

Recherche des facteurs influençant l'énergie cinétique d'un mobile

1. Objectif du laboratoire

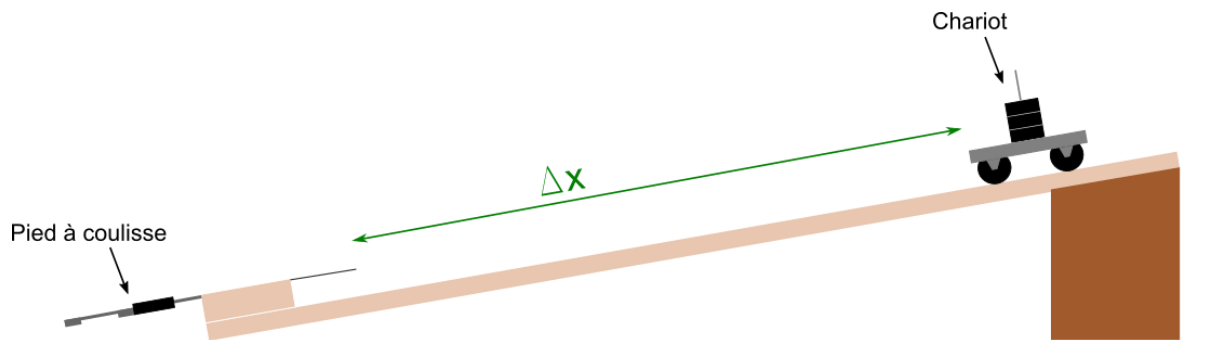
Ce laboratoire a pour objectif de rechercher les facteurs qui influencent l'énergie cinétique d'un mobile afin d'induire une expression approchée de la formule qui permet de la calculer.

Pour ce faire, nous étudions les effets du mouvement d'un chariot lâché avec une vitesse initiale nulle du haut d'un plan incliné, lorsqu'il finit par percuter la tige d'un pied à coulisse placé en bas du plan.

2. Matériel

- Planche en bois de 1,4 m de long
- Chariot de 50 g
- Pied à coulisse digital (0,01 mm)
- Chronomètre (0,01 s)
- Masses de 50 g et de 10 g
- Latte graduée de 1 m (1mm)

3. Schéma expérimental



4. Mode opératoire

L'énergie cinétique du chariot au bas du plan incliné se mesure indirectement en mesurant la déformation du pied à coulisse suite au choc du chariot sur celui-ci. En effet, l'énergie cinétique acquise par le chariot le long du plan incliné lui permet d'effectuer un travail consistant à déformer le pied à coulisse.

$$\Delta E_{cin} = W = F \cdot d$$

où d représente la déformation du pied à coulisse.

En supposant la force F constante, ce qui est bien vérifié par nos résultats expérimentaux, la déformation d du pied à coulisse varie de manière proportionnelle à l'énergie cinétique du chariot. Nous pouvons donc déterminer les facteurs influençant l'énergie cinétique du chariot en recherchant ceux qui influencent la déformation du pied à coulisse.

Il est assez logique de penser que les deux facteurs pouvant influencer la déformation du pied à coulisse sont la vitesse et la masse du chariot. Pour vérifier cette hypothèse, il est nécessaire de changer un seul paramètre à la fois (étape importante de la démarche expérimentale).

A. Variation de la vitesse du chariot

Nous gardons une masse de chariot constante (exemple 50 g) et nous lâchons le chariot à une distance de plus en plus grande du pied à coulisse. Pour calculer la vitesse instantanée du chariot au moment du choc, on mesure la distance parcourue par le chariot (notée Δx) et la durée (notée Δt) mise pour parcourir cette distance. La vitesse instantanée en fin de course se calcule alors par la formule suivante :

$$v = \frac{2\Delta x}{\Delta t}$$

En effet, le chariot démarre avec une vitesse nulle et si on suppose son augmentation de vitesse constante, sa vitesse finale vaut le double de sa vitesse moyenne qui est égale à

$$\frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Nous augmentons la distance Δx de 10 cm à 100 cm, par pas de 10 cm et nous mesurons les durées Δt et les déformations d du pied à coulisse correspondantes. Pour améliorer la précision des mesures, nous répétons chaque mesure 5 fois et nous calculons les moyennes correspondantes. Nous reportons ensuite nos résultats dans un tableau et nous réalisons un graphique de la déformation moyenne du pied à coulisse en fonction de la vitesse et en fonction du carré de la vitesse du chariot.

