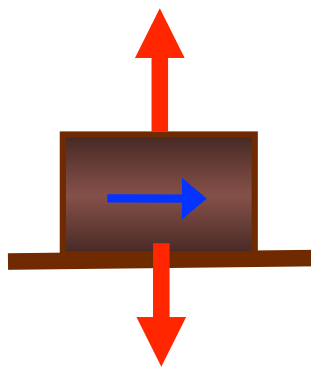
$$\vec{P} = m\vec{g}$$



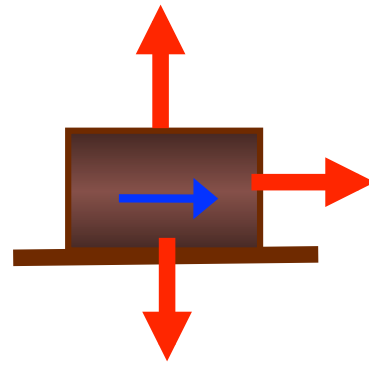
2 - forces de contact

Bilan des forces

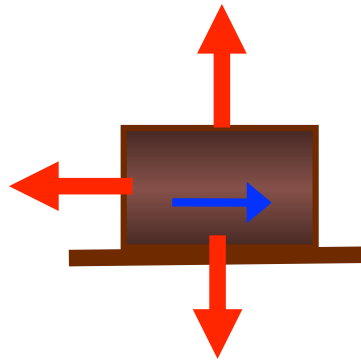
La même caisse avance  à vitesse constante vers la droite sur une surface lisse. Quel schéma décrit le mieux les forces qui agissent sur la caisse ?



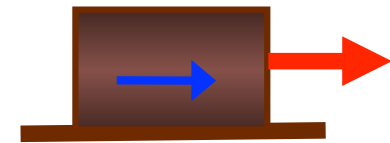
A



B



C

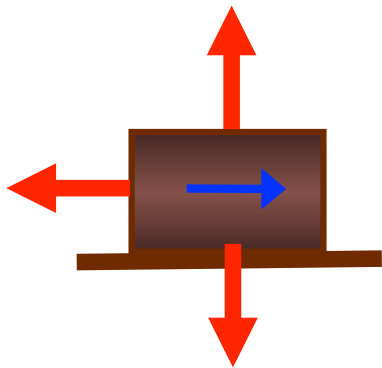


D

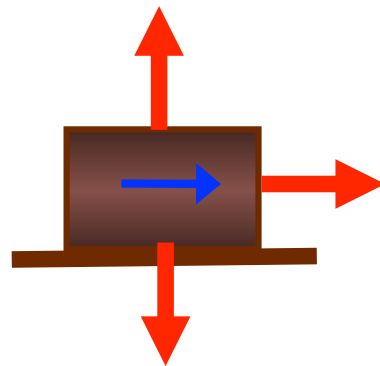
Au delà de l'équilibre

vers la définition de nouvelles forces !

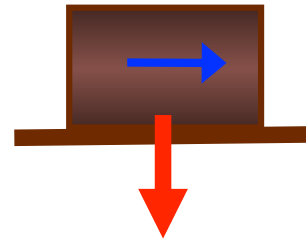
La même caisse avance maintenant à vitesse constante vers la droite sur une surface rugueuse. Quel schéma décrit le mieux les forces qui agissent sur la caisse ?



