

LES
FROTTEMENTS

1) Mise en évidence du frottement

2) Lois de Coulomb avec glissement

3) Lois de Coulomb sans glissement

4) Caractéristiques du facteur de frottement

5) Synthèse



1) Mise en évidence du frottement

▶ Rappel : en l'absence de frottement l'action mécanique de contact entre deux solides est modélisée par un glisseur :

☞ de point d'application : le point de contact ou le milieu de la surface de contact : ligne, plan...
(si répartition de pression uniforme)

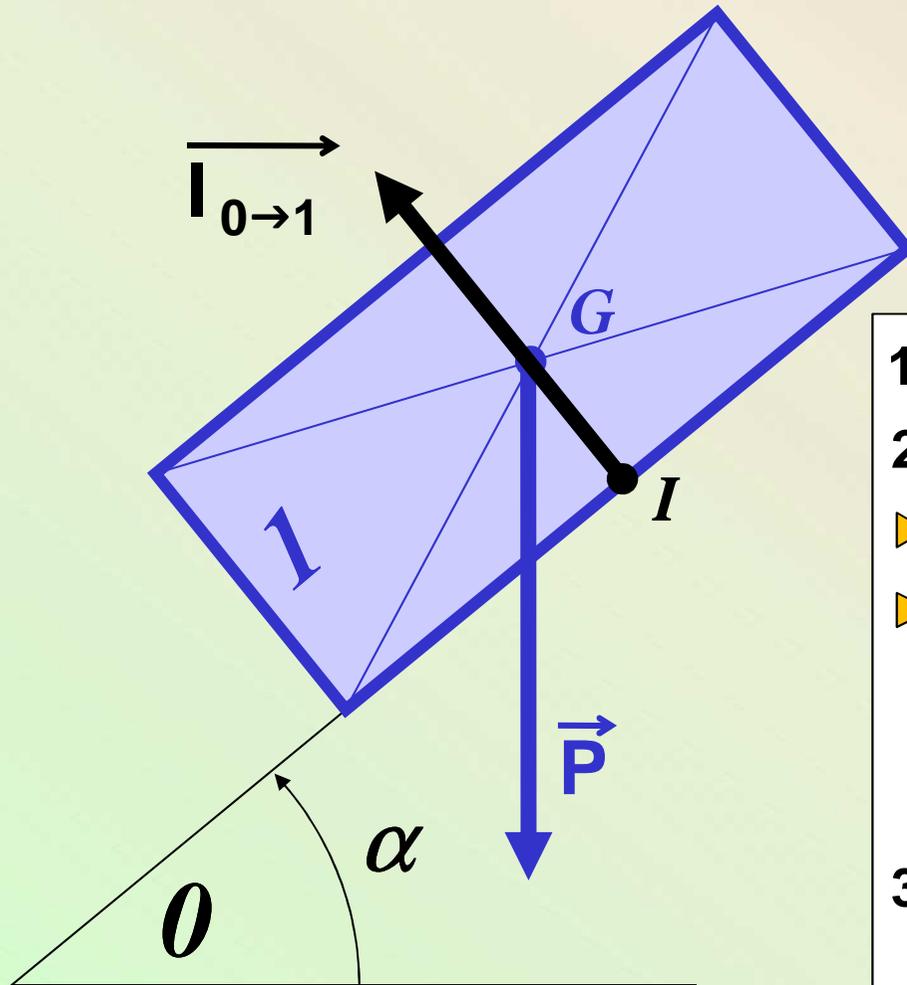
☞ de direction : perpendiculaire au plan commun tangent des deux solides en contact.

☞ de sens : dirigé vers l'intérieur de la pièce isolée.
(coté matière)

Les lois du frottement (lois de Coulomb) sont utilisées lorsqu'on ne peut plus faire l'hypothèse de frottement négligeable.

► Etude d'un exemple simple :

→ soit un solide 1 posé sur un plan incliné fixe 0 sans frottement.



