

Afin de prélever un échantillon de glace, les glaciologues réalisent des forages aussi appelés carottages. Ils consistent en une découpe verticale réalisée à l'aide d'un carottier, un tube en acier en forme de vis, dont l'extrémité est équipée de lames coupantes. Les glaciologues récupèrent un cylindre de glace, la carotte.

Il est théoriquement possible de déterminer la profondeur d'un forage en laissant tomber un petit caillou dans le trou foré. Le choc provoqué par le caillou qui atteint le fond du trou produit dans ce cas un signal sonore que l'on entend au bout d'une certaine durée.

Expériences au lycée

Cette expérience est difficilement réalisable dans le cadre des carottages dans la glace. La faible valeur du rayon du forage provoque en effet des rebonds sur la paroi au cours de la chute. Des élèves élaborent une série d'expériences au lycée afin de vérifier si le modèle de la chute libre peut s'appliquer à la chute d'un caillou.

Le modèle de la chute libre

Le modèle de la chute libre sans vitesse initiale décrit le mouvement d'un objet soumis uniquement à son propre poids, les autres forces (poussée d'Archimède, frottements de l'air...) étant négligeables.

On peut alors montrer que la durée de chute t_{ch} de l'objet est proportionnelle à la racine

carrée de la hauteur de chute h : $t_{ch} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, où g est l'intensité de la pesanteur.

Première expérience : détermination de la valeur de l'intensité de pesanteur g

Les élèves décident d'exploiter l'accéléromètre de leur smartphone afin de déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g dans le laboratoire.

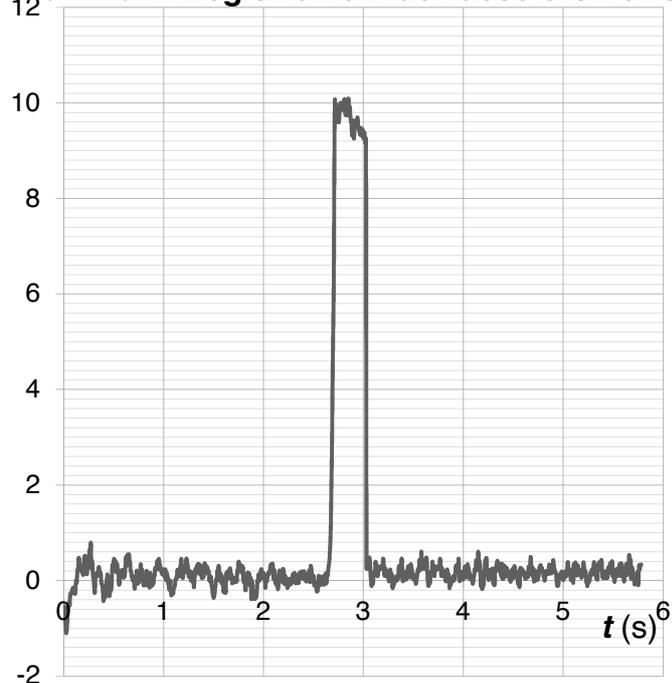
Protocole :

- déclencher l'enregistrement de l'accélération sur le smartphone ;

- lâcher le smartphone d'une hauteur H au-dessus d'un coussin ;

- arrêter l'enregistrement et afficher la courbe.

a_{12} (m.s⁻²) Enregistrement de l'accéléromètre



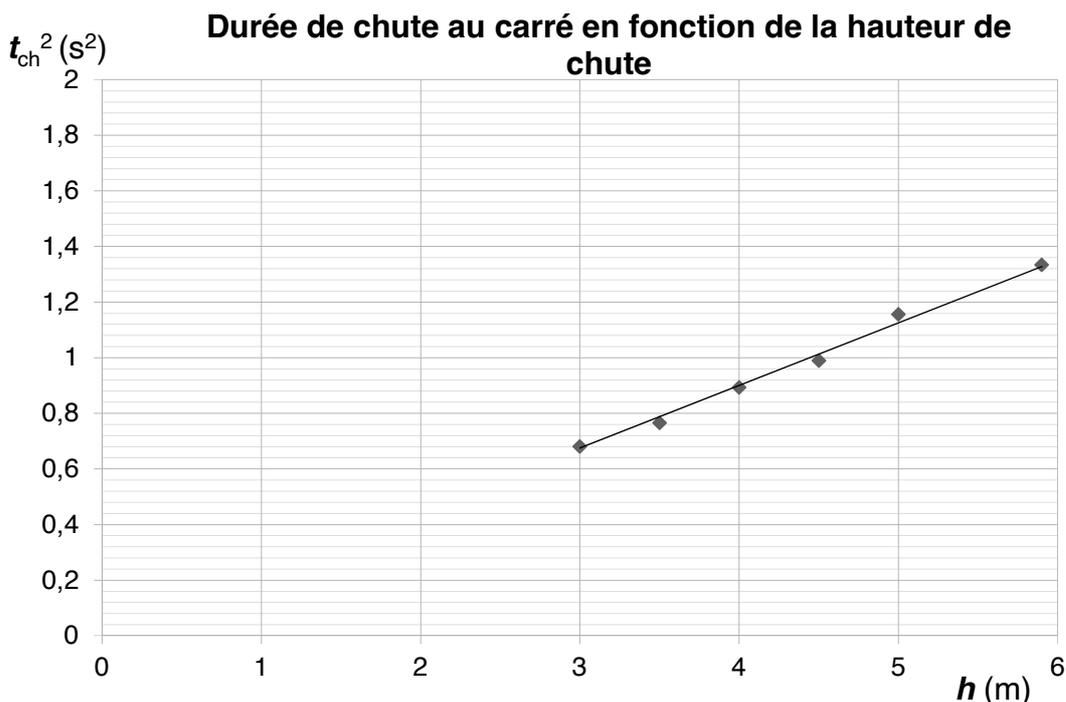
1. À l'aide du principe fondamental de la dynamique, exploiter l'enregistrement ci-dessus pour déterminer la valeur de l'intensité de pesanteur g dans le cadre du modèle de la chute libre.

