

Chapitre 2.5a – Les coefficients de frottement

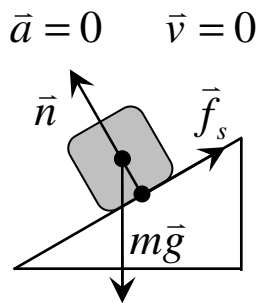
Deux types de frottement de surface

Lorsqu'il y a deux objets en contact, il y a du frottement de surface. Par contre, on peut définir deux types de frottement : statique et cinétique.

Statique :

Force de frottement agissant sur un **objet immobile** par rapport à la surface de contact.

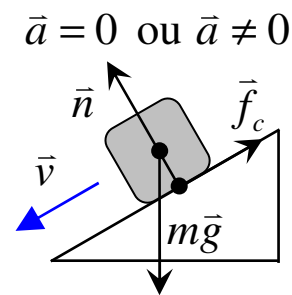
Symbole : \vec{f}_s
Unité (Newton) : $[\vec{f}_s] = \text{N}$



Cinétique :

Force de frottement agissant sur un **objet en mouvement** par rapport à la surface de contact.

Symbole : \vec{f}_c
Unité (Newton) : $[\vec{f}_c] = \text{N}$



Le frottement cinétique

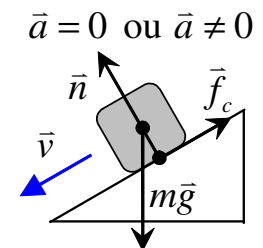
Expérimentalement, le **frottement cinétique** est **proportionnel** à la **force normale** n appliquée par l'objet qui produit le frottement et aux deux types de surfaces en contact. Plus la force normale sera grande, plus le frottement cinétique sera grand. Ce frottement s'applique seulement si l'**objet** subissant le frottement est en **mouvement par rapport** à sa **surface** de contact :

$$f_c = \mu_c n$$

où f_c : Force de friction cinétique (N).

μ_c : Coefficient de frottement cinétique (pas d'unité).

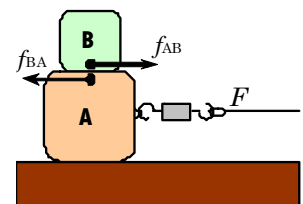
n : Force normale (N).



Il est difficile de donner une définition vectorielle au frottement, car cette force peut également accélérer un objet (force même sens que la vitesse de l'objet).

Exemple :

Un bloc **B** est accéléré par le frottement appliquée par un bloc **A**. Le bloc **A** est accéléré pas une force extérieure de traction et est ralenti par l'action-réaction du frottement.



Le frottement statique

Lorsque l'objet est immobile par rapport à une surface grâce à un frottement, alors la surface applique une force de **frottement statique**. Cette force n'est pas constante, car elle s'ajuste en module et en orientation afin de respecter la 2^e loi de Newton suivante :

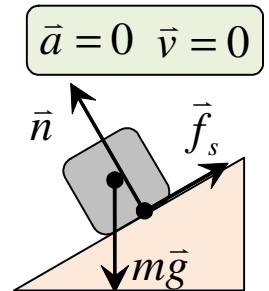
$$\begin{aligned} \sum \vec{F} = m\vec{a} &\quad \Rightarrow \quad \sum F_{//} = 0 && \text{(Accélération nulle)} \\ &\quad \Rightarrow \quad \sum F_{// \text{ autre}} - f_s = 0 && (f_s \text{ s'oppose aux autres forces } \sum F_{// \text{ autre}}) \end{aligned}$$

(Accélération égale zéro, car l'objet est immobile et demeure immobile)

Le rôle du frottement statique est de bloquer les autres forces voulant provoquer un mouvement parallèle à la surface de contact jusqu'à une valeur limite $f_{s(\max)}$:

$$0 \leq f_s \leq f_{s(\max)} \quad \text{où} \quad f_{s(\max)} = \mu_s n$$

- où
- $f_{s(\max)}$: Force de frottement statique maximale (N)
 - μ_s : Coefficient de frottement statique (pas d'unité).
 - n : Force normale (N).



Ainsi, selon le module et l'orientation des autres forces appliquées sur un objet, la force de frottement statique sera dans le sens opposé dont le module va satisfaire le critère

$$\sum F_{// \text{ autre}} = f_s \quad \text{tel que} \quad 0 < f_s \leq \mu_s n$$

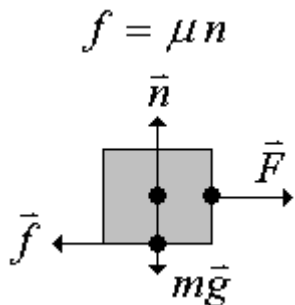
Autrement (si $f_s > \mu_s n$), on prouve que l'objet ne peut pas être immobilisé grâce au frottement statique.