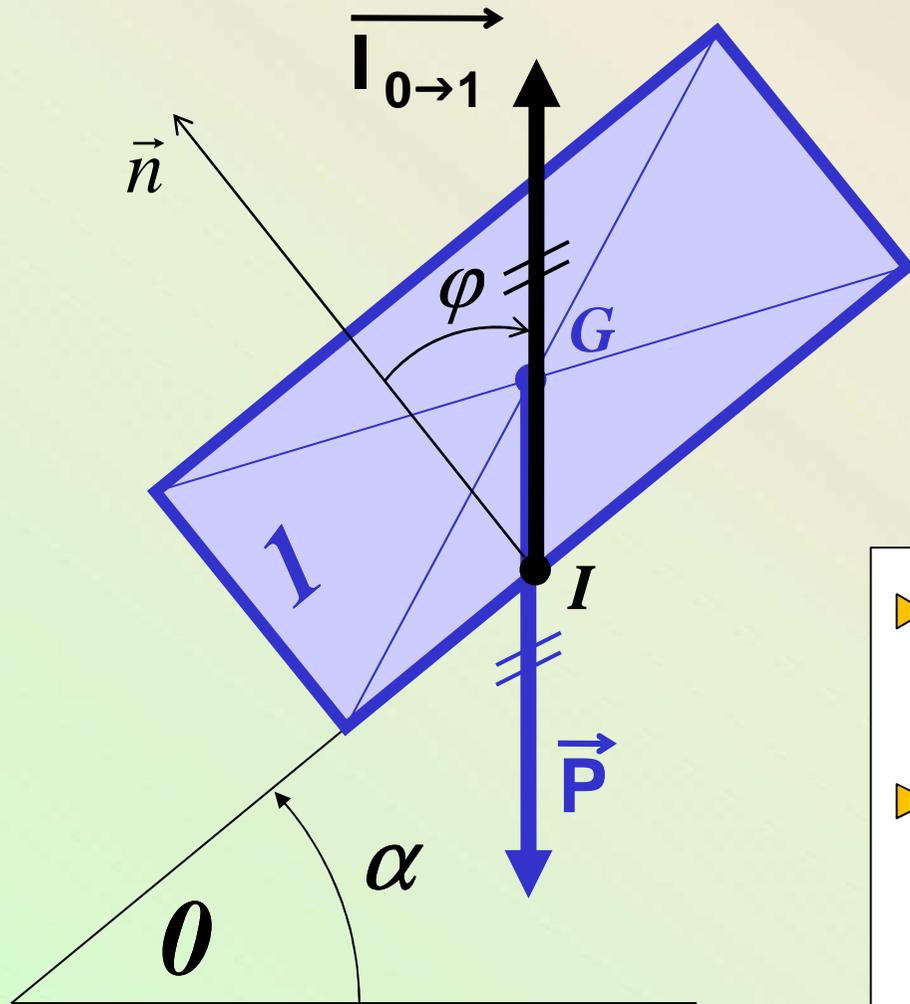
Peut-il y avoir équilibre ?

- 1) Isoler : le solide 1
 - 2) BAME :
 - poids : vertical et vers le bas
 - action du bâti 0 : glisseur qui est :
 - perpendiculaire au plan de contact
 - appliqué au milieu surface de contact
 - dirigé de 0 vers 1
 - 3) PFS : deux glisseurs
- ↓
- Équilibre si égaux et directement opposés

→ **Pas d'équilibre possible.**



On constate expérimentalement qu'il y a équilibre (si α pas trop grand)