Deuxième expérience : mesures de durée de chute

Afin d'étudier le modèle de la chute libre, les élèves réalisent une deuxième expérience.

Un élève se place au pied d'un des bâtiments du lycée et un deuxième élève lâche une bille depuis différentes hauteurs h , par les fenêtres des 3 étages du bâtiment.

À chaque lâcher, ils mesurent la hauteur de chute h et la durée de chute de la bille t_{ch} . Ils décident de tracer la courbe de t_{ch}^2 , en fonction de h , qu'ils modélisent par une droite linéaire. Le graphique représentant le carré de la durée de chute en fonction de la hauteur est reproduit ci-après.



Modélisation linéaire : $t_{ch}^2 = k \times h$ avec le paramètre $k = 0,206 \pm 0,003 \text{ s}^2 \cdot \text{m}^{-1}$

2. Expliquer pourquoi la modélisation linéaire choisie est en accord avec le modèle de la chute libre.
3. Calculer l'intensité de pesanteur g pour cette expérience.
4. Calculer l'incertitude type de mesure $u(g)$ sur la valeur de g grâce à la relation suivante :

$$\frac{u(g)}{g} = 2 \times \frac{u(k)}{k}.$$

5. Exprimer la valeur de l'intensité de pesanteur sous la forme $g \pm u(g)$ et comparer cette valeur avec celle déterminée à l'aide de la première expérience.

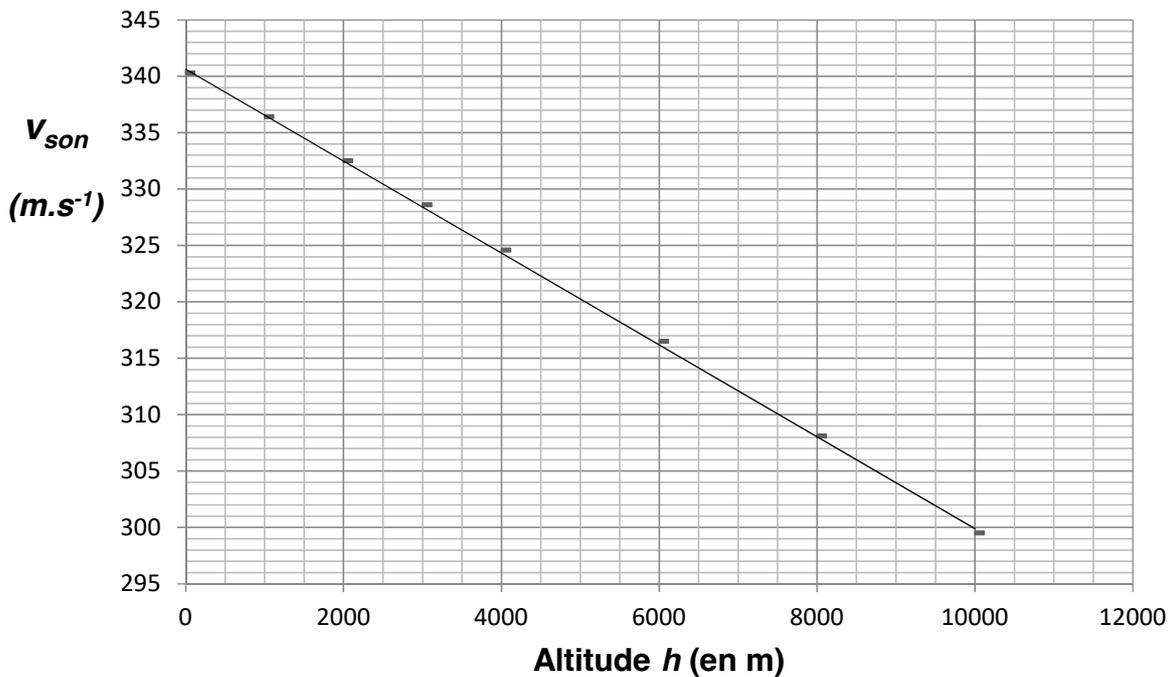
Retour sur le glacier

Le forage étudié se situe sur le glacier du col du Dôme, à 4300 m, au pied du Mont Blanc.

À cette altitude, la température n'est pas la même qu'au niveau de la mer. C'est aussi le cas pour d'autres grandeurs, telle que la vitesse de propagation du son. En revanche, l'intensité de pesanteur varie plus faiblement et sa valeur est $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$ sur le glacier.

- Calculer la valeur de la durée de chute d'un caillou dans le trou du forage, de profondeur de 128 m, dans le cadre du modèle de la chute libre.
- Lorsque le caillou atteint le fond du trou, le choc produit un signal sonore, perçu au bout d'une certaine durée t_{totale} qui correspond à la durée de la chute, suivie de celle de la propagation du signal sonore. Calculer cette durée totale en tenant compte de la vitesse de propagation du son à cette altitude.

Évolution de la vitesse de propagation du son avec l'altitude



D'après : Çengel Y., Boles, M., *Thermodynamics - An Engineering Approach*

- Si l'expérience était réalisée, la durée au bout de laquelle on percevrait le signal serait finalement supérieure à la valeur t_{totale} calculée précédemment. Expliquer les origines possibles de cette différence.