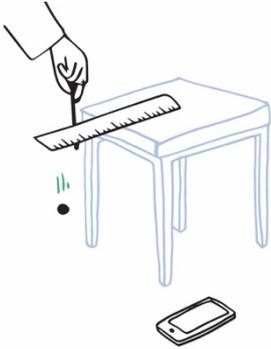


LE BRUIT DE LA CHUTE

UNE ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE QUI PERMET DE MESURER UNE HAUTEUR
À L'AIDE D'UN SMARTPHONE ET D'UNE LOI PHYSIQUE.

DANS CETTE ACTIVITÉ, ON FAIT QUOI ?



On cherche à déterminer la valeur de la hauteur d'une table en exploitant une loi de mécanique connue depuis Galilée relative à la chute des objets, qui relie la hauteur de chute et la durée de celle-ci. Pour réussir à faire cela, on va donc utiliser un chronomètre... sonore !

L'ÉCHAUFFEMENT « PHYPHOX »

Télécharger l'application Phyphox pour découvrir comment l'utiliser sur ce tutoriel : <https://tinyurl.com/PhyphoxTuto>

Puis dans l'expérience "Chronomètre sonore" de Phyphox, essayer de faire deux claquements de doigts (des "snaps") ou de mains espacés d'une seconde le plus précisément possible. Si le chronomètre se déclenche n'importe quand, même quand on ne tape pas, il faut alors augmenter un peu la valeur du paramètre "seuil". Si, au contraire, le chronomètre ne réagit pas au claquement, baisser celle-ci.



DU CÔTÉ DES MODÈLES



La loi utilisée dans cette activité a été formulée par Galilée. Elle indique que la hauteur de la chute d'un objet est proportionnelle au carré de la durée de celle-ci et que la constante de proportionnalité vaut la moitié de la valeur du champ de pesanteur g (à la surface de la Terre g vaut approximativement $9,8 \text{ m.s}^{-2}$). Cette loi permet de modéliser convenablement la chute des objets tant que l'action de l'air peut être négligée.

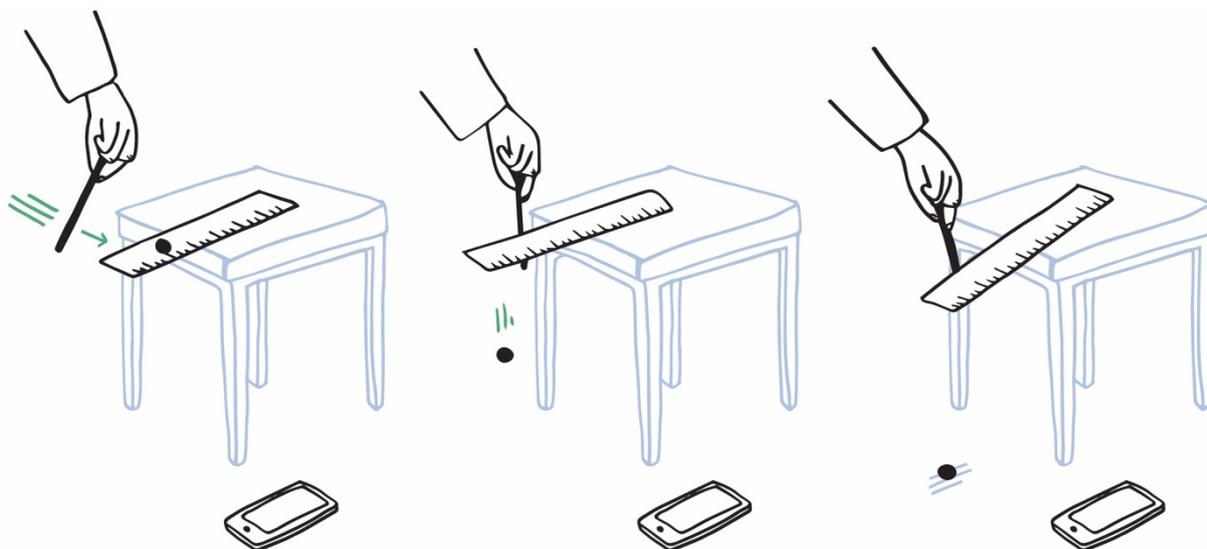
1) En désignant par h la hauteur de chute et par Δt la durée de celle-ci, indiquer la relation qui rend compte de la loi de Galilée.

L'EXPÉRIENCE : LA DURÉE DE CHUTE



Choisir un objet pas trop lourd, pas trop volumineux mais assez dur pour qu'il fasse un bruit lorsqu'il tombe au sol, par exemple une pièce de monnaie ou une bille.

