

# PHYSIQUE



## Leçon – Frottement

L'applet *Frottement* simule le mouvement d'une pile de livres tirée sur une surface rugueuse par un dynamomètre de traction.

---

### Préalables

L'élève doit avoir une connaissance pratique de la force normale, du poids, des schémas d'équilibre et de l'analyse graphique.

### Résultats d'apprentissage

L'élève pourra déterminer graphiquement une expression du frottement cinétique et calculer les forces de frottement cinétique, statique et de roulement dans diverses situations. L'élève pourra également comparer qualitativement et quantitativement le frottement cinétique, le frottement statique et le frottement de roulement.

### Directives

L'applet doit être ouvert. Les directives présentées point par point dans le texte qui suit doivent être exécutées dans l'applet. Il pourrait être nécessaire d'alterner entre les directives et l'applet si l'espace écran est limité.

---

### Contenu

[Comparaison des frottements cinétique et statique](#)  
[Élaboration d'une expression du frottement cinétique](#)  
[Synthèse de la force de frottement](#)  
[Calcul de la force de frottement – Exemples](#)  
[Résolution de problèmes](#)

### Comparaison des frottements cinétique et statique

Nous utiliserons l'applet pour montrer la différence entre les frottements cinétique et statique.

### Exercice 1

Dans l'applet, empile cinq livres qui sont attachés au dynamomètre de traction tel qu'illustré à droite.



- a) À l'aide de la souris, tire doucement sur l'anneau ouvert du dynamomètre de traction et fais la lecture de la force juste au moment où la pile de livre commence à bouger.

Quelle est la force maximale appliquée avant que les livres ne commencent à bouger? \_\_\_\_\_ N

- b) Une fois que les livres ont commencé à bouger, la force requise pour continuer à les déplacer diminue.

Quelle force faut-il appliquer pour maintenir les livres en mouvement? \_\_\_\_\_ N

### Exercice 2

Avant que la pile de livres ne commence à bouger, la force de frottement est appelée **frottement statique**. Après qu'elle a commencé à bouger, la pile de livres est soumise à un **frottement cinétique**. Dans tes propres mots, décris la relation entre la grandeur de la force de frottement statique et celle de la force de frottement cinétique.

### Exercice 3

Clique sur Afficher le diagramme de forces

(  **Afficher le diagramme de forces** ) et active le dessin du diagramme de forces. À la figure 1, le vecteur rouge représente la **force de frottement ( $F_f$ )**, tandis que le vecteur brun représente la **force appliquée ( $F_{app}$ )**. Observe le comportement du diagramme de forces à mesure que tu tires sur le dynamomètre de traction.

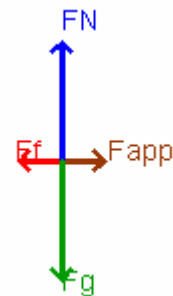


Figure 1

- a) Qu'arrive-t-il à la grandeur de la force de frottement statique quand tu commences à tirer sur le dynamomètre?
- b) Existe-t-il une grandeur maximale de la force de frottement statique? Si oui, qu'arrive-t-il à l'objet si la force appliquée est supérieure à la force de frottement statique maximale?

- c) Existe-t-il une grandeur minimale de la force de frottement statique? Si oui, dans quelle condition l'observe-t-on?
- d) Quel est le type de frottement qui s'exerce lorsque le système est au repos?

### Élaboration d'une expression du frottement cinétique

La force de frottement résulte d'une interaction entre des surfaces. Dans le cas des livres et de la surface rugueuse de la table, la surface exerce une force sur la surface inférieure du livre. Cette force est la **force normale ( $F_N$ )** qui est représentée en bleu dans la figure 1. Le poids de l'objet est opposé à la force normale. Le **poids ( $F_g$ )** est représenté en vert dans la figure 1. Pour les livres qui reposent sur la table, la force normale est égale à la grandeur du poids. La force normale et le poids sont « en équilibre ». La grandeur de la force normale peut être calculée en l'égalant au poids. Par exemple :