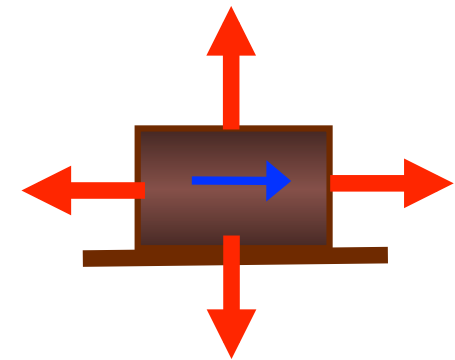
A



B



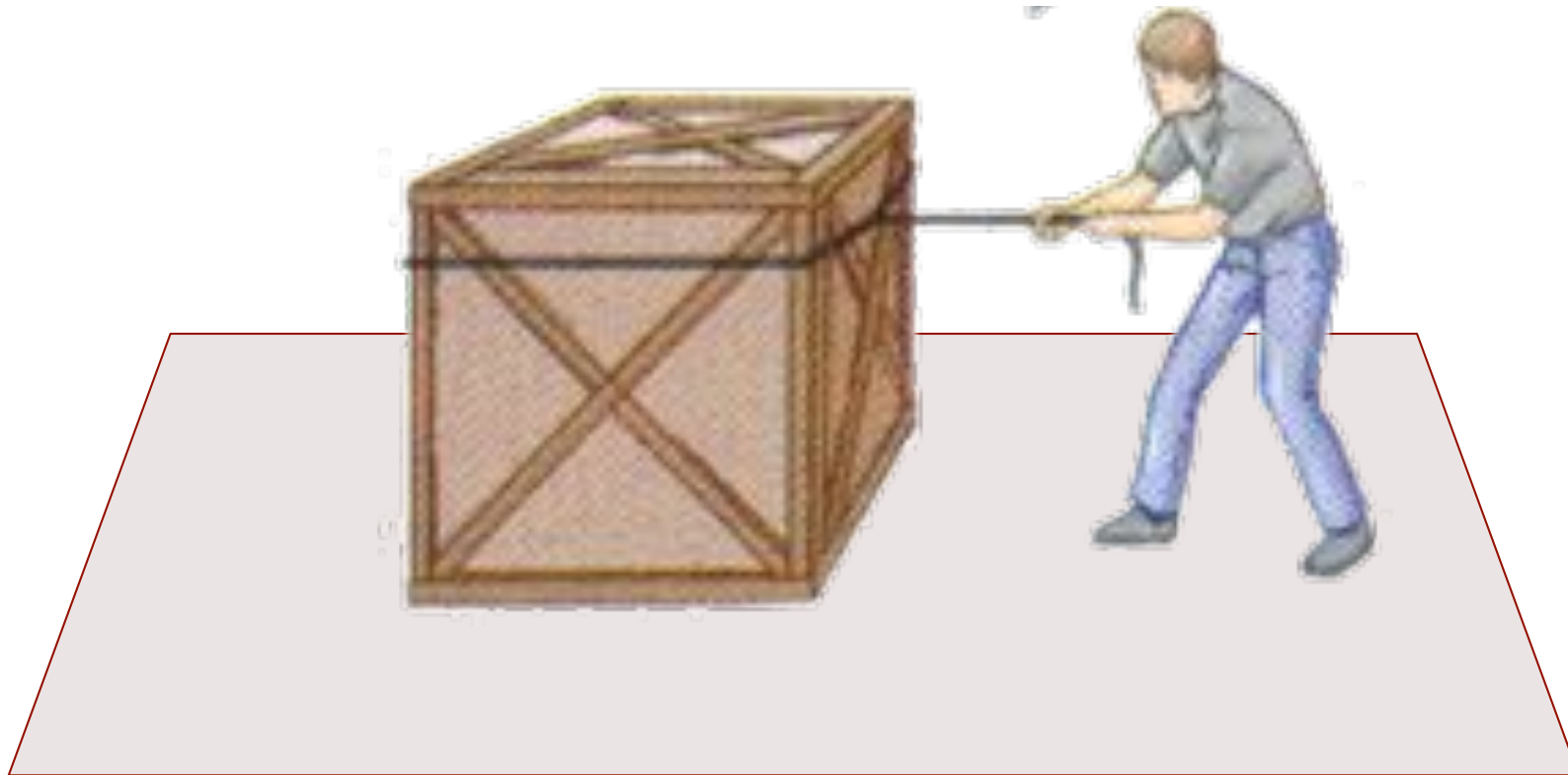
C



D

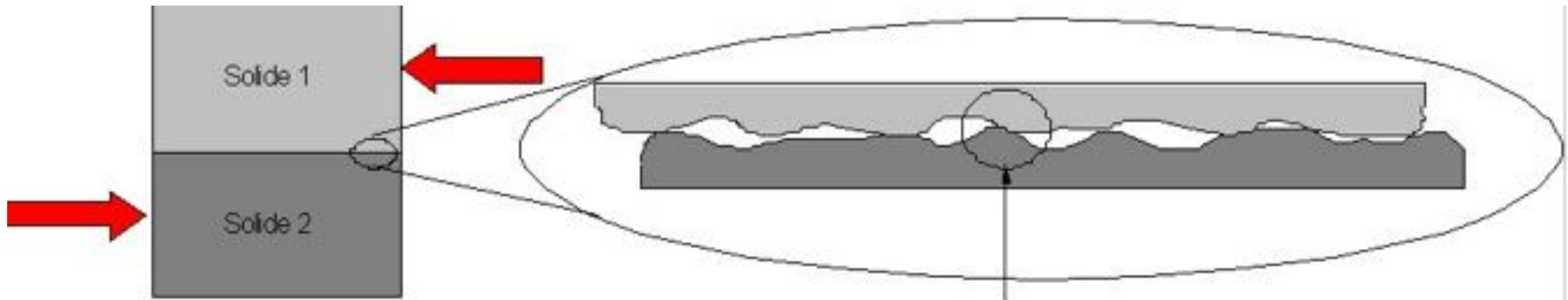
Frottements

Frottement statique (1)

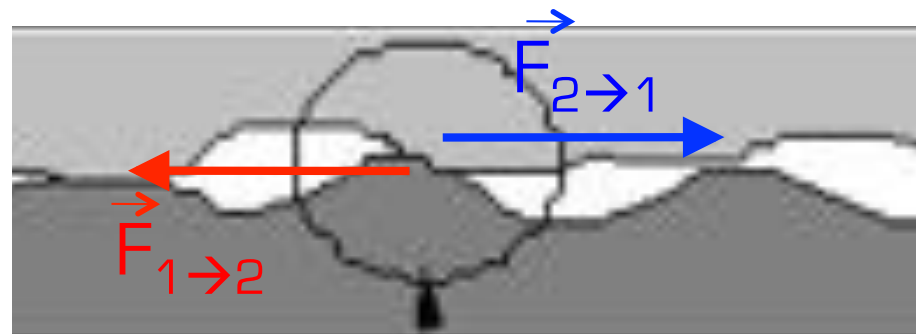


Frottements

Frottement statique (2)



force de frottement statique
qui s'oppose au glissement

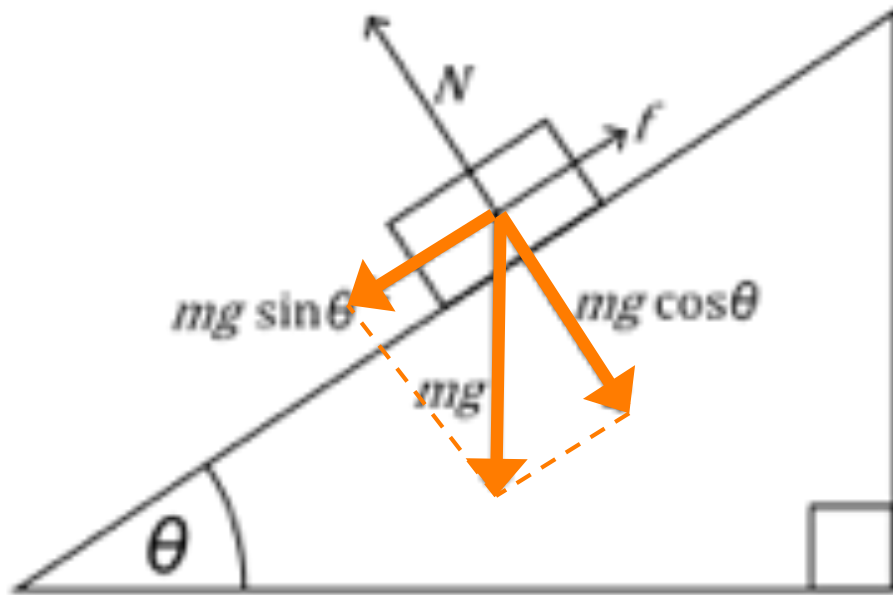


$$\|\vec{F}_{\max}\| = \mu_0 \|\vec{N}\|$$

- force maximum de frottement statique
- μ_0 coefficient de frottement statique

Plan incliné

frottement statique : détermination de μ_0



$$\mu_0 = \tan(\theta_{\max})$$

	Cas statique
glace sur glace	0,1
bois-bois	0,4
acier-acier	0,7
acier-bois	0,2-0,6
pneu sur route sèche	0,6-1
pneu sur route humide	0,6

Frottements

Frottement cinétique (2)

en mouvement :

