

Force de frottement cinétique

ROMAIN BLONDEL

JULIEN BRICKA

JEAN-BAPTISTE FREYMON

Gymnase Auguste Piccard

Gymnase Auguste Piccard

Gymnase Auguste Piccard

8 février 2022

Résumé

Étudier le mouvement de différents blocs de bois glissant sur un plan incliné. Certaines faces des blocs sont recouvertes de plastique ou de toile d'émeri (papier de verre). Le plan incliné peut également être revêtu de ces matières. On choisira les combinaisons suivantes : bois glissant sur bois, bois glissant sur plastique, plastique glissant sur plastique et émeri glissant sur émeri.

I. INTRODUCTION

Pour cette expérience, nous essaierons de déterminer le coefficient de frottement via le modèle des lois de Newton. Tout d'abord, il faut mentionner les notions de vitesse ($v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$ en $[\frac{m}{s}]$), d'accélération ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ en $[\frac{m}{s^2}]$) et de masse (m en $[Kg]$). La théorie de Newton se base sur les forces : $F = ma$ mesuré en $[N]$, et nous allons nous servir de sa seconde loi : « Soit un corps de masse m (constante) : l'accélération subie par ce corps [...] est proportionnelle à la résultante des forces qu'il subit, et inversement proportionnelle à sa masse m . » Qui peut être récapitulé comme suit :

$$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$$

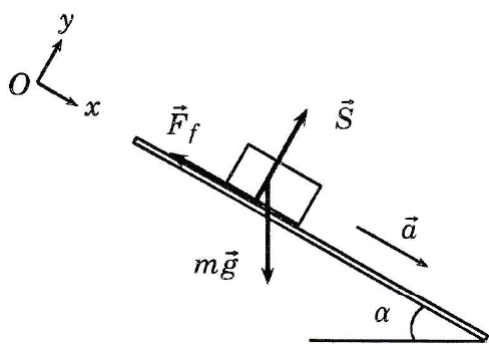


Figure 1 – Schéma des forces dans notre modèle

Dans notre expérience, sachant que \vec{F}_f est la force de frottement, \vec{S} la force de soutient et $m\vec{g}$ la force de pesanteur, on peut établir via la seconde loi de Newton que

$$m\vec{g} + \vec{S} + \vec{F}_f = m\vec{a}$$

D'où, selon Ox :

$$mg \sin \alpha - F_f = ma \quad (1)$$

Selon Oy :

$$-mg \cos \alpha + S = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} (1) &\Rightarrow F_f = m(g \sin \alpha - a) \\ (2) &\Rightarrow S = mg \cos \alpha \end{aligned}$$

Le but de l'expérience est de vérifier que le coefficient de frottement cinétique $\mu = \frac{F_f}{S}$ ne dépend pas de l'angle, mais uniquement des surfaces mis en présence. Pour observer ce rapport, dans le tableau de résultat, on ne va calculer que l'accélération de ces deux forces car la masse n'influence pas le résultat ; il faut aussi noté que l'on va utiliser $g = 9.81 \left[\frac{N}{Kg} \right]$.

II. PROCÉDURE

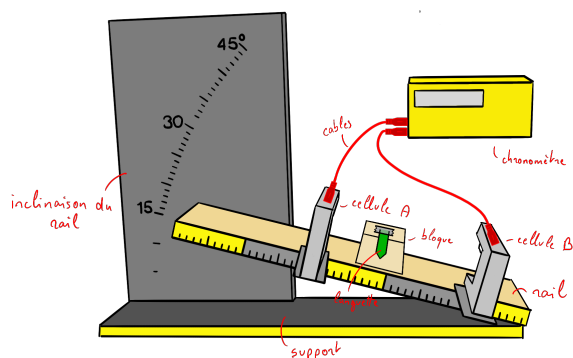


Figure 2 – Schéma de l'expérience

i. Matériel utilisé

- Support
- Rail
- 2 cellules (nommées A et B)
- Languette
- Bloc en bois avec des faces vernis de papier de vert (émeri), plastique ou sans substance
- Rapporteur d'angle
- Câbles
- Chronomètre
- Support pour incliner le rail

ii. Démarche expérimentale

1. Assembler le matériel nécessaire à la procédure de l'expérience : brancher les câbles, scotcher la languette sur une face du bloc en bois, choisir la matière de la piste et régler son angle.
2. Préparer le chronomètre (bien veiller que les cellules A et B sont en marche).
3. Lâcher le bout en bois en ayant la languette regardant la direction des capteurs sans donner un coup d'avance comme cela peut fausser les résultats.
4. Noter les résultats obtenus, puis recommencer avec une matière ou angle différent.

III. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

i. Mesures

Ci-dessous les mesures prises lors de l'expérience.

Table 1 – Bois sur Bois

Angles [°]	t_a [s]	t_b [s]	t_{ab} [s]
15	-	-	-
20	0.0668	0.0373	0.7123
25	0.0461	0.0265	0.4912
30	0.0394	0.0174	0.3617
35	0.0307	0.0140	0.2933
40	0.0260	0.0121	0.2517
45	0.0274	0.0112	0.2436

Table 2 – Bois sur plastique

Angles [°]	t_a [s]	t_b [s]	t_{ab} [s]
15	-	-	-
20	0.2131	0.0919	2.1748
25	0.0615	0.0256	0.5720
30	0.0427	0.0186	0.4029
35	0.0314	0.0149	0.3119
40	0.0299	0.0129	0.2804
45	0.0280	0.0115	0.2542

Table 3 – Plastique sur plastique

Angles [°]	t_a [s]	t_b [s]	t_{ab} [s]
15	-	-	-
20	-	-	-
25	0.0695	0.0462	0.8154
30	0.0463	0.0238	0.4741
35	0.0362	0.0178	0.3744
40	0.0307	0.0144	0.3015
45	0.0279	0.0127	0.2675

Table 4 – Émeri sur émeri

Angles [°]	t_a [s]	t_b [s]	t_{ab} [s]
15	-	-	-
20	0.0824	0.0361	0.7492
25	0.0451	0.0204	0.4238
30	0.0361	0.0158	0.3366
35	0.0331	0.0153	0.3087
40	0.0249	0.0117	0.2433
45	0.0281	0.0109	0.2416

ii. Conversion des mesures

La conversion des $[\circ]$ en $[rad]$ pour faciliter l'utilisation des logiciels.

Table 5 – Angles en unité SI

Angles $[\circ]$	Angles $[rad]$
15	0.262
20	0.349
25	0.436
30	0.524
35	0.611
40	0.698
45	0.785

iii. Calculs

Ici sont noté les résultats des calculs de vitesse et d'accélération, ainsi que celle des forces de frottement et de soutien.

Vitesses et accélérations

Table 6 – Bois sur bois

Angle $[\circ]$	$v_a \left[\frac{m}{s} \right]$	$v_b \left[\frac{m}{s} \right]$	$a_{ab} \left[\frac{m}{s^2} \right]$
15	-	-	-
20	0.299	0.536	0.332
25	0.434	0.755	0.653
30	0.508	1.149	1.774
35	0.651	1.429	2.650
40	0.769	1.653	3.511
45	0.730	1.786	4.334

Table 7 – Bois sur plastique

Angle $[\circ]$	$v_a \left[\frac{m}{s} \right]$	$v_b \left[\frac{m}{s} \right]$	$a_{ab} \left[\frac{m}{s^2} \right]$
15	-	-	-
20	0.094	0.218	0.057
25	0.325	0.781	0.797
30	0.468	1.075	1.506
35	0.637	1.342	2.261
40	0.669	1.550	3.144
45	0.714	1.739	4.032

Table 8 – Plastique sur plastique

Angle $[\circ]$	$v_a \left[\frac{m}{s} \right]$	$v_b \left[\frac{m}{s} \right]$	$a_{ab} \left[\frac{m}{s^2} \right]$
15	-	-	-
20	-	-	-
25	0.288	0.433	0.178
30	0.432	0.840	0.861
35	0.552	1.124	1.525
40	0.651	1.389	2.446
45	0.717	1.575	3.207

Table 9 – Émeri sur émeri

Angle $[\circ]$	$v_a \left[\frac{m}{s} \right]$	$v_b \left[\frac{m}{s} \right]$	$a_{ab} \left[\frac{m}{s^2} \right]$
15	-	-	-
20	0.243	0.554	0.416
25	0.443	0.980	1.267
30	0.554	1.266	2.115
35	0.604	1.307	2.277
40	0.803	1.709	3.725
45	0.712	1.835	4.649

Accélération des forces

Table 10 – Bois sur bois

Angle $[\circ]$	$F_f \left[\frac{N}{Kg} \right]$	$S \left[\frac{N}{Kg} \right]$
15	-	9.476
20	3.023	9.218
25	3.493	8.891
30	3.131	8.496
35	2.977	8.036
40	2.795	7.515
45	2.603	6.937