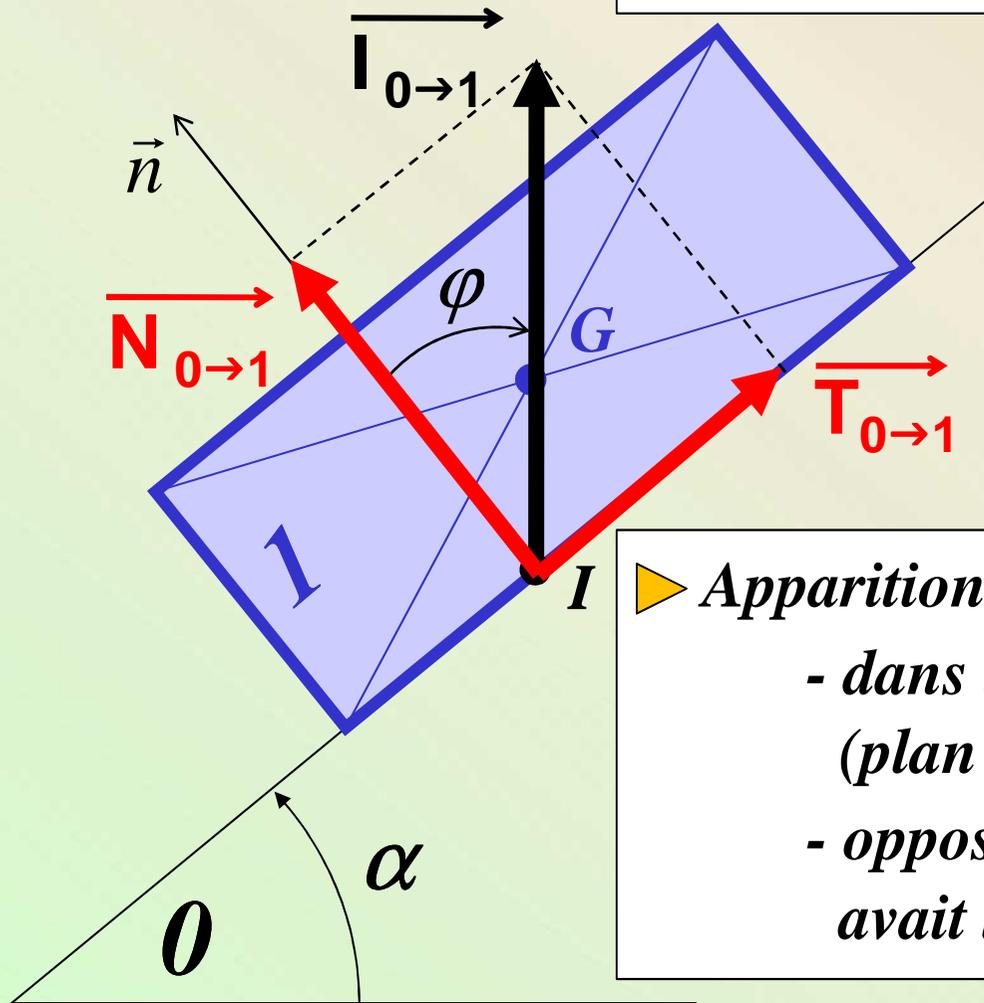


Les deux glisseurs sont donc égaux et directement opposés

- ▶ *Le point d'application I n'est pas au milieu de la surface de contact.*
- ▶ *L'action de contact s'incline d'un angle φ par rapport à la perpendiculaire au plan de glissement (commun tangent).*



