

# Frottements solide-solide

Matériel :

- Plan incliné
- Rapporteur
- Boy
- Potence + Noix + pince + fil tendu par une masse
- Carrés à faire glisser

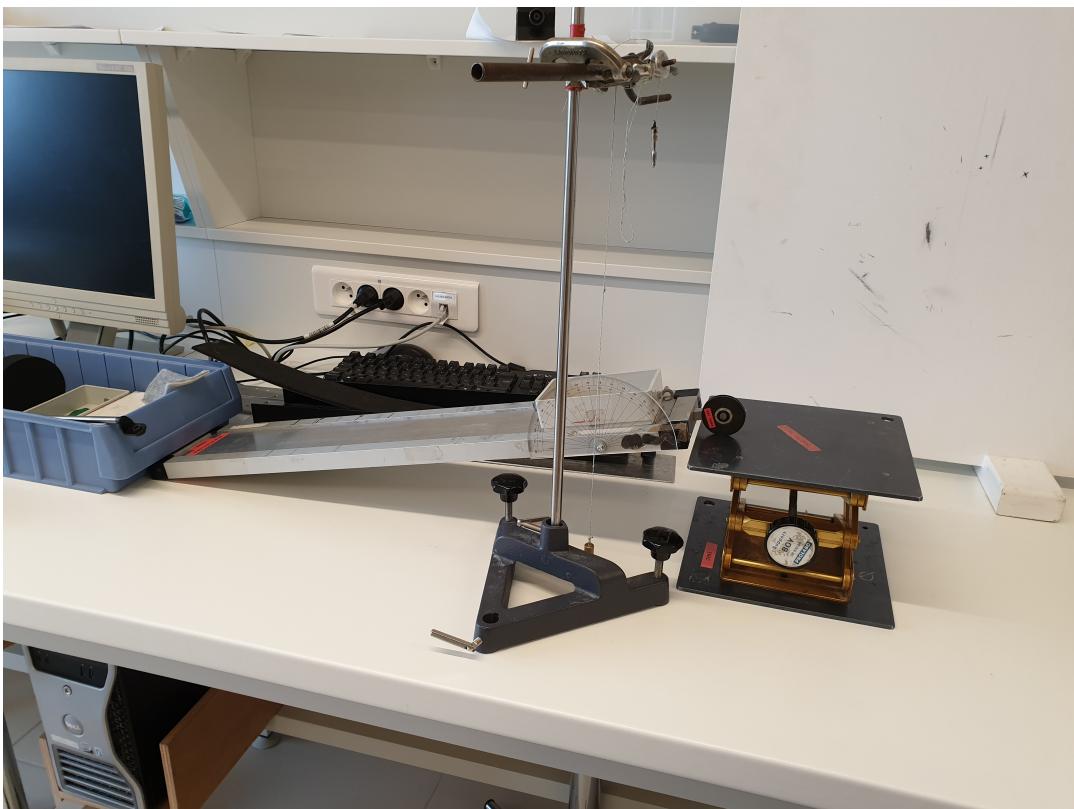
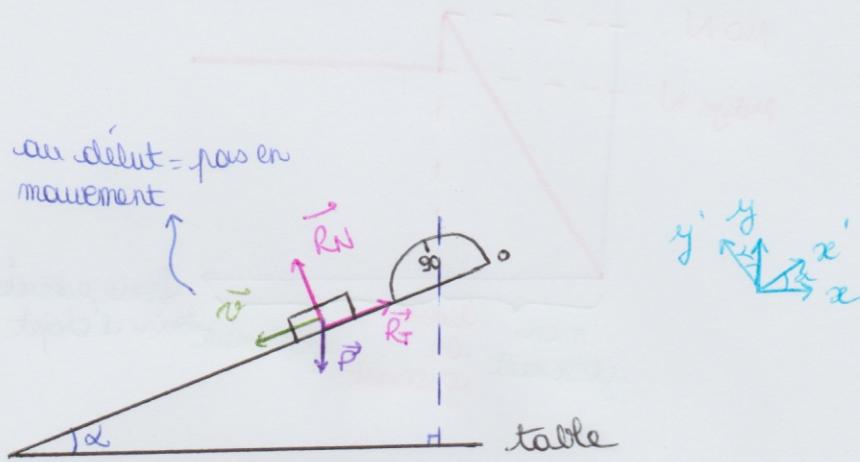