Table 11 – Bois sur plastique

Angle $[\circ]$	$F_f \left[\frac{N}{Kg} \right]$	$S \left[\frac{N}{Kg} \right]$
15	-	9.476
20	3.298	9.218
25	3.349	8.891
30	3.399	8.496
35	3.365	8.036
40	3.162	7.515
45	2.905	6.937

Table 12 – Plastique sur plastique

Angle [°]	$F_f \left[\frac{N}{Kg} \right]$	$S \left[\frac{N}{Kg} \right]$
15	-	9.476
20	-	9.218
25	3.968	8.891
30	4.044	8.496
35	4.101	8.036
40	3.860	7.515
45	3.729	6.937

Table 13 – Émeri sur émeri

Angle [°]	$F_f \left[\frac{N}{Kg} \right]$	$S \left[\frac{N}{Kg} \right]$
15	-	9.476
20	2.940	9.218
25	2.879	8.891
30	2.790	8.496
35	3.350	8.036
40	2.581	7.515
45	2.288	6.937

Table 16 – Plastique sur plastique

Angle [°]	μ
15	-
20	-
25	0.446
30	0.476
35	0.510
40	0.514
45	0.538

Table 17 – Émeri sur émeri

Angle [°]	μ
15	-
20	0.319
25	0.324
30	0.328
35	0.417
40	0.343
45	0.330

iv. Coefficient de frottement

Finalement, voici les coefficients de frottements obtenus :

Table 14 – Bois sur bois

Angle [°]	μ
15	-
20	0.328
25	0.393
30	0.368
35	0.370
40	0.372
45	0.375

Table 15 – Bois sur plastique

Angle [°]	μ
15	-
20	0.358
25	0.377
30	0.400
35	0.419
40	0.421
45	0.419

Si l'on prend la moyenne des valeurs obtenues - avec comme incertitude l'écart le plus grand entre la moyenne et la valeur des tableaux et l'incertitude relative, on a :

- Bois sur bois : $\mu \approx 0.368 \pm 0.040$ ou 10.85%
- Bois sur plastique : $\mu \approx 0.399 \pm 0.041$ ou 10.28%
- Plastique sur plastique : $\mu \approx 0.497 \pm 0.050$ ou 10.16%
- Émeri sur émeri : $\mu \approx 0.344 \pm 0.073$ ou 21.33%

IV. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats obtenus sont satisfaisant. En effet, on peut constater que le coefficient de frottement varie quand même d'une mesure à l'autre, mais reste autour d'une certaine moyenne. Comme on peut le voir sur chaque tableau, pour un angle de 15 [°], les blocs ne glissent pas, lorsque pour un angle de 20 [°], seul le "plastique-plastique" ne bougeait pas, ce qui laissait tout de suite penser que le coefficient de frottement serait plus grand, ce qui est confirmé par les résultats. De plus, on constate que l' "émeri-émeri" est la

combinaison avec le moins de frottement dans notre expérience, mais également la mesure avec le plus d'incertitude ($\sim 20\%$ contre $\sim 10\%$ pour le reste). Ces incertitudes assez élevées, mais pas déraisonnable pour autant, peuvent s'expliquer par l'imprécision dans la mise en place de la mesure, ainsi que sa propagation au fil des calculs. De fait, lors de l'expérience, la mise en place de la rampe sur le bon angle n'était pas d'une précision à tout épreuve au vu du matériel à disposition. Ensuite, la manière dont le bloc de bois glissait sur la rampe, avec par moment des comportements étrange, comme de légers à-coup ou la nécessiter de toucher le bloc afin de le mettre en mouvement (pour certaines matières lorsque l'angle est trop faible), mais ces raison sont très secondaire vis-à-vis de la première exprimée.

V. CONCLUSION

En conclusion on peut voir clairement que la masse ne joue pas dans le système comme supposée au début car elle s'annule dans les équations, deuxièmement en regardant les résultats on constate que le coefficient de frottement cinétique ne dépend que des surfaces mises en jeu et que l'angle n'influence en aucun cas dans ce dernier également correcte vis-à-vis des suppositions du début. On remarque également que plus le coefficient de frottement est grand moins le bloc aura tendance à bouger. Ceci s'applique à toutes les surfaces pas seulement celle testée au dessus. L'expérience n'est pas parfaitement précise car le bloc aurait pus être poussé ou retenus au lancement car il est sûrement parti avec de la vitesse, l'angle aurait pus être mal mis, la surface pas égale sur toute la longueur, etc. Néanmoins, les résultats sont satisfaisant et ont permis de confirmer les hypothèses.