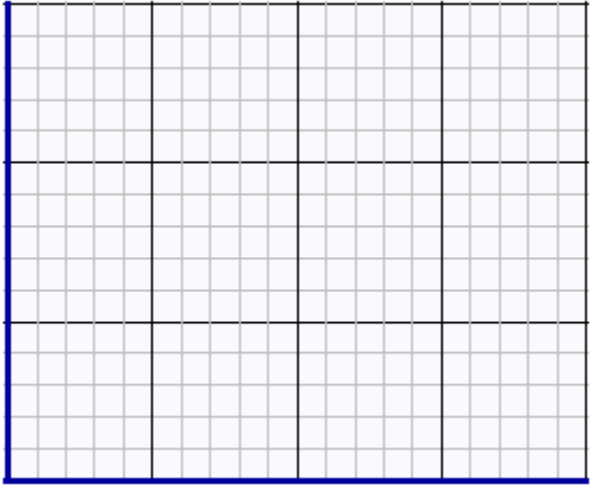
$$F_N = F_g$$

$$F_N = mg$$

#### Exercice 4

Même si le frottement est un phénomène très complexe, il existe une relation fort simple entre la grandeur de la force de frottement et la force normale.

- a) À l'aide de l'applet, mesure la force qu'il faut appliquer pour maintenir les livres en mouvement et remplis le tableau qui suit. Pour calculer la force normale, suppose que chaque livre a une masse de 1,00 kg.
- b) Produit le graphique 1 en traçant la force normale sur l'axe des X (variable manipulée) et la force de frottement cinétique sur l'axe des Y (variable répondante).

Nombre de livres	Force normale (N) $F_N = mg$	Force de frottement cinétique (N)	Graphique 1 : Force de frottement cinétique en fonction de la force normale
1	_____	_____	
2	_____	_____	
3	_____	_____	
4	_____	_____	
5	_____	_____	
6	_____	_____	
7	_____	_____	
8	_____	_____	
9	_____	_____	
10	_____	_____	

**Exercice 5**

Lequel des énoncés qui suivent décrit le mieux le graphique 1 : Force de frottement cinétique en fonction de la force normale? Sers-toi de ta réponse pour écrire une équation exprimant la relation entre la force de frottement cinétique et la force normale.

- a) Le graphique est constant et de forme mathématique  $y = b$ , où  $b$  est une constante.
- b) Le graphique est linéaire et de forme mathématique  $y = mx + b$ , où  $b$  est nul et  $m$  est la pente.
- c) Le graphique est une courbe quadratique et de forme  $y = ax^2 + bx + c$ , où  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont des coefficients.

Équation : \_\_\_\_\_

**Exercice 6**

L'équation devrait avoir la forme  $y = mx$  où  $m$  est la pente. Autrement dit, l'équation de la force de frottement cinétique est  $F_{\text{fcinétique}} = \mu F_N$ , où

$F_{\text{fcinétique}}$  force de frottement cinétique (axe des y);

$F_N$  = force normale (axe des x);

$\mu$  = coefficient de frottement cinétique (pente).

Sers-toi du graphique 1 pour calculer le coefficient de frottement cinétique ( $\mu$ ) de l'interface livre-table. D'après le calcul de la pente, le coefficient  $\mu$  a-t-il une unité?

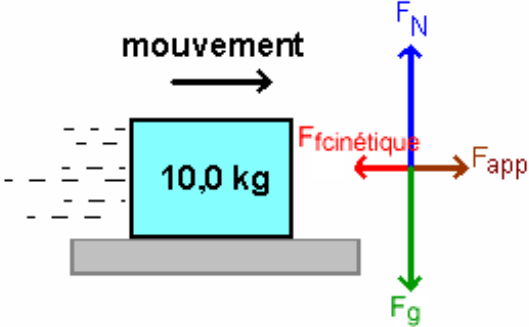
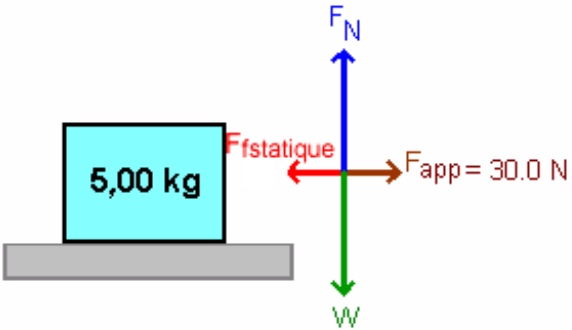
### Synthèse de la force de frottement