Disposer cet objet sur une règle elle-même posée sur la table dont on doit déterminer la hauteur par rapport au sol (voir schéma ci-dessous)



Taper brusquement sur le bord de la règle pour la pousser horizontalement et provoquer la chute de l'objet, par exemple avec un crayon. Vérifier qu'on distingue clairement le bruit fait lorsqu'on frappe la règle et le bruit fait par l'objet lorsqu'il touche le sol. Si la distinction claire des deux bruits est assurée, démarrer Phyphox et choisir l'expérience "Chronomètre sonore".

Reproduire à nouveau une chute : le premier bruit doit déclencher le chronomètre, le deuxième l'arrêter. Si ce n'est pas le cas, modifier le seuil sur Phyphox.

2) Refaire l'expérience une dizaine de fois, noter les valeurs obtenues, et en déduire une estimation de l'incertitude-type sur la mesure de la durée.

3) À partir de la moyenne des mesures effectuées et de la valeur de g , calculer la hauteur de la table.

4) Indiquer si la valeur trouvée est en accord avec une mesure directe de la hauteur de la table..
Que peut-on en conclure sur la loi utilisée ?

FICHE PROF : LE BRUIT DE LA CHUTE

Ces activités expérimentales ont été conçues à l'initiative de l'Inspection Générale en collaboration avec l'équipe "[La Physique Autrement](#)" (Univ. Paris-Saclay/CNRS). Textes et vidéos : Julien Bobroff, Frédéric Bouquet, Jean Lamerenx, Patricia Marchand, Jacques Vince. Schémas : Anna Khazina.



NIVEAU : 2nde ou enseignement de spécialité Terminale



DIFFICULTÉ CONCEPTUELLE - EXPLOITATION :

immédiat facile demande temps et savoir-faire



RÉALISATION PRATIQUE :

débutant familiarisé confirmé



DURÉE : 30 min tâtonnements compris (mais hors compte-rendu)



LE TUTO VIDÉO : <https://tinyurl.com/tutochutesonore>
À vous de décider si vous donnez ce lien à vos élèves.

Partie de programme :

Mesure et incertitudes

Seconde : chute verticale

Terminale : mouvement dans un champ uniforme

Objectifs pédagogiques de la séance :

Exploiter une loi quantitative pour déterminer une hauteur à partir de la mesure d'une durée.
Discuter la reproductibilité et la dispersion des mesures.

Les prérequis : savoir faire un calcul numérique avec une racine carrée.

Le type d'activité : expérience quantitative pouvant être réalisée chez soi en autonomie, de façon individuelle ou par groupe de 2 ou 3.

Le matériel nécessaire

Appli nécessaire : Phyphox (tuto : <https://tinyurl.com/tutoPhyphox>)

Capteurs du smartphone utilisés : chronomètre sonore

Une règle, de préférence de 30 cm. Un crayon.

Un objet pas trop lourd, pas trop volumineux mais assez dur pour que le son de l'impact au sol soit détectable : une pièce de monnaie de 1 ou 2 euros est idéale, une bille convient à condition que la règle dispose d'un petit trou à l'une de ses extrémités.

Modalité de travail entre élèves : élève seul ou groupe de 2 ou 3 élèves (avec répartition des rôles) s'il y a un problème de disponibilité de matériel.

Modalité d'intervention pédagogique : feuille de consignes communiquée aux élèves.

Pistes pour approfondir le sujet au-delà de cette activité : détermination de la profondeur d'un puit.