B. Variation de la masse du chariot

Il semble plus difficile de changer la masse du chariot sans changer la vitesse de celui-ci. En effet, les élèves pensent intuitivement que si on augmente la masse du chariot, il descendra plus vite. Il est très intéressant de vérifier expérimentalement qu'il n'en est rien et que la vitesse du chariot ne dépend que de Δx et pas de sa masse. Il suffit donc de garder un Δx constant (exemple 100 cm) pour garder une vitesse finale constante et d'augmenter la masse du chariot de 10 g en 10 g, de 50 g à 150 g. Nous mesurons la durée Δt et la déformation d du pied à coulisse correspondante. Nous pouvons ainsi vérifier que la durée et donc la vitesse ne dépend pas de la masse du chariot. Nous reportons nos résultats dans un tableau et nous réalisons un graphique de la déformation du pied à coulisse en fonction de la masse du chariot.

5. Résultats expérimentaux

A. Variation de la vitesse du chariot

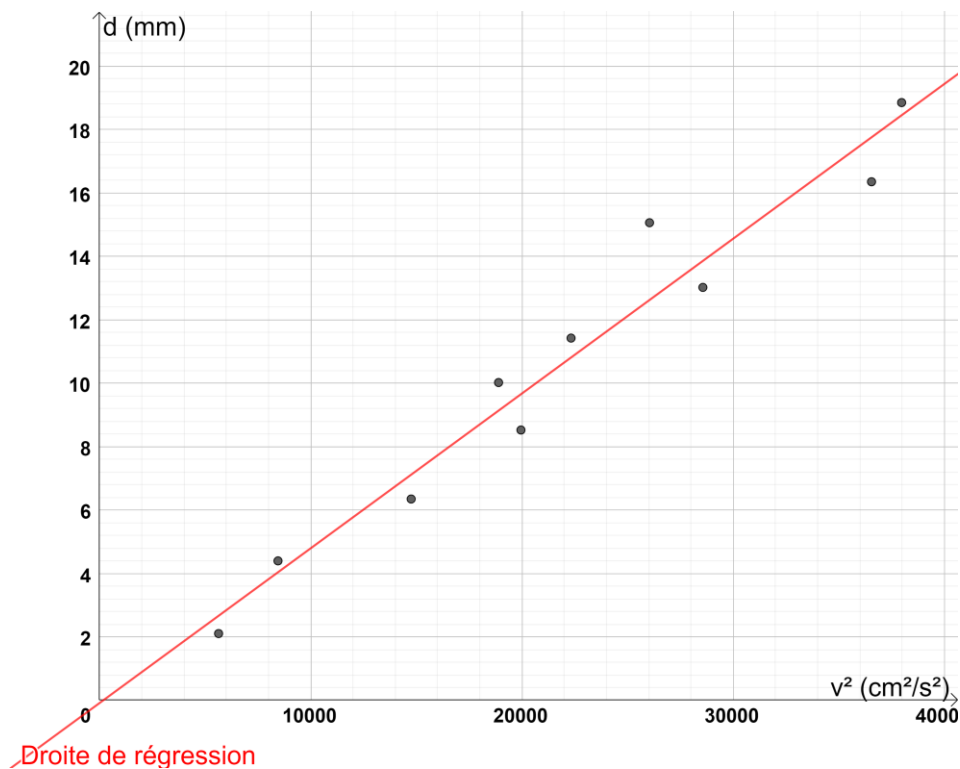
Nous prenons une masse constante de 100 g et une inclinaison constante de 10° .

