

# Chapitre 3 : Lois du frottement solide

## I. Lois de Coulomb

### 1. Description des actions de contact

Les actions de contact sont les actions qu'exerce un solide sur l'autre lorsque leurs surfaces sont en contact. Ces actions sont dues aux interactions entre les atomes qui constituent les solides et qui sont proches de la surface. Elles dépendent de la nature des surfaces en contact : matériaux, rugosité... Les lois énoncées dans ce chapitre décrivent les comportements expérimentaux mais n'ont pas de fondement théorique. Ce sont des lois phénoménologiques. Elles concernent un contact entre un point matériel et un solide. Elles restent valables pour le contact entre deux solides. On considère un point matériel  $M$  en contact avec un support. Le support exerce une réaction sur le point matériel notée  $\vec{R}$ . Cette réaction se décompose en une réaction normale au support notée  $\vec{N}$  et une réaction tangentielle au support notée  $\vec{T}$ .

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{T} \quad (1)$$

### 2. Énoncé des lois

#### Hypothèses :

- $M$  point matériel en contact avec un support
- Le support est immobile.
- On note  $\vec{v}$  la vitesse du point  $M$  par rapport au support.
- On note  $\vec{n}$  le vecteur normal au support orienté du support vers le point  $M$ .

**Énoncé :**

S'il y a absence de glissement de  $M$  sur le support, on peut écrire : où  $f_s$  est le coefficient

de frottement statique entre  $M$  et le support.

S'il y a glissement de  $M$  sur le support, on peut écrire : où  $f_d$  est le coefficient de

frottement dynamique entre  $M$  et le support.

Pour résoudre les exercices faisant intervenir les lois de Coulomb, il faudra faire l'hypothèse du glissement ou non et la valider.

### 3. Contact sans frottement

Lorsque le contact est modélisé par un contact sans frottement, on fait tendre le coefficient de frottement vers 0. Ce cas est inclus dans les lois de Coulomb. On obtient  $\|\vec{T}\| = 0$  et donc  $\vec{T} = \vec{0}$ . La réaction du support sur  $M$  est uniquement normale.

### 4. Exemple de coefficients de frottement

Surfaces en contact	$f_s$	$f_d$
Acier sur acier	0.6	0.4
Aluminium sur acier	0.61	0.47
Caoutchouc sur acier	0.4	0.3
Pneus neufs sur route sèche	0.9	0.8
Pneus usés sur route humide	0.1	0.05

**Remarques :**

## 5. Exemple

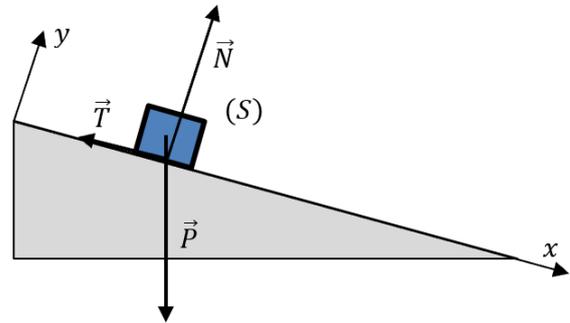
Soit un solide ( $S$ ) posé sur un plan incliné d'angle  $\alpha$ .

On ne fait pas de différence entre les deux coefficients de frottement et on note  $f$  le coefficient de frottement.

**Systeme** : solide ( $S$ )

**Référentiel** : terrestre galiléen

**Bilan des forces extérieures** : cf schéma



## II. Aspect énergétique

### 1. Puissance de la force de contact

Puissance de la force de contact :

$$P(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{v} = (\vec{N} + \vec{T}) \cdot \vec{v} = \vec{T} \cdot \vec{v}$$

Plusieurs cas se présentent :

- Si  $(S)$  est immobile par rapport au support,  $\vec{v} = \vec{0}$ . On a alors  $P(\vec{R}) = 0$ .
- Si  $(S)$  glisse sur le support, la loi de Coulomb nous donne que  $\vec{T} \cdot \vec{v} \leq 0$ . On a alors  $P(\vec{R}) \leq 0$ .

#### Conclusion :

L'action de contact est une action qui tend à faire diminuer l'énergie mécanique du système. Les frottements constituent une force de freinage.

$$P(\vec{R}) \leq 0 \quad (2)$$

### 2. Puissance totale des forces de contact entre deux solides

On considère deux solides en contact  $(S_1)$  et  $(S_2)$  en mouvement de translation l'un par rapport à l'autre. On se place dans le référentiel lié à  $(S_2)$ . On note  $\vec{v}_{1/2}$  la vitesse de  $(S_1)$  dans ce référentiel. Il s'agit de la vitesse de  $(S_1)$  par rapport à  $(S_2)$ .

On note  $\vec{R}_{1 \rightarrow 2}$  l'action de  $(S_1)$  sur  $(S_2)$  et  $\vec{R}_{2 \rightarrow 1}$  l'action de  $(S_2)$  sur  $(S_1)$ .

La puissance de  $\vec{R}_{1 \rightarrow 2}$  s'écrit :

$$P(\vec{R}_{1 \rightarrow 2}) = \vec{R}_{1 \rightarrow 2} \cdot \vec{v}_{1/2} = \vec{T}_{1 \rightarrow 2} \cdot \vec{v}_{1/2}$$

La puissance de  $\vec{R}_{2 \rightarrow 1}$  s'écrit :

$$P(\vec{R}_{2 \rightarrow 1}) = \vec{R}_{2 \rightarrow 1} \cdot \vec{0} = 0$$

**Conclusion :**

La puissance totale des forces de contact entre deux solides s'écrit :

$$P = \vec{T}_{1 \rightarrow 2} \cdot \vec{v}_{1/2} \leq 0 \quad (3)$$

La puissance des actions de contact est nulle lorsqu'il n'y a pas de glissement et négative lorsqu'il y a glissement.