► *Apparition d'une composante normale :
dirigée « coté matière »*



► *Apparition d'une composante tangentielle :*

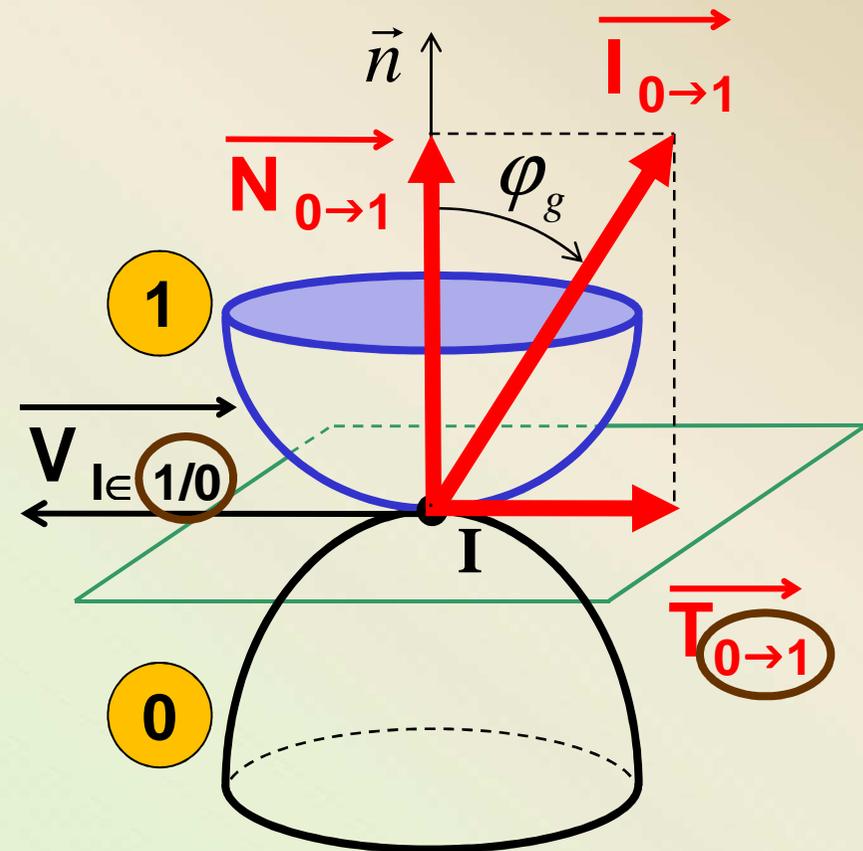
- *dans le plan de glissement
(plan commun tangent)*
- *opposée au glissement de 1/0 s'il
avait lieu (si pas de frottement)*

2) Lois de Coulomb avec glissement

➔ On suppose deux solides (1 et 0) en contact ponctuel en I avec frottement et glissement des deux solides entre eux.

Mettons en place l'action de 0 sur 1 au point de contact I

- 1) Chercher le plan commun tangent.
(plan de glissement)
- 2) Tracer la normale.
(dirigée coté matière)
- 3) En déduire la composante normale.
- 4) Chercher la direction de la vitesse de glissement $\underline{1/0}$.
(dans le plan de glissement)
- 5) D'où la composante tangentielle.
(opposée à la vitesse de glissement)
- 6) En déduire l'angle de frottement φ_g .



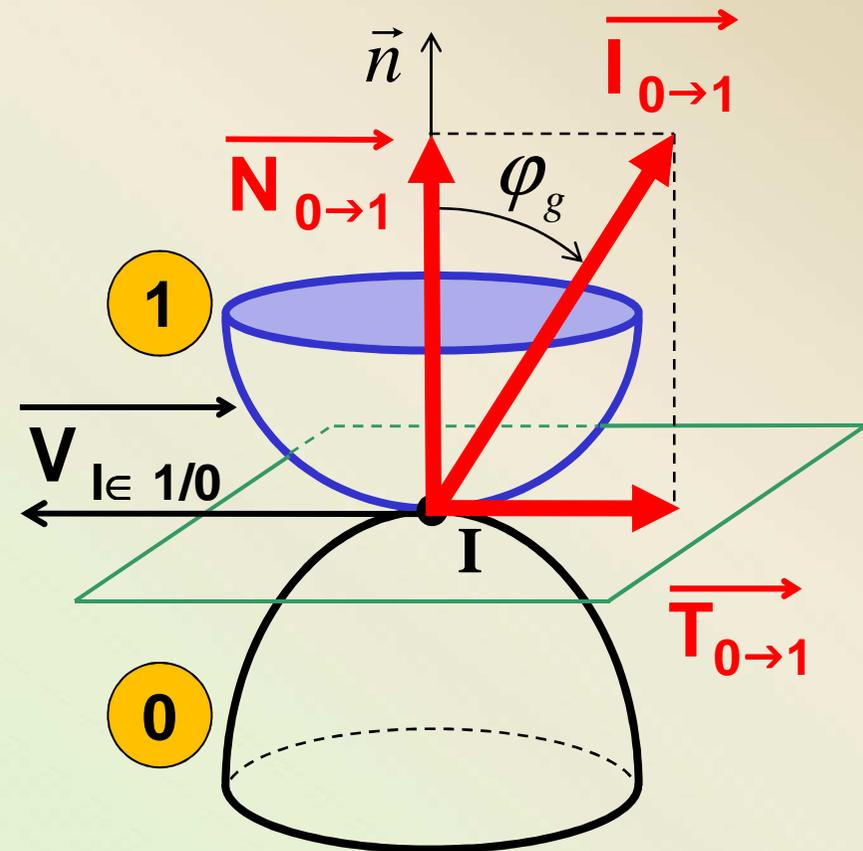
L'action de contact $\vec{T}_{0 \rightarrow 1}$ fait un angle φ_g constant avec la normale au plan tangent commun aux deux solides.