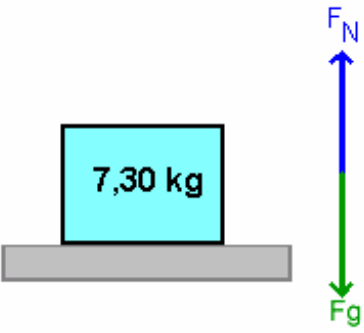
Les forces de frottement sont complexes. Elles dépendent non seulement des deux objets concernés, mais aussi des conditions dans lesquelles ils se trouvent au moment de leur interaction. Par exemple, les routes asphaltées deviennent très glissantes lorsque leur surface est couverte de verglas ou de neige, et les pneus perdent leur adhésion lorsqu'ils sont usés. En outre, même si toutes ces conditions sont fixes, la force de frottement dépend du fait qu'un objet roule, qu'il glisse (cinétique) ou qu'il est au repos (statique) par rapport à l'autre surface.

Ceci donne lieu à trois formes fondamentales de frottement :

<b>Frottement de roulement</b>	<b>Frottement cinétique</b>	<b>Frottement statique</b>
Un pneu qui roule est encore soumis à une petite force de frottement.	Quand un objet glisse, il subit une force de frottement.	Quand un objet est au repos, une force de frottement statique résiste au mouvement.
$F_{\text{roulement}} = \mu_{\text{roulement}} F_N$	$F_{\text{cinétique}} = \mu_{\text{cinétique}} F_N$	$F_{\text{statique}} \leq \mu_{\text{statique}} F_N$
Habituellement, les forces de frottement de roulement sont beaucoup plus faibles que les deux autres formes de force de frottement.	Cette force s'exerce toujours en direction opposée au mouvement.	Les forces de frottement statique maximales sont plus grandes que les forces de frottement cinétique.

### Calcul de la force de frottement – Exemples

Problème	Schéma d'équilibre	Solution
<p>1. Le coefficient de frottement cinétique entre un bloc et la surface sur laquelle il glisse est égal à 0,45. Si la masse du bloc est 10,0 kg, quelle est la force minimale nécessaire pour maintenir le bloc en mouvement uniforme?</p>		$F_{\text{cinétique}} = \mu_{\text{cinétique}} F_N$ $F_{\text{cinétique}} = \mu_{\text{cinétique}} (mg)$ $F_{\text{cinétique}} = (0,45)(10,0 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2)$ $F_{\text{cinétique}} = 44 \text{ N}$ <p>La force appliquée doit uniquement équilibrer la force de frottement cinétique afin de maintenir un mouvement uniforme.</p>
<p>2. Un élève tire sur un objet de 5,00 kg et découvre qu'il doit exercer une force de 30,0 N avant que l'objet commence à bouger. Quel est le coefficient de frottement statique entre l'objet et la surface sur laquelle il repose?</p>		<p>Puisque la force appliquée est 30,0 N <b>juste</b> avant le mouvement, la force de frottement doit être de même grandeur. Par conséquent,</p> $F_{\text{fstatique}} \leq \mu_{\text{fstatique}} F_N$ $\mu_{\text{fstatique}} \geq \frac{F_{\text{fstatique}}}{F_N}$ $\mu_{\text{fstatique}} \geq \frac{F_{\text{fstatique}}}{(mg)}$ $\mu_{\text{fstatique}} \geq \frac{30,0 \text{ N}}{(5,00 \text{ kg})(9,81 \text{ m/s}^2)}$ $\mu_{\text{fstatique}} \geq 0,612$

<p>3. Une boîte de 7,3 kg est au repos sur une table plane. Le coefficient de frottement statique entre la boîte et la table est de 1,03. Quelle est la grandeur de la force de frottement statique?</p>		<p>Il ne s'exerce aucune force de frottement statique, puisqu'il n'existe aucune force nette essayant de faire bouger la boîte. La force de frottement statique est, au plus, égale à <math>\mu_{\text{statique}}F_N</math></p>