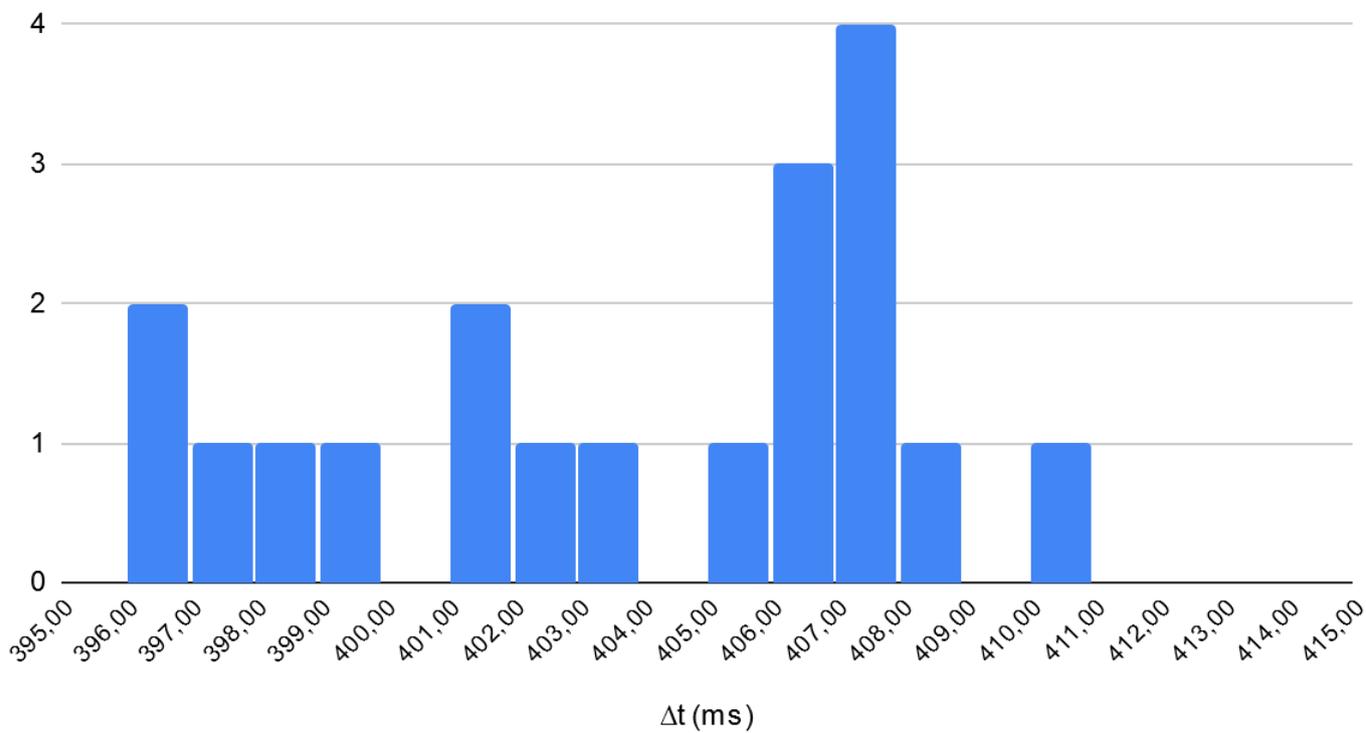
Corrigé détaillé**Du côté des modèles**

1) La hauteur de chute h s'exprime par la relation $h = \frac{1}{2} g (\Delta t)^2$.

L'expérience

2) La reproduction de l'expérience une dizaine de fois permet de constater la dispersion des valeurs. En fonction du positionnement dans l'année et de l'avancée du travail sur le thème des incertitudes, le professeur pourra adapter la consigne. Pour 20 mesures répétées avec le même matériel, on trouve par exemple la distribution suivante.

Histogramme de Δt



Un tableur peut alors calculer les valeurs caractéristiques de la distribution :

Nombre de mesures	20
Valeur moyenne	403,85
Ecart-type	5,040
Incertitude-type sur la valeur moyenne	1,13

La comparaison avec une série de mesures faite par un autre élève ou un autre groupe d'élèves permet de comparer la dispersion des mesures et de donner du sens à l'écart-type et à l'incertitude-type sur la valeur moyenne comme instrument de comparaison. L'incertitude relative vaut 0,3%.

La dispersion des mesures peut être interprétée. On peut par exemple citer deux causes possibles :

- d'une part les 2 bruits ne sont pas toujours les mêmes entre deux mesures alors que le seuil de déclenchement reste identique ;
- la pièce peut tomber "à plat" ou sur la tranche : la distance parcourue n'est alors pas tout à fait la même.

3 et 4) Dans l'exemple précédent, la moyenne des mesures est 403,85 ms. On en déduit la hauteur de la table : $h = \frac{1}{2} \times 9,8 \times 0,40385^2 = 0,80$ m. L'incertitude-type sur h est environ égale à 5 mm (l'incertitude relative sur h est deux fois celle sur Δt).

Une mesure au mètre déroulant de la hauteur de table (+ l'épaisseur de la règle) pour ces mesures donne 72,5 cm. L'écart entre les deux valeurs est nettement supérieur à l'incertitude-type.

On peut donc considérer qu'il existe un ou plusieurs paramètres qui n'ont pas été pris en compte dans le cadre de la modélisation dont l'effet est supérieur à la valeur du rayon de la pièce (qui estimerait l'écart entre une situation de chute à plat et une situation de chute sur la tranche). En terminale, le professeur pourra faire calculer l'écart normalisé, qui ici vaut 15 et qui devrait donc conclure à une non compatibilité des valeurs dans le cadre du modèle utilisé.

On peut également constater que les frottements n'ont pas été pris en compte dans la modélisation effectuée. L'écart entre la valeur déterminée par la mesure de durée et celle mesurée directement est cependant inférieure à 10% de la valeur mesurée au mètre : cet écart reste à analyser sans induire un rejet de la loi utilisée, mais doit plutôt permettre de discuter les conditions d'usage de ce modèle dans la situation étudiée et, surtout, les conditions de mesure.