→ φ_g est appelé angle de frottement de glissement.

On a :

$$\tan \varphi_g = \frac{\|\vec{T}_{0 \rightarrow 1}\|}{\|\vec{N}_{0 \rightarrow 1}\|} = f_g$$

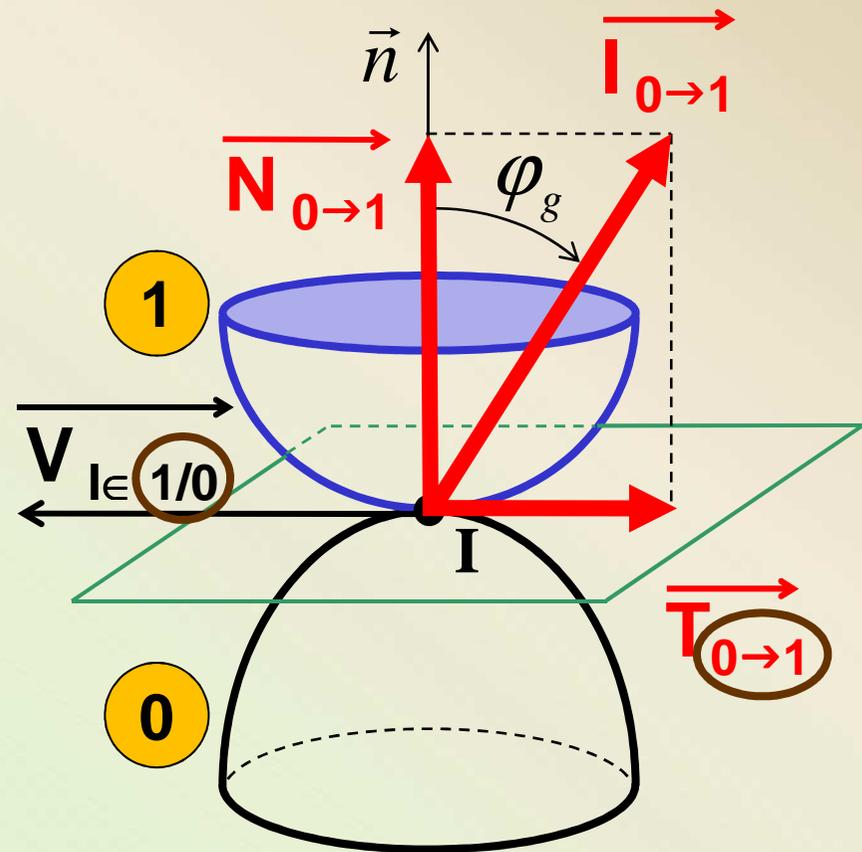
Avec f_g le facteur de frottement de glissement