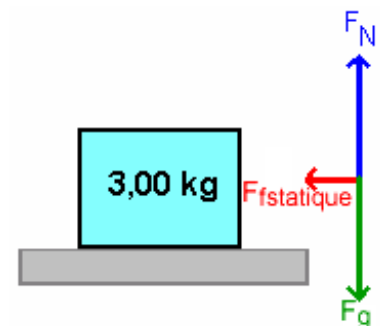
### Résolution de problèmes

#### Exercice 7

Conçois une méthode pour déterminer le coefficient de frottement statique utilisé dans l'applet. Explique comment tu as trouvé le coefficient et donne sa valeur.

#### Exercice 8

Un élève dessine le diagramme de forces d'une boîte au repos sur le sol. Explique ce qui est incorrect dans ce schéma.



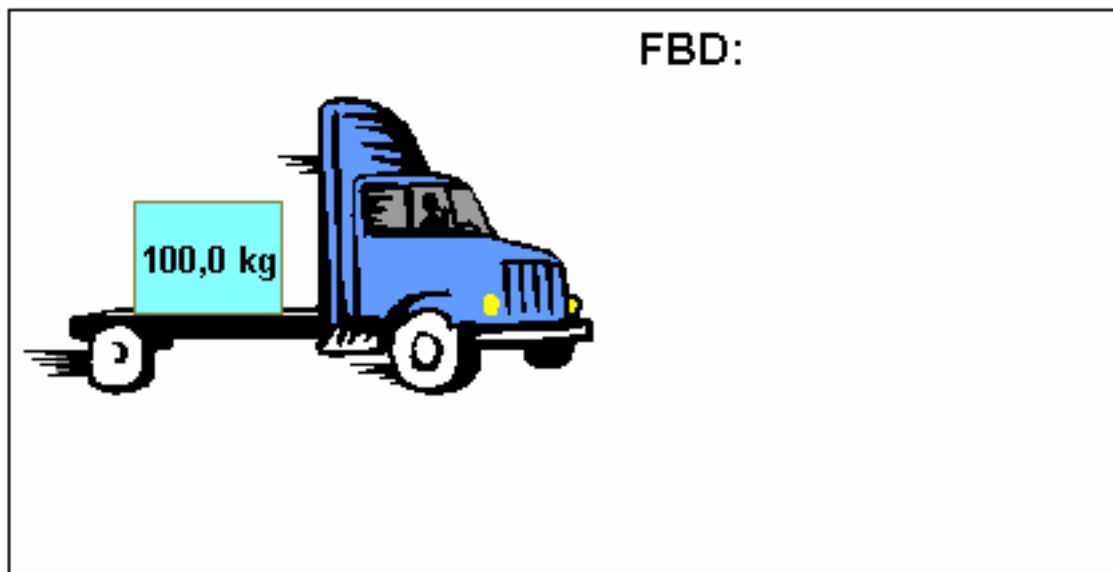
#### Exercice 9

Le coefficient de frottement statique entre un livre et la surface plane sur

laquelle il glisse est de 0,65. Si la masse du livre est 2,0 kg, quelle est la force minimale qu'il faut appliquer pour déplacer le livre?

**Exercice 10** Un moteur fournit une force de 300,0 N pour maintenir un véhicule de 1 600 kg en mouvement à une vitesse uniforme (la résistance de l'air est négligeable). Quel est le coefficient de frottement de roulement entre les pneus et la surface de la route?

**Exercice 11** Une caisse de 100,0 kg repose à l'arrière d'un camion. Si le coefficient de frottement statique entre la caisse et la plate-forme du camion est de 0,30, quelle est l'accélération maximale que peut avoir le camion avant que la caisse ne commence à glisser? Dessine un diagramme de forces et explique quelle force fait accélérer la caisse en même temps que le camion.



**Exercice 12** Les systèmes de freinage antiblocage installés sur les automobiles empêchent les roues de se bloquer et les pneus de dérapier. Explique pourquoi une voiture peut s'arrêter plus rapidement et plus sûrement si les pneus ne dérapent pas.