Frottement cinétique f_c vs frottement statique f_s

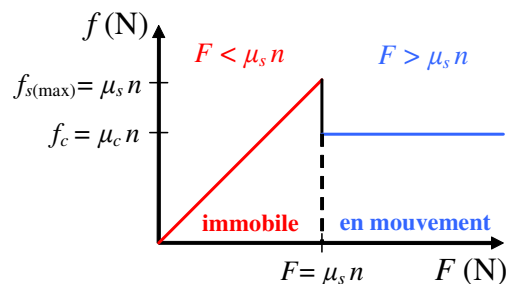
Si l'objet est initialement immobile, nous avons deux scénarios possibles : (surface immobile)

- 1) $\sum F_{//} \leq \mu_s n \quad \Rightarrow \quad$ l'objet reste immobile $(f = f_s = \sum F_{//} , a_{//} = 0)$
- 2) $\sum F_{//} > \mu_s n \quad \Rightarrow \quad$ l'objet accélère $(f = f_c = \mu_c n , a_{//} \neq 0)$

Voici un graphique illustrant la force de frottement f en fonction d'une force de poussée \vec{F} appliquée sur un objet initialement immobile. La force de frottement peut être statique, statique maximale ou bien cinétique. :



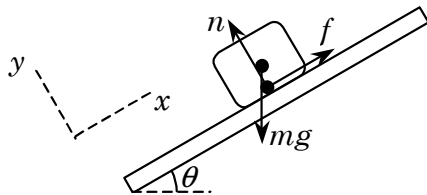
(Schéma des forces de la situation)



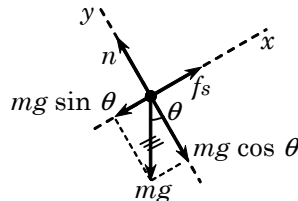
P.S. Ce graphique est une approximation de la réalité.

Situation 4 : Bloc sur le point de glisser. On dépose un bloc de laiton de 2 kg sur une plaque en acier. On augmente lentement l'angle θ que fait la plaque avec l'horizontale et on observe que le bloc se met à glisser lorsque θ dépasse 27° . On désire déterminer le coefficient de frottement statique entre le laiton et l'acier.

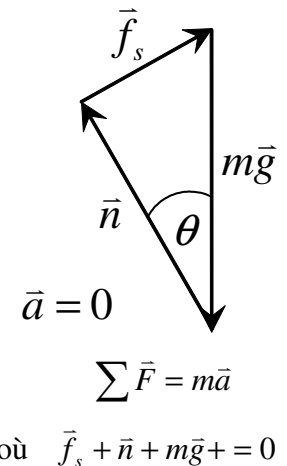
Voici le schéma des forces de la situation :



Décomposition des forces selon l'axe x et y :



Résolution de la 2^e loi de Newton graphiquement :



Développons notre 2^e loi de Newton selon l'axe y afin d'obtenir la normale à la surface \vec{n} :

$$\begin{aligned} \sum F_y = ma_y &\Rightarrow n - mg \cos(\theta) = ma_y && \text{(Remplacer } \sum F_y \text{)} \\ &\Rightarrow n - mg \cos(\theta) = 0 && \text{(Remplacer } a_y = 0 \text{)} \\ &\Rightarrow n = mg \cos(\theta) && \text{(Isoler } n \text{)} \\ &\Rightarrow n = (2)(9,8)\cos(27^\circ) && \text{(Remplacer valeurs numériques)} \\ &\Rightarrow \boxed{n = 17,5 \text{ N}} && \text{(Évaluer } n \text{)} \end{aligned}$$

Développons notre 2^e loi de Newton selon l'axe x afin d'obtenir le coefficient μ_s lorsque le frottement statique est sollicité au maximum ($f_s = f_{s \max} = \mu_s n$) :

$$\begin{aligned} \sum F_x = ma_x &\Rightarrow f_s - mg \sin(\theta) = ma_x && \text{(Remplacer } \sum F_x \text{)} \\ &\Rightarrow f_{s \max} - mg \sin(\theta) = 0 && \text{(Remplacer } a_x = 0 \text{ et } f_s = f_{s \max} \text{)} \\ &\Rightarrow \mu_s n = mg \sin(\theta) && \text{(Remplacer } f_s = \mu_s n \text{)} \\ &\Rightarrow \mu_s = \frac{mg \sin(\theta)}{n} && \text{(Isoler } \mu_s \text{)} \\ &\Rightarrow \mu_s = \frac{(2)(9,8)\sin(27^\circ)}{(17,5)} && \text{(Remplacer valeurs numériques)} \\ &\Rightarrow \boxed{\mu_s = 0,508} && \text{(Évaluer } \mu_s \text{)} \end{aligned}$$