La composante tangentielle $\vec{T}_{0 \rightarrow 1}$ est dans le plan de glissement (plan commun tangent) et opposée à la vitesse de glissement $\vec{V}_{I \in 1/0}$

$$\vec{V}_{I \in 1/0} \wedge \vec{T}_{0 \rightarrow 1} = \vec{0}$$

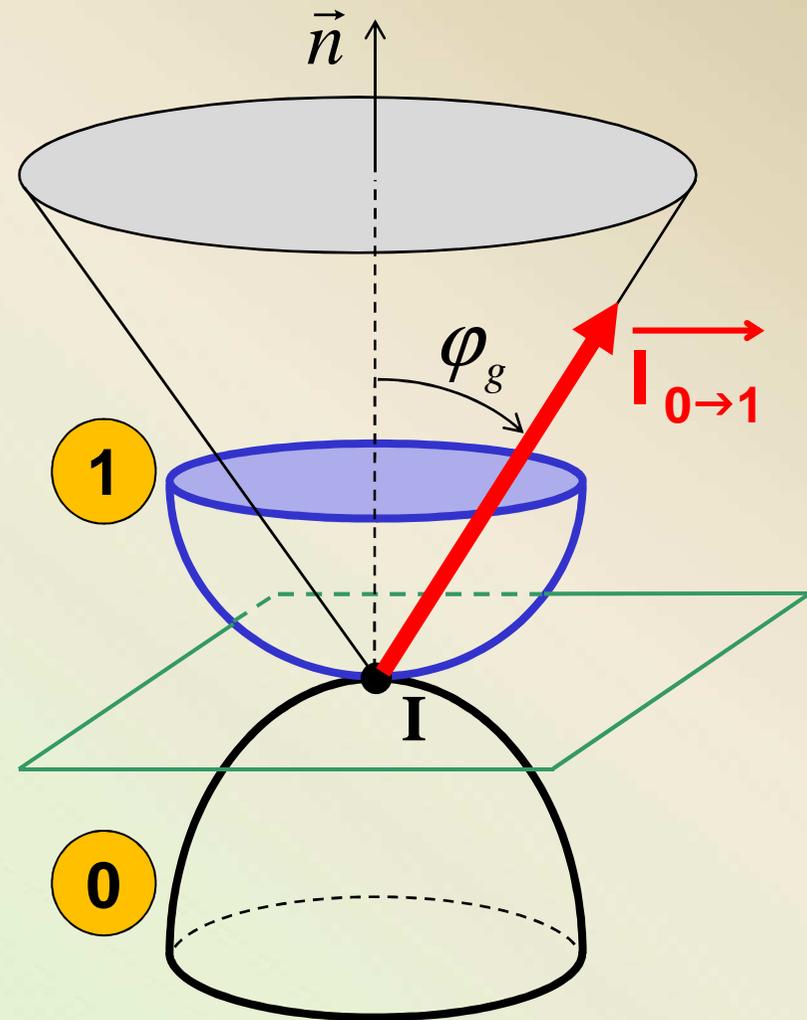
$$\vec{V}_{I \in 1/0} \cdot \vec{T}_{0 \rightarrow 1} < 0$$