Figure 1

Remarque : On peut aussi imaginer un autre système où on aurait un plan plat et que le carré qui glisse serait tiré par une masse qui pend et on ajoute des poids. (CR Chloé)

### Frottements solide-solide

#### 1) Montage :



#### 2) Théorie : PFD: $\vec{m}\ddot{a} = \vec{P} + \vec{R_N} + \vec{R_T}$

$$\text{A l'équilibre } \ddot{a} = \vec{0} \quad \Rightarrow \quad \vec{0} = \vec{P} + \vec{R_N} + \vec{R_T}.$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{P} = -mg\vec{i}_y \\ \vec{R_N} = N\vec{i}_y' \\ \vec{R_T} = T\vec{i}_{x'} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{à la limite} \\ \text{de glissement} \end{array} \quad T = \mu_0 N$$

$$\Rightarrow \vec{0} = -mg\vec{i}_y + N\vec{i}_y' + \mu_0 N\vec{i}_{x'}$$

$$\left. \begin{array}{l} \vec{i}_{x'} \\ \vec{i}_y' \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0 = -mg\vec{i}_y \cdot \vec{i}_{x'} + \mu_0 N \\ 0 = -mg\sin\alpha + \mu_0 N \end{array} \Rightarrow 0 = -mg\sin\alpha_{\max} + \mu_0 N$$

$\Rightarrow \mu_0 N = mg\sin\alpha_{\max}$

$$0 = -mg\cos\alpha_{\max} + N \Rightarrow N = mg\cos\alpha_{\max}$$

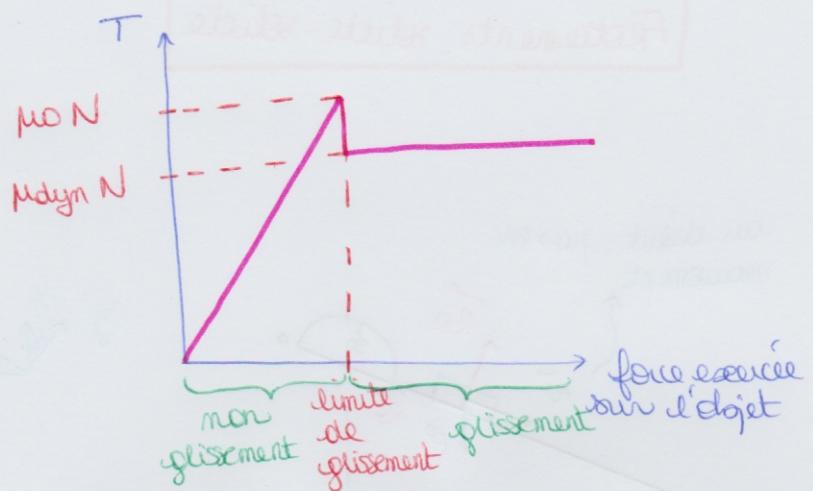
$$\Rightarrow \boxed{\mu_0 = \tan\alpha_{\max}}$$

#### 3) A revoir:

Laws de Coulomb pour les frottements :

- avant glissement :  $\|\vec{T}\| \leq \mu_{\text{stat}} \|\vec{N}\|$  jusqu'à atteindre  $\|\vec{T}\| = \mu_{\text{stat}} \|\vec{N}\|$
- quand il y a glissement :  $\|\vec{T}\| = \mu_0 \text{dyn} \|\vec{N}\|$

Cela donne:



: équation (2)

$$\text{Février} \rightarrow \text{f}_d = \mu f_N = \mu g m = \mu g \rho \pi r^2$$
$$\text{Mars} \rightarrow \text{f}_d = \mu_d f_N = \mu_d g m = \mu_d g \rho \pi r^2$$
$$\mu_d g \rho \pi r^2 = \mu g \rho \pi r^2$$
$$\mu_d = \mu$$

vrai avec ce que

: vues A (8)

Nom du rapporteur : \_\_\_\_\_ classe : \_\_\_\_\_  
 Nom des coéquipiers : \_\_\_\_\_ groupe : \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ date : \_\_\_\_\_

## TP 6 - Frottement statique (entre solides)

### 1. Objectifs

- Etudier l'influence de différents paramètres sur la force de frottement statique
- Déterminer le coefficient de frottement statique pour un contact bois sur bois