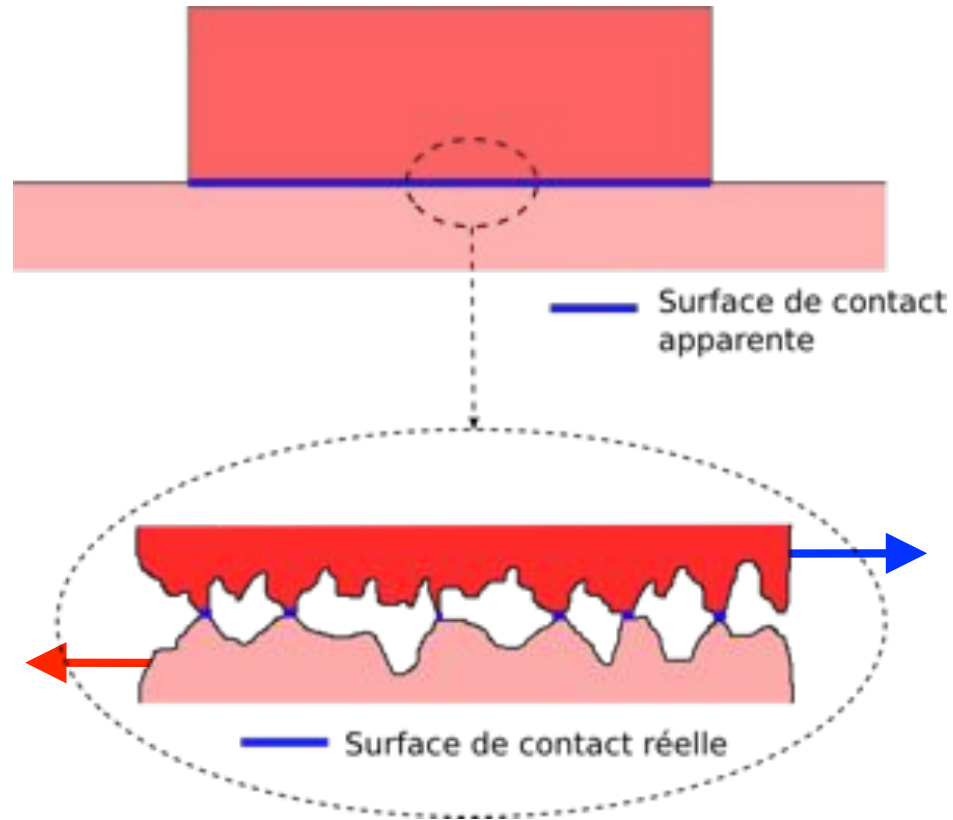
$$\vec{F}_{\text{frott}} = -\mu N \vec{u}_v$$