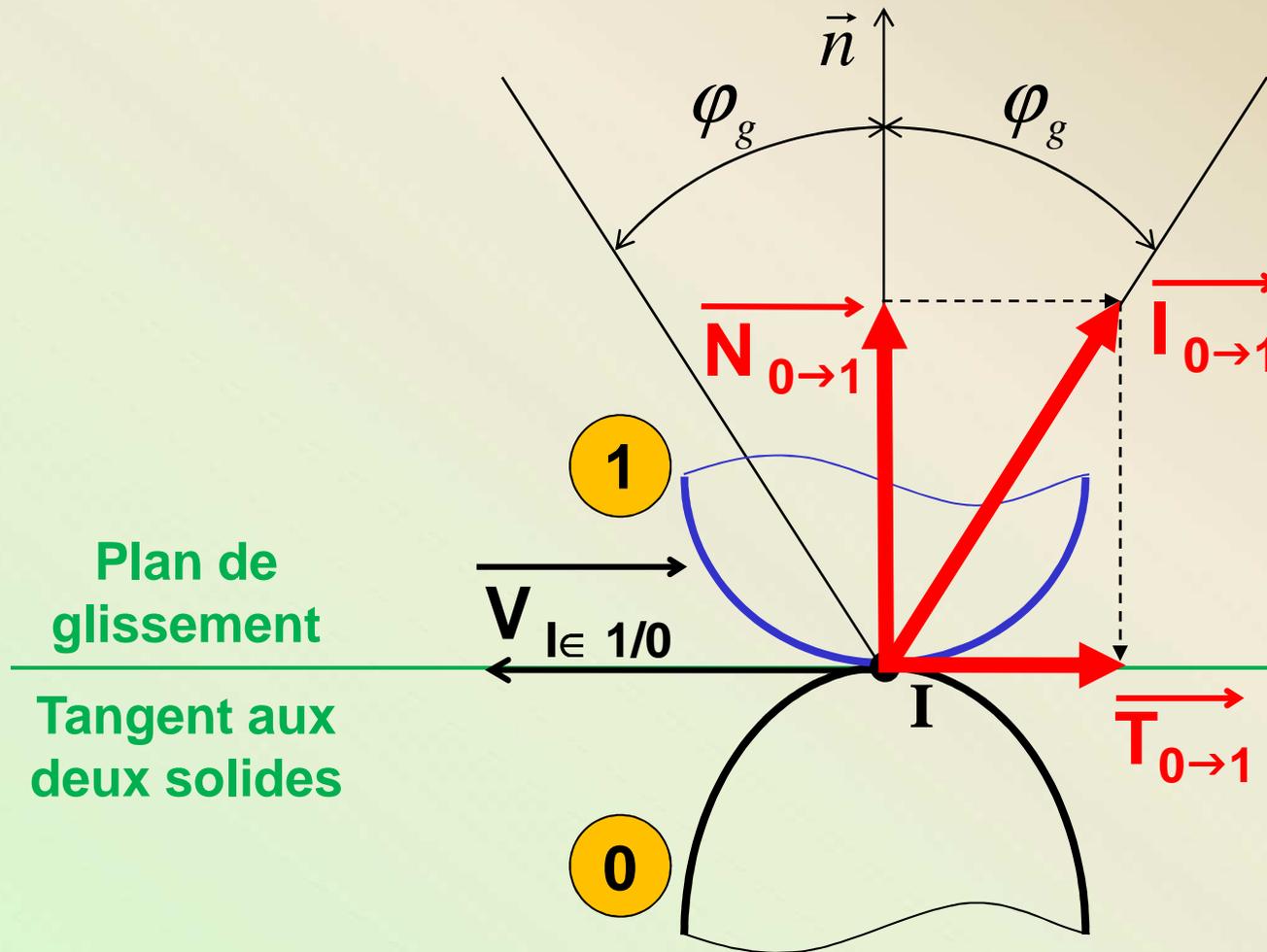
*En cas de glissement entre deux solides l'action de contact
« s'appuie » sur un cône de demi-angle au sommet φ_g*



*On dit que l'action de contact
est située sur le cône de frottement*



En projection orthogonale adéquate nous avons (problème plan) :



3) Lois de Coulomb sans glissement → adhérence

Mêmes résultats que précédemment sauf que l'action de contact est à l'intérieur du cône de frottement (d'adhérence)