### 2. Partie théorique

#### 2.1. Solide au repos sur une surface horizontale

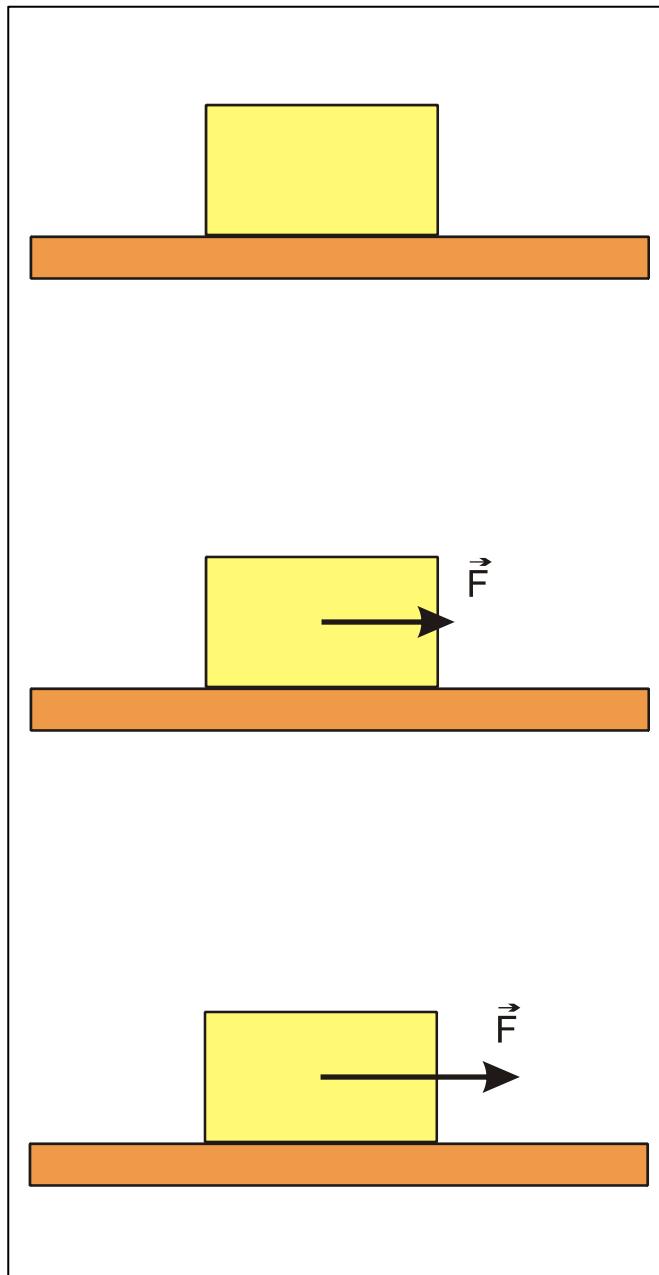
On considère les 3 cas suivants :

- On n'exerce pas de force  $\vec{F}$  sur le solide.
- On exerce une faible force  $\vec{F}$  sur le solide. Le solide reste toujours au repos car il est soumis à une **force de frottement statique**  $\vec{F}_{fr}$  opposée à  $\vec{F}$ .
- On a augmenté l'intensité de la force  $\vec{F}$  jusqu'à une valeur maximum pour laquelle le corps reste encore tout juste au repos. Une force légèrement plus grande le ferait glisser. La force de frottement statique est maximale :  $\vec{F}_{fr\ max}$ .

Puisque le solide est au repos dans les 3 cas, la condition d'équilibre  $\sum \vec{F} = \vec{0}$  doit être remplie.

**Q1 : Représenter les forces extérieures sur le solide dans les 3 cas.**

(Pour simplifier, le point d'application des forces est ramené au centre de gravité du solide.)



## 2.2. Lois empiriques de Coulomb relatives au frottement statique

La force de frottement statique maximale s'exerçant sur le solide

- est proportionnelle à l'intensité de la force pressante normale  $\vec{F}_n$  que le plan exerce sur le solide ;

$$\frac{F_{fr\ max}}{F_n} = \text{constante } \mu_0$$

( $\mu_0$  = coefficient de frottement statique)

- dépend de la nature des surfaces de contact (rugosité, matériau) ;
- est indépendante de l'étendue de la surface en contact.

