

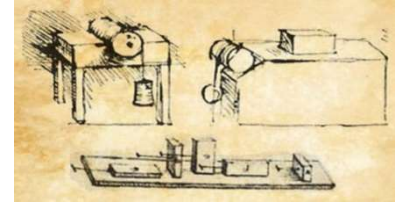


## Objectif

**Effectuer une mesure de coefficient de frottement statique et de coefficient de frottement dynamique.**

## Matériel

1 support élévateur, 1 mètre-ruban, 1 éprouvette, 1 balance, 1 gobelet, 3 potences (avec noix, pinces et tiges), 1 ficelle, 1 rapporteur, 3 surfaces planes en différents matériaux, 3 solides en différents matériaux.



La tribologie désigne la science des phénomènes de frottement. Léonard de Vinci en fut un des pionniers, écrivant en 1493 que la résistance au frottement ne dépend que du poids de l'objet et non de sa forme.

Nous remarquons quotidiennement que pour un support d'un matériau donné, certains objets sont plus faciles à mettre en mouvement que d'autres (frottements statiques) ou bien y glissent mieux que d'autres (frottements dynamiques). Pour le modéliser, les lois d'Amontons-Coulomb introduisent des coefficients de frottement dit statique et dynamique dont la détermination est primordiale pour l'ingénierie des matériaux.

## De quoi dépendent les coefficients de frottements et comment les mesurer ?

Cette fiche permet de prendre les notes pendant la séance de travaux pratiques.

Le compte-rendu visera quant à lui à apporter une réponse à la problématique par une schématisation et une rédaction soignée.

### ----- Approche qualitative :

On considère un solide posé sur un support plan être incliné par rapport à l'horizontal.

- Vérifier qu'il existe un angle limite au-delà duquel la vitesse de glissement est non nulle.
- Proposer un protocole pour montrer que cet angle limite ne dépend ni du poids des solides en jeu ni de la surface de contact mais uniquement de la composition des matériaux. *Appeler le professeur.*

- Réaliser le protocole, noter les résultats obtenus et commenter leur validité.

----- **Méthode du plan incliné :**

Les lois d'Amontons-Coulomb permettent de relier l'angle limite de glissement  $\alpha_{lim}$  d'un solide sur un plan incliné avec la valeur du coefficient de frottement statique  $\mu_s$  entre les deux matériaux :

$$\mu_s = \tan(\alpha_{lim})$$

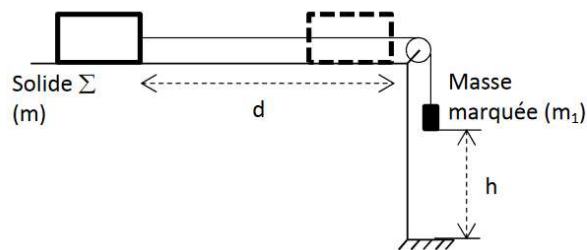
Proposer un protocole pour déterminer  $\mu_s$  de deux matériaux à choisir. *Appeler le professeur.*

- Réaliser le protocole expérimental.  
 En déduire une valeur mesurée de  $\mu_s$ .

$$\mu_s = \quad = \quad \pm$$

----- **Méthode de la traction par lest :**

Le coefficient de frottement dynamique entre deux solides peut être mesuré grâce au montage suivant :



Le solide  $\Sigma$ , initialement immobile, est entraîné par la chute de la masse marquée sur une hauteur  $h$ . Après avoir franchi la longueur  $h$ , le solide  $\Sigma$  frottant sur le support horizontal parcourt encore une distance  $d - h$  avant de s'immobiliser à nouveau. En supposant que le fil est inextensible, que la liaison pivot au niveau de la poulie est parfaite et que les masses du fil et de la poulie sont négligeable, les coefficients de frottement s'expriment :

$$\mu_s = \frac{m_1}{m} \qquad \mu_d = \frac{1}{\frac{m}{m_1} + \left(1 + \frac{m}{m_1}\right) \frac{d-h}{h}}$$

Démontrer les expressions proposées par application au solide  $\Sigma$  du principe fondamental à l'instant de la mise en glissement ( $\mu_s$ ) et du théorème de l'énergie cinétique entre l'instant de mise en glissement et l'arrêt ( $\mu_d$ ). On réalisera au préalable un bilan des forces soigné sur chaque sous-système  $\{m\}$  et  $\{m_1\}$ .

Principe fondamental de la dynamique appliqué au système  $\{m\}$  :  $m \|\vec{a}\| = \|\vec{F}\| - \|\vec{R}_T\|$   
 Principe fondamental de la dynamique appliqué au système  $\{m_1\}$  :  $m_1 \|\vec{a}\| = \|\vec{P}_1\| - \|\vec{F}\|$

La poulie étant parfaite et le fil inextensible, les accélérations des deux systèmes sont égales en normes à  $\|\vec{a}\|$  et on a  $\|\vec{T}\| = \|\vec{F}\|$

En sommant les équations et en injectant l'expression du poids (loi de la gravitation universelle) et de la réaction tangentielle (loi d'Amontons-Coulomb en glissement) il vient :  $(m + m_1) \|\vec{a}\| = \|\vec{P}_1\| - \|\vec{R}_T\| = m_1 g - \mu_d m g$

Ainsi  $\|\vec{F}\| = m \|\vec{a}\| = m \frac{m_1 g - \mu_d m g}{m + m_1}$

On applique le théorème de l'énergie cinétique au système  $\{m\}$  entre l'instant de mise en glissement et l'instant d'arrêt :

$$\Delta E_c = W(\vec{F}) + W(\vec{R}_T) \Rightarrow 0 = W(m\vec{a} - \vec{R}_T)|_h + W(\vec{R}_T)|_d \Rightarrow 0 = m \frac{m_1 g - \mu_d m g}{m + m_1} h - \mu_d m g (d - h)$$

En développant le calcul il vient

$$\mu_d = \frac{1}{\frac{m}{m_1} + \left(1 + \frac{m}{m_1}\right) \frac{d-h}{h}}$$

Indiquer les grandeurs physiques à déterminer expérimentalement pour calculer les coefficients de frottements en précisant les incertitudes de lecture qui y sont associées.

Réaliser plusieurs fois l'expérience avec deux matériaux à choisir afin de compléter le tableau suivant.

m <sub>1</sub>	d	μ <sub>s</sub>	μ <sub>d</sub>

Estimer l'incertitude  $u_A(X)$  pour  $X = \mu_s$  et  $X = \mu_D$  par une approche statistique (*incertitudes de type A*).

Estimer l'incertitude  $u_B(X)$  pour  $X = \mu_s$  et  $X = \mu_D$  par une approche non statistique (*incertitudes de type B*). Les expressions des dérivées partielles seront obtenues à l'aide du logiciel de calcul formel en ligne Wolfram Alpha.

Commenter l'importance relative des différentes incertitudes et expliquer comment les réduire.

Synthétiser vos résultats de mesure des coefficients de frottement statique et dynamique en rappelant le couple de matériaux étudié et en considérant l'incertitude totale  $u(X) = \sqrt{u_A(X)^2 + u_B(X)^2}$ . Commenter leur validité (ordre de grandeur) et leur compatibilité (lien avec la théorie  $\mu_d < \mu_s$ ).

$\mu_s =$	$\pm$
-----------	-------

$\mu_d =$	$\pm$
-----------	-------