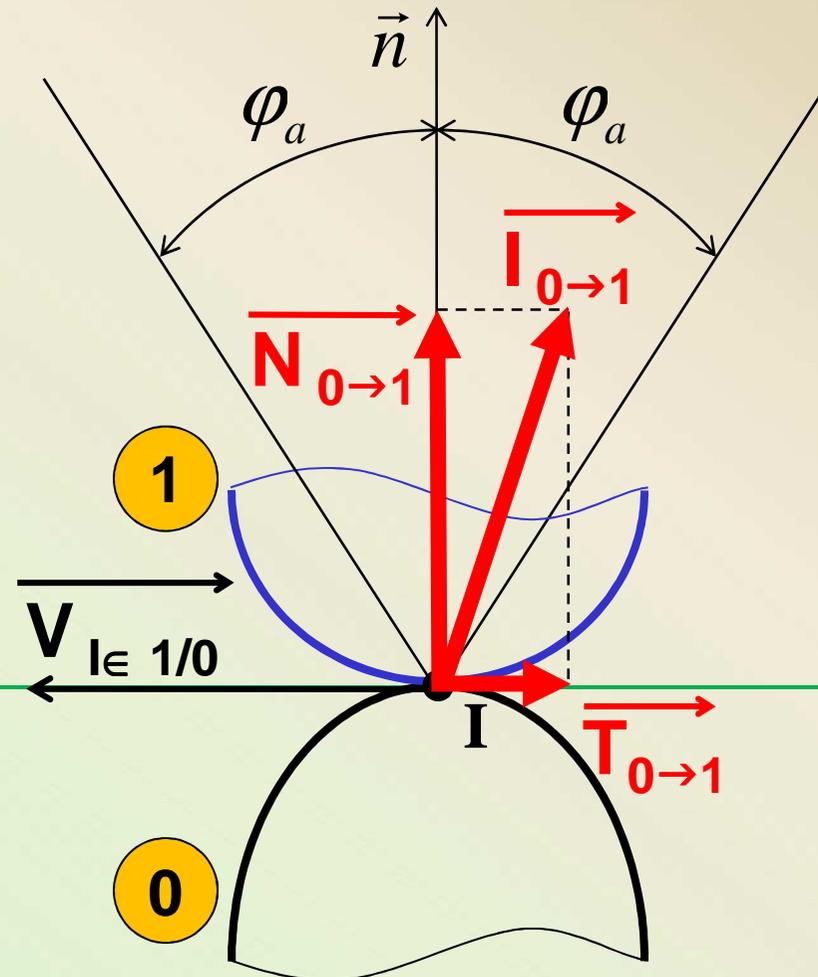
On a en fait :

$$\|\vec{T}_{0 \rightarrow 1}\| \leq \tan \varphi_a \times \|\vec{N}_{0 \rightarrow 1}\|$$

Avec en pratique :

$$\varphi_a \approx \varphi_g \quad \text{et} \quad f_a \approx f_g$$

Plan de glissement
(tangent aux deux solides)



4) Caractéristiques du facteur de frottement

Nous supposons que : $f_a = f_g = \text{constante}$

L'expérience montre qu'en première approximation :

-  *f est indépendant de l'aire des surfaces en contact.*
-  *f dépend de l'état de surface.*
-  *f dépend des matériaux en contact.*
-  *f dépend de la lubrification au niveau des surfaces en contact.*



Valeurs moyennes du facteur de frottement f

	f
Acier / acier (avec lubrification)	0,10
Bronze / acier	0,10
Acier / acier (sans lubrification)	0,15
Cuir / acier	0,25
Garniture friction / acier	0,30
Pneu / route	0,60



5) Synthèse

▶ $\vec{V}_{I \in 1/0} \neq \vec{0}$

(*glissement*)



$$\|\vec{T}_{0 \rightarrow 1}\| = f \times \|\vec{N}_{0 \rightarrow 1}\|$$

$$\vec{V}_{I \in 1/0} \wedge \vec{T}_{0 \rightarrow 1} = \vec{0}$$

$$\vec{V}_{I \in 1/0} \cdot \vec{T}_{0 \rightarrow 1} < 0$$

▶ $\vec{V}_{I \in 1/0} = \vec{0}$

(*adhérence*)



$$\|\vec{T}_{0 \rightarrow 1}\| \leq f \times \|\vec{N}_{0 \rightarrow 1}\|$$

En général on se place à la limite de glissement pour que l'action de contact soit sur le cône et avoir l'égalité.



FIN