## 2.3. Solide au repos sur une surface inclinée

On considère les 3 cas suivants :

- Le solide repose librement sur une surface horizontale.
- On incline la surface légèrement d'un angle  $\alpha$ . Le solide reste toujours au repos car il est soumis à une **force de frottement statique**  $\vec{F}_{fr}$  opposée à la composante parallèle du poids.
- On incline la surface jusqu'à une valeur maximum  $\alpha_{max}$  pour laquelle le corps reste encore tout juste au repos. Une inclinaison légèrement plus grande le ferait glisser vers le bas. La force de frottement statique est maximale :  $\vec{F}_{fr\ max}$ .

*Q2 : Représenter les forces extérieures sur le solide dans les 3 cas.*

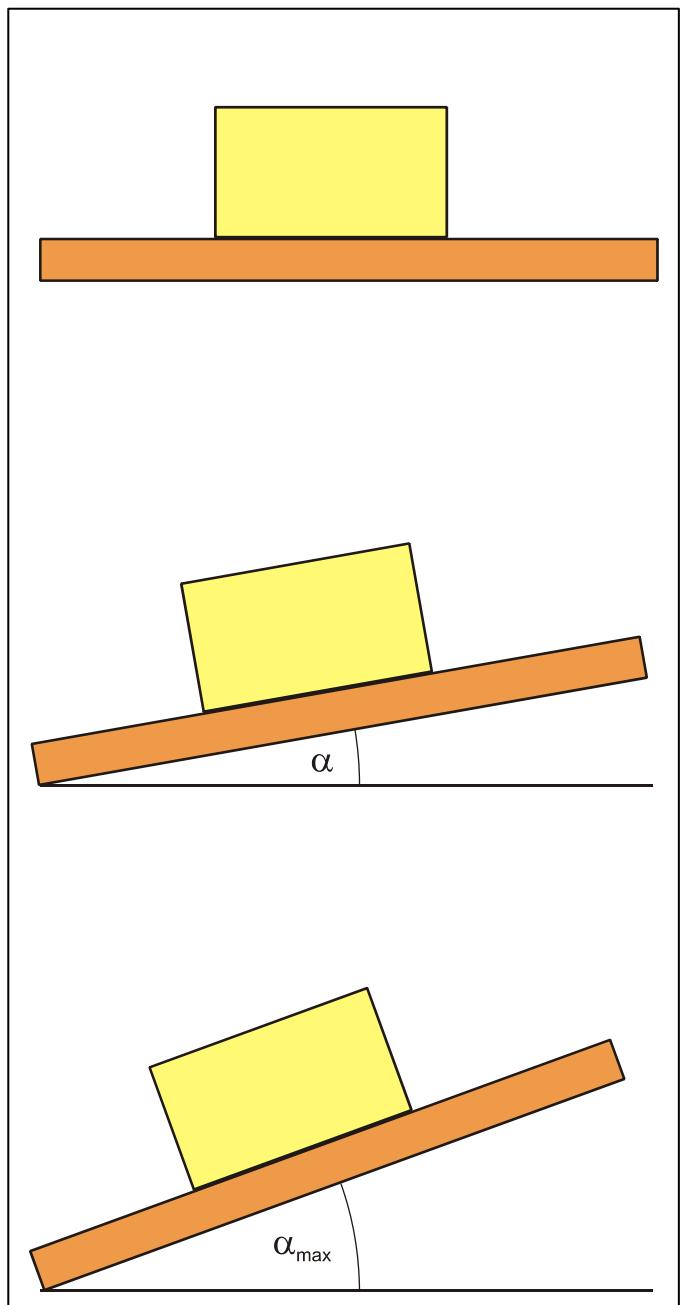
*Décomposer le poids et la réaction du plan incliné en une composante parallèle et une composante normale au plan.*

*Dans le cas de l'inclinaison maximale, exprimer ces composantes à l'aide de l'angle  $\alpha_{max}$ .*

*Quelles relations existent entre ces composantes ?*

*En déduire la relation entre  $\mu_0$  et  $\alpha_{max}$  :*

$$\mu_0 = \tan(\alpha_{max})$$



### 2.3. Tableau de quelques valeurs du coefficient de frottement statique

Corps en contact	$\mu_0$
bois sur bois	0,25-0,7
bois sur fonte	0,6
acier sur acier	0,15
pneu sur route sèche	0,6-1,0
pneu sur route humide	0,3-0,6
pneu sur route humide et sale	0,2
cuir sur fonte	0,4

Remarque : Il existe encore **la force de frottement cinétique**. C'est la force qui doit être compensée pour maintenir un solide en mouvement rectiligne et uniforme (vitesse constante). On peut alors également définir un coefficient de frottement cinétique  $\mu$ . On a généralement  $\mu < \mu_0$ . Au cours de ce TP on étudiera uniquement le coefficient de frottement statique  $\mu_0$ .