$$\mu < \mu_0$$

coeff. de
frottement
cinétique

<

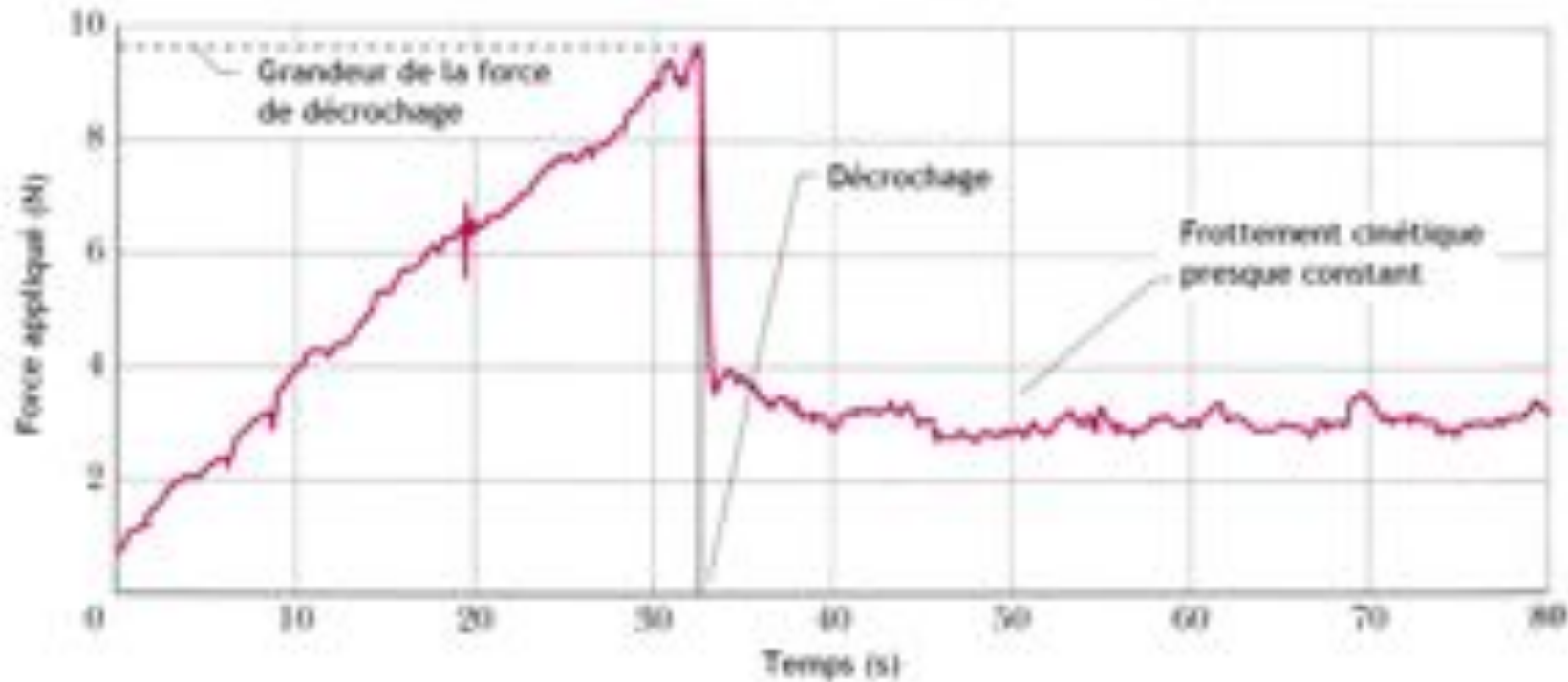
coeff. de
frottement
statique



	Cas statique	Cas cinétique
glace sur glace	0,1	0,03
bois-bois	0,4	0,2
acier-acier	0,7	0,6
acier-bois	0,2-0,6	0,15-0,55
pneu sur route sèche	0,6-1	0,6
pneu sur route humide	0,6	0,3

Frottements

Frottement cinétique (1)



force de frottement cinétique ($v \neq 0$)

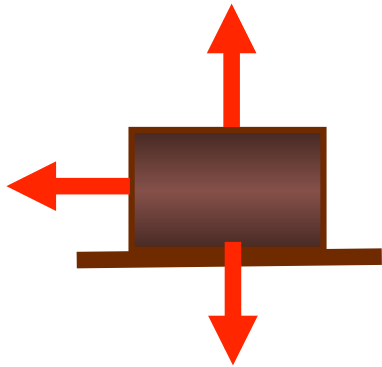
$$\vec{F}_{\text{frott}} = -\mu N \vec{u}_v$$

- μ coefficient de frottement cinétique $< \mu_0$
- valeur indépendante de la vitesse
- valeur proportionnelle à N
- direction opposée à la vitesse

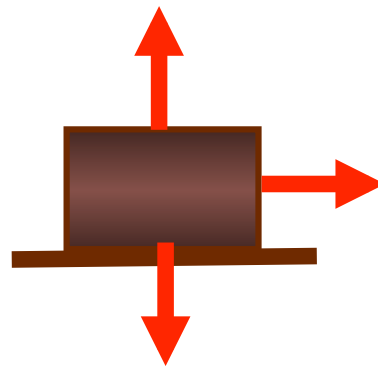
Frottement solide

Révision : même question

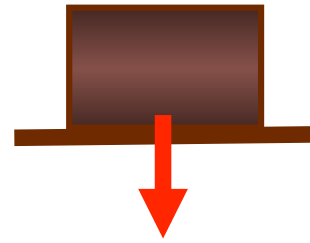
La même caisse avance maintenant à vitesse constante vers la droite sur une surface rugueuse. Quel schéma décrit le mieux les forces qui agissent sur la caisse ?



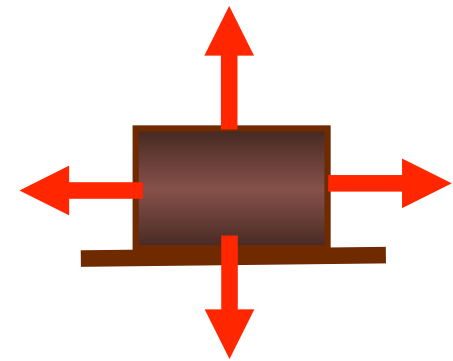
A



B



C



D