Δx (cm)	Δt_1 (s)	Δt_2 (s)	Δt_3 (s)	Δt_4 (s)	Δt_5 (s)	Δt_{moy} (s)	Ecart-type (s)
10	0,48	0,3	0,27	0,21	0,25	0,302	0,09368031
20	0,26	0,32	0,66	0,31	0,48	0,406	0,12942109
30	0,47	0,52	0,36	0,73	0,37	0,490	0,14119233
40	0,84	0,54	0,55	0,58	0,55	0,612	0,1350865
50	0,67	0,66	0,93	0,67	0,66	0,718	0,11903705
60	0,7	0,74	0,77	0,86	0,86	0,786	0,09089054
70	0,91	0,79	0,75	0,99	0,77	0,842	0,08146834
80	0,73	0,96	1,11	0,87	1,07	0,948	0,12485191
90	0,98	1,02	0,95	0,90	0,89	0,948	0,09851627
100	1	0,96	0,91	1,02	1,22	1,022	0,08758788

Δx (cm)	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_3 (mm)	d_4 (mm)	d_5 (mm)	d_{moy} (mm)	Ecart-type (mm)
10	2,08	2,04	2,1	2,11	2,19	2,104	0,05504544
20	4,66	4,44	4,27	4,16	4,45	4,396	0,19112823
30	6,56	6,46	6,03	6,19	6,50	6,348	0,22731036
40	8,31	8,39	8,54	8,74	8,64	8,524	0,17615334
50	10,15	10,29	10,32	9,43	9,92	10,022	0,36670151
60	11,63	11,08	11,69	11,38	11,34	11,424	0,24521419
70	12,95	13,31	12,42	13,46	12,98	13,024	0,40128543
80	14,82	15,84	15,3	14,67	14,69	15,064	0,50312026
90	17,1	16,14	16,2	15,66	16,68	16,356	0,55089019
100	18,21	18,69	19	18,82	19,55	18,854	0,48695996

Δx (cm)	v (cm/s)	v^2 (cm ² /s ²)	d_{moy} (mm)
10	75,07507508	5636,2669	2,104
20	91,91176471	8447,77249	4,396
30	121,4574899	14751,9218	6,348
40	141,2429379	19949,5675	8,524
50	137,4381528	18889,2459	10,022
60	149,4023904	22321,0743	11,424
70	169,0004829	28561,1632	13,024
80	161,3553852	26035,5603	15,064
90	191,1639762	36543,6658	16,356
100	194,8558067	37968,7854	18,854

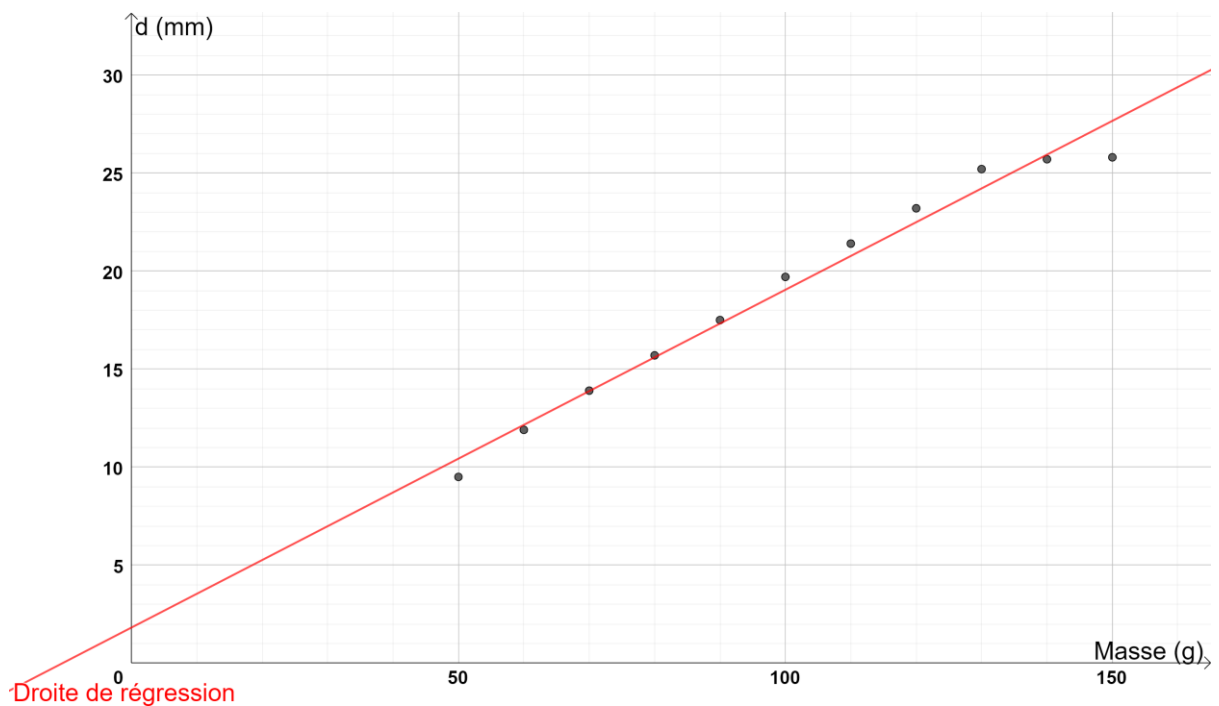
Déformation moyenne en fonction du carré de la vitesse



