

XIII Forces de frottement - forces non conservatives

I. entre et

1. base
2. hauteur

II. entre deux solides

1 - frottement

(sans)

2 - frottement

(avec)

III. autres forces

et forces g

3. résistance au pivotement

Remarque

hors de

(I & II.2)

- Le frottement est une force résistante au
du solide qui s'oppose au
Elle est dirigée dans le sens

$$\vec{F}_{fr} = f()$$

f est une fonction scalaire

qui peut être

(II.2)

I. 1

frottement

dans

à base

(écoulement laminaire)

$$\vec{F}_{fr} =$$



: coefficient de

[]

purex
sphère

$k =$

: coefficient de

[]

coef. viscosité:

η

Liquide

Gaz

Eau 0°
20°
40°

[]

Air 0°
20°
40°

Glycérine

Huile

Alcool

H₂

CO₂

I.2 frottement dans haute

(écoulement derrière le corps)



$$\vec{F}_{tr} = -C_x \frac{\rho}{2} S \vec{V}$$

$[\text{kg/m}^3]$

S : aire de la surface plan $\perp$ à $\vec{V}$

C_x :



Disque

$$C_x \approx$$



Sphère

$$C_x \approx$$



Demisphère et cône

$$C_x \approx$$



Aile d'avion

$$C_x \approx$$

Analyse des unités:

$$\frac{1}{2} C_x$$

S

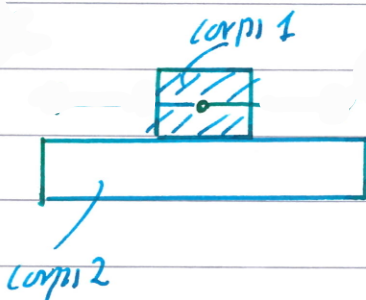
$$[] \cdot [] [] = [] = [N]$$

II.1 Frottement entre deux surfaces en contact

sans déplacement

La vitesse relative est nulle

: résultante des forces



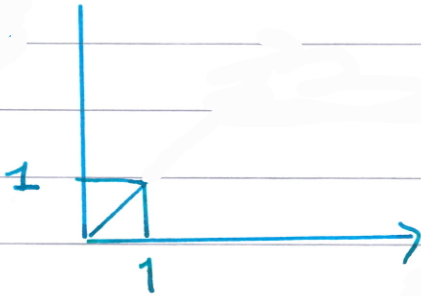
1° Pour autant que la force soit
la force de frottement est

autres que le frottement.

⇒ elle "

"pour que la résultante

2° Passé une certaine valeur, (force
la force de frottement pour faire apparaître la force
cf. II-2.



Frottement

est également le nom donné à
cette force de frottement dans le cas II.1

Force de frottement (définition et formule) du module

$$F_f \leq F_{\text{max}}$$

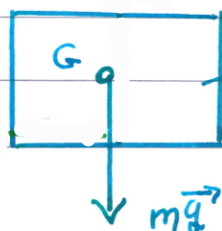
La force maximale que peut encaisser le bloc avant sa mise en mouvement est proportionnelle la force par un facteur

dépend des matériaux, des type de surfaces en contact.



ne dépend pas de de la

car on a $\vec{F}^c = m\vec{g}$



$$\vec{F}^{n_c} + \vec{T}_2$$

$\vec{R}_a$ résultante des forces autres que celles appliquées

II.1 Pour autant que

$$\vec{R}_a = \vec{F}^{n.c.} + \vec{T}_2 + \vec{N} + m\vec{g}$$

$\vec{F}^{n.c.}$ résultantes des forces non conservatives autres que le frottement cf (*)
 $\vec{T}_2$ liaison parfaite tangentielle. $\vec{N}$ normale (liaison parfaite)
 $m\vec{g}$ force du potentiel.

$$\vec{F}_f = \underline{\hspace{10em}} = 0$$

II.2 Frottement deux surfaces sont en contact avec des vitesses

Lorsque deux surfaces une force de frottement

— elle ne dépend que des et est indépendante

— elle est dirigée, opposé

(*) $\vec{F} = \vec{F}^{pot} + \vec{F}^{n.c.} + \vec{T} \leftarrow \text{liaison}$

force issue du potentiel non conservative

$$\vec{T} = \vec{N} + \vec{T}_2$$

$$\vec{F}^{n.c.} = \vec{F}_f + \vec{F}^{n.c.2}$$

II.2 Frottement sec cinétique

(loi de Coulomb)

$$\vec{F}_r =$$



: coefficient de frottement

: force

: vecteur unité dans la direction de la

acier sur acier, dur, sec
acier sur acier, dur, gras
bois sur bois, sec
métal sur glace
pneu sur route mouillée
" " " sèche
acier sur acier surface polie

μ_c

μ_s



la loi empirique des frottements secs est une
bonne approximation, mais

Par exemple pour des surfaces légèrement oxydées
métaux oxydés la proportionnalité

II.3. Résistance au pivotement et au roulement

L'expérience montre qu'il existe également un
couple de résistance au roulement et au pivotement
non conservative !

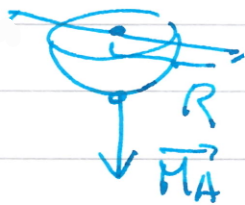
aussi longtemps que le moment extérieur est inférieur
à une certaine valeur le solide reste immobile
et la surface exerce un couple

=

D'autre part lorsque le solide est en rotation

il faut appliquer un couple extérieur pour maintenir
 $\vec{\omega}$ constant.

L'expérience montre que, d'ailleurs, il y a une prop
à la réaction normale
résistance au pivotement $\parallel \vec{N} \parallel$



=

roue bois sur bois	$\delta \approx$	[mm]
roue acier sur acier	$\delta \approx$	[mm]
acier dur poli	$\delta \approx$	[mm]
roue caoutchouc sur asphalte	$\delta \approx$	[mm]

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}^t + \vec{\omega}^n$$

↑
tangential
à la surface

↑
normal
⊥ à la surface

$$\vec{M}_A = \vec{M}_A^t + \vec{M}_A^n$$

Si $\vec{\omega}^t = 0$

≤

$\vec{\omega}^n = 0$

≤

$$\text{Si } \vec{\omega}^{(1)} \neq 0$$

=

$$\text{Si } \vec{\omega}^{(2)} \neq 0$$

=

(
et
et
)

sont des coefficients qui ont la dimension d'une longueur mais pour lesquels on ne connaît pas de loi générale.

III autres forces non conservatives et forces généralisées

Dans le formalisme de Lagrange, lors des forces non conservatives on ajoute au lieu de 0 dans le membre de droite, un terme appelé potentiel, selon également noté U , selon la coord. q_i .

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} =$$

=

Comment obtenir ?

on déduit le travail ^{infinitésimal} engendré lorsqu'on déplace δq_i

$$\delta W = \Rightarrow \text{est obtenu.}$$