
FROTTEMENT SOLIDE

On s'intéresse dans ce chapitre aux forces d'interaction s'exerçant entre deux solides en contact.

Ces forces se répartissent sur toute la surface commune aux deux solides et dépendent de la nature chimique des surfaces, de leur arrangement microscopique et de leur nature rugueuse ou lisse à l'échelle macroscopique.

Il n'y a pas d'expression théorique simple de ces forces mais les lois empiriques de Coulomb les décrivent assez bien.

I- Cas où l'un des solides glisse sur l'autre

Dans le cas du glissement, la vitesse du point de contact de l'un des solides par rapport à l'autre est non nulle.

I-1- Loi de coulomb



La force de réaction $\vec{R}$ exercée par le support sur le solide est telle que : $\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$

- $\vec{N}$ composante de $\vec{R}$ normale au support : elle est toujours dirigée vers l'extérieur du support puisqu'elle empêche la pénétration du pavé dans le support ;
- $\vec{T}$ composante de $\vec{R}$ tangente au support appelée force de frottement.

Si le solide glisse à la vitesse $\vec{v}$ par rapport au support, il est soumis à la force de réaction $\vec{R}$ telle que :

- $\|\vec{T}\| = f_d \|\vec{N}\|$
- $\vec{T} // \vec{v}$ et $\vec{T} \cdot \vec{v} < 0$

Le coefficient de frottement dynamique f_d dépend de la nature et de l'état des surfaces mais pas de l'aire de la surface de contact.

C'est un coefficient sans dimension de l'ordre de quelques dixièmes.

Remarque : Un contact sans frottement correspond au cas où $f_d = 0$ donc seule subsiste la composante normale au support de la réaction.

I-2- Puissance des forces de contact

La puissance de la force $\vec{R}$ qui s'exerce sur le pavé glissant à la vitesse $\vec{v}$ sur le support est elle que :

- $P_{\vec{N}} = \vec{N} \cdot \vec{v} = 0$: la composante normale ne travaille pas ;
- $P_{\vec{T}} = \vec{T} \cdot \vec{v} \leq 0$: cette force contribue à faire baisser l'énergie mécanique du pavé, elle est non conservative.

II- Cas où la vitesse de glissement est nulle

Par exemple :

- les solides sont immobiles l'un par rapport à l'autre ;
- ou cas du roulement sans glissement (la vitesse du point de la roue en contact avec le sol est nulle).

II-1- Loi de Coulomb

La force de réaction $\vec{R}$ exercée par le support sur le solide est toujours telle que : $\vec{R} = \vec{N} + \vec{T}$

Lorsque la vitesse de glissement est nulle :

- $\|\vec{T}\| \leq f_s \|\vec{N}\|$ où f_s est le coefficient de frottement statique ;
- $\vec{T}$ est orientée de telle façon que le corps puisse effectivement être en équilibre.

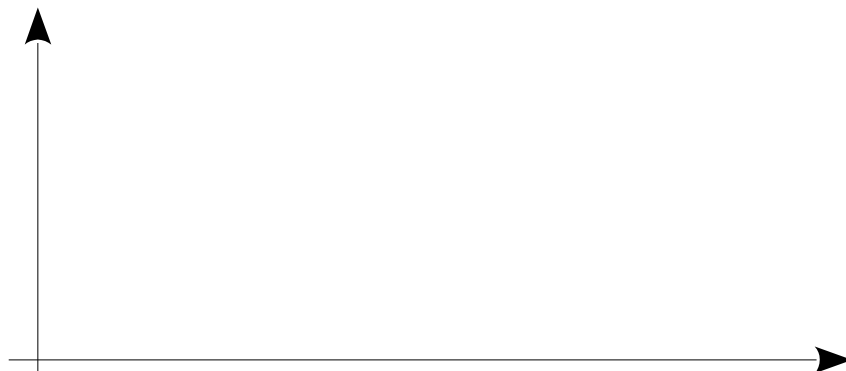
Le coefficient statique f_s est sans dimension, en général légèrement plus grand que le coefficient de frottement dynamique mais très souvent les deux peuvent être confondus : $f_s \approx f_d$.

II-2- Puissance des forces de contact

Elles sont nulles dans le référentiel du support puisque le point d'application de la force a une vitesse nulle dans ce référentiel.

En résumé :

- Si un solide est au repos sur une surface et si on applique une force $\vec{F}_{app}$ parallèle à la surface alors la force de frottement statique ajuste automatiquement sa valeur pour compenser la force appliquée mais seulement jusqu'à une valeur maximale : $\|\vec{T}\|_{max} = f_s \|\vec{N}\|$.
- Si le bloc glisse sur la surface alors $\|\vec{T}\| = f_d \|\vec{N}\|$



III- Applications directes du cours

III-1-Application n°1 : Glissement d'un carton

Un carton de masse m est lancé sur le sol horizontal avec une vitesse initiale $v_0 \overrightarrow{u_x}$. Le carton frotte sur le sol avec le coefficient de frottement f .

Déterminer l'expression de la distance à laquelle il s'arrête.

III-2- Application n°2 : Pente limite pour qu'il y ait glissement

Un pavé de masse m est en équilibre sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale.
On note f le coefficient de frottement.

Déterminer l'inclinaison limite au delà de laquelle le pavé glisse.