B. Variation de la masse du chariot et vitesse constante

Masse (g)	Δt_{moy} (s)	d_{moy} (mm)
50	1,39	9,5
60	1,32	11,9
70	1,32	13,9
80	1,32	15,7
90	1,32	17,5
100	1,43	19,7
110	1,24	21,4
120	1,32	23,2
130	1,44	25,2
140	1,33	25,7
150	1,32	25,8

Déformation moyenne en fonction de la masse du chariot



6. Analyse théorique

Le graphique de la déformation du pied à coulisse en fonction de la **vitesse du chariot au carré** est une droite. Cela nous montre que le travail effectué et donc l'énergie cinétique du chariot augment proportionnellement au carré de la

vitesse du chariot.

Le graphique de la déformation du pied à coulisse en fonction de la **masse du chariot** est une droite. Cela nous montre que le travail et donc l'énergie cinétique du chariot augmente proportionnellement à la masse du chariot.

Nous pouvons donc en déduire que la formule de l'énergie cinétique est

$$E_c = k.m.v^2$$

où k est une constante.

Il est malheureusement impossible, dans le cadre de ce laboratoire, de montrer que cette constante est égale à $\frac{1}{2}$.

7. Conclusion

Malgré les incertitudes expérimentales qui restent faibles si on répète l'expérience, nous pouvons ainsi vérifier les deux facteurs influençant l'énergie cinétique d'un mobile et établir la formule de l'énergie cinétique sans le facteur $\frac{1}{2}$.

Nous pratiquons ce laboratoire depuis une bonne dizaine d'années avec nos élèves de 4^{ème} et les résultats sont tout à fait satisfaisants, même si l'analyse théorique est encore assez complexe pour des élèves de ce niveau.

Il est possible d'effectuer toutes les mesures en une période de cours environ. Ce laboratoire est également très utile pour s'exercer aux étapes de la démarche expérimentale. Le matériel utilisé est, par ailleurs, relativement peu coûteux.

8. Suggestions de questionnements pour les élèves

Si on trace le graphique de la déformation du pied à coulisse en fonction de la distance Δx , on constate également une relation linéaire si la masse du chariot est maintenue constante. La hauteur initiale h du chariot étant proportionnelle à cette distance Δx , on peut en déduire que le travail effectué est proportionnel à la hauteur initiale h du chariot. Nous pouvons donc également vérifier, par cette expérience, que l'énergie potentielle gravifique se transforme complètement en énergie cinétique et qu'il y a conservation de l'énergie mécanique totale au cours de la descente.

Le fait que le temps de descente ne dépende pas de la masse est toujours un sujet d'étonnement pour les élèves et cela introduit déjà les premières notions de la chute des corps qu'ils étudieront en 5^{ème}.