## 3. Matériel d'expérimentation

On dispose d'une planche en bois, de blocs en bois, d'un dynamomètre et d'un mètre.

## 4. Manipulations

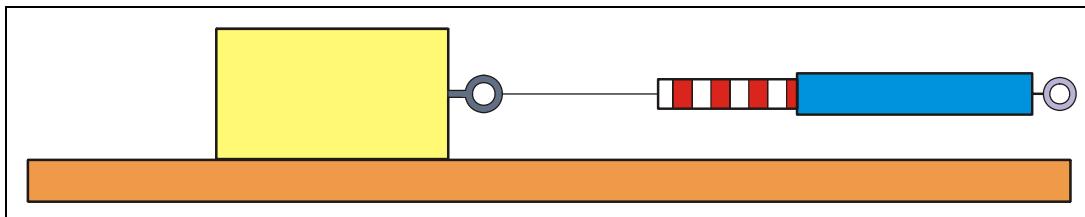


**Attention !** Les coefficients de frottement dépendent fortement de la nature des surfaces de contact. Des rugosités différentes ainsi que des saletés se trouvant sur les surfaces peuvent fortement faire varier les coefficients de frottement.

Il est donc conseillé de toujours utiliser le même endroit sur la planche !

### 4.1. Détermination du coefficient de frottement statique $\mu_0$ avec un plan horizontal

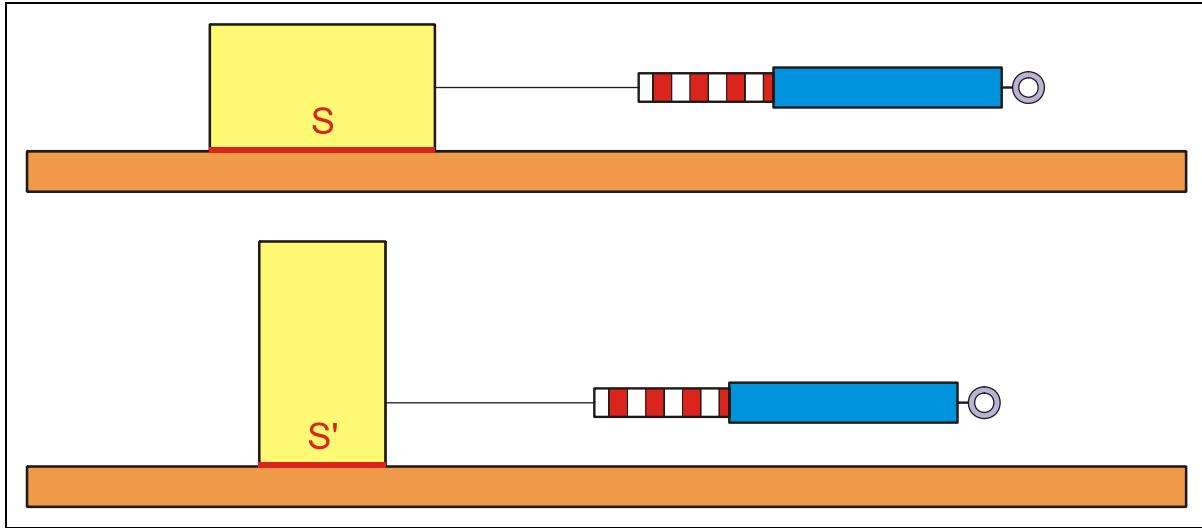
- La surface en bois étant horizontale, on mesure la force de frottement statique en augmentant lentement la force  $F$  jusqu'à ce que le bloc se mette en mouvement.



- On lit la valeur maximale indiquée par le dynamomètre juste avant la mise en mouvement.
- On répète la mesure 3 fois et on prend la valeur moyenne.
- On double, triple et quadruple la force normale en prenant deux, trois et quatre blocs superposés.

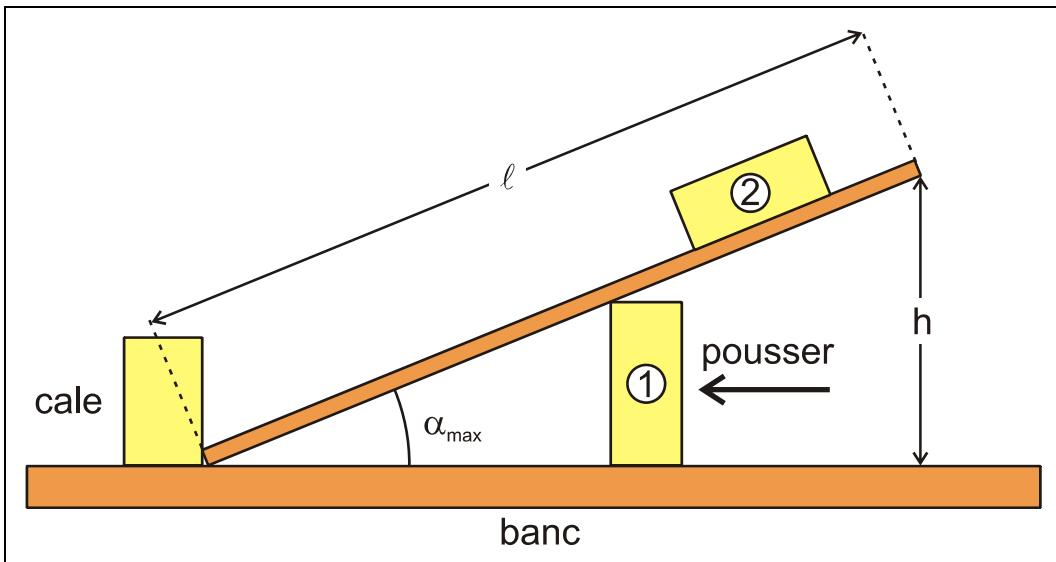
#### 4.2. Influence de l'étendue de la surface de contact pour une même force normale

Mesurez  $F_{fr\ max}$ , pour les surfaces de contact S et S', la force normale étant la même.



#### 4.3. Détermination du coefficient de frottement statique $\mu_0$ à l'aide d'un plan incliné

- Placez l'un des blocs en bois en dessous de la planche (bloc 1) de sorte à former un plan incliné et un deuxième sur le plan (bloc 2).



- Repoussez lentement le bloc en-dessous de la planche de façon à augmenter l'angle d'inclinaison.
- On calera l'extrémité non soulevée du plan incliné de façon à ce qu'elle ne puisse pas glisser sur la table.
- Augmentez ainsi l'angle d'inclinaison jusqu'à ce que le bloc en bois que vous avez disposé au-dessus de la planche commence à glisser.
- Mesurez alors la hauteur  $h$  de l'extrémité soulevée de la planche. Répétez la mesure 3 fois. Ne faites les mesures que dans le cas d'un seul bloc en bois.

## 5. Mesures

### 5.1. Plan horizontal

	1 bloc	2 blocs	3 blocs	4 blocs
Masse m (kg)				
F <sub>n</sub> (N)				
F <sub>fr max</sub> (N)				
F <sub>fr max</sub> moyenne (N)				

### 5.2. Influence de l'étendue de la surface de contact pour une même force normale

Surface de contact	S	S'
F <sub>fr max</sub> (N)		
F <sub>fr max</sub> (N)		
F <sub>fr max</sub> moyenne (N)		

### 5.3. Plan incliné

Longueur  $\ell$  de la planche : \_\_\_\_\_

Hauteur h de planche lorsque le corps commence à glisser :

	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Valeur moyenne
h (m)				

## 6. Exploitation des résultats

### 6.1. Plan horizontal

- Représentez graphiquement sur du papier millimétrique l'intensité de la force de frottement statique maximale moyenne en fonction de l'intensité de la force normale.
- Déduisez-en la valeur du coefficient de frottement statique  $\mu_0$  pour votre surface de contact bois sur bois. (Indiquez sur le graphique les informations utilisées pour déterminer  $\mu_0$ )

### 6.2. Influence de la surface de contact

- Quelle est l'influence de la surface de contact sur la force de frottement statique ?

### 6.3. Plan incliné

- Déduisez de la valeur moyenne de  $h$  et de  $\ell$  la valeur de  $\alpha_{\max}$ .
- Calculez la valeur de  $\mu_0$  pour votre surface de contact bois sur bois.

## 7. Conclusion

Comparez et commentez les valeurs déterminées par les deux méthodes. Laquelle vous semble-t-elle la plus précise ? Pourquoi ?