

EXERCICE III - DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES POUR RÉSISTER À LA GRÊLE

Mots clés : deuxième loi de Newton.

Les panneaux photovoltaïques sont recouverts d'une plaque de verre trempé pour résister aux impacts tels que ceux provoqués par la grêle.

Pour répondre aux normes fixées par la Commission Électrotechnique Internationale, les panneaux photovoltaïques sont soumis, selon la *norme internationale CEI 61215 pour modules photovoltaïques au silicium cristallin*, à des tests durant lesquels ils sont bombardés par des billes de glace de 25 mm de diamètre, de masse 7,53 g et de vitesse $83 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

La grêle se forme dans les cumulonimbus situés entre 1 000 m et 10 000 m d'altitude où la température peut descendre en dessous de $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Un grêlon tombe lorsqu'il n'est plus maintenu par les mouvements de l'air au sein du nuage. Certains d'entre eux peuvent atteindre des vitesses avoisinant $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ lorsqu'ils arrivent au sol.

On étudie la chute d'un grêlon de masse $m = 7,53 \text{ g}$ qui tombe d'un point O d'altitude $h = 1\,500 \text{ m}$ sans vitesse initiale. Le point O sera pris comme origine d'un axe (Oz) orienté positivement vers le bas. La masse du grêlon est supposée constante au cours de la chute.

Les parties A et B sont indépendantes.

Donnée :

- intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Partie A - Chute libre

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées cartésiennes des vecteurs accélération, vitesse et position du centre de masse G du grêlon, si l'on considère qu'il tombe en chute libre.
2. Calculer, en expliquant la démarche, la valeur de la vitesse du grêlon lorsqu'il atteint le sol. Indiquer si le résultat obtenu est vraisemblable et discuter les hypothèses du modèle retenu.

Partie B - Vitesse limite

Données :

- masse volumique de l'air à $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $\rho_{air} = 1,29 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- volume d'une sphère de rayon R : $V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$;
- coefficient de frottement de l'air : $K = 1,40 \times 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$;

En réalité, le grêlon de masse $m = 7,53 \text{ g}$, assimilé à une sphère de rayon $R = 12,5 \text{ mm}$, est soumis à deux autres forces, la force de frottement de l'air, opposée au vecteur vitesse du grêlon, et la poussée d'Archimède.

On modélise la valeur F de la force de frottement exercée par l'air sur le grêlon par l'expression : $F = K \times v^2$, où K sera appelé coefficient de frottement de l'air et v la vitesse du centre de masse du grêlon. La poussée d'Archimède exercée par l'air sur le grêlon est une force verticale, orientée vers le haut, dont la valeur a pour expression : $F_A = \rho_{air} \times V \times g$ où V est le volume du grêlon et ρ_{air} la masse volumique de l'air.

À cause des frottements de l'air, la vitesse du grêlon cesse d'augmenter après quelques secondes et devient constante. On dit que le grêlon atteint sa vitesse limite.

3. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le grêlon et la comparer à la valeur du poids du grêlon. Conclure.
4. En tenant compte de la conclusion précédente, déterminer par le calcul la valeur de la vitesse limite du centre de masse du grêlon. Vérifier si ce résultat est cohérent avec la vitesse des billes de glace utilisées pour tester la résistance des panneaux.
Le candidat est invité à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti.
5. Les évolutions temporelles de la vitesse et de la position du centre de masse G du grêlon étant données (figures 1 et 2), déterminer à quelle hauteur se trouve le grêlon lorsque sa vitesse atteint 95 % de sa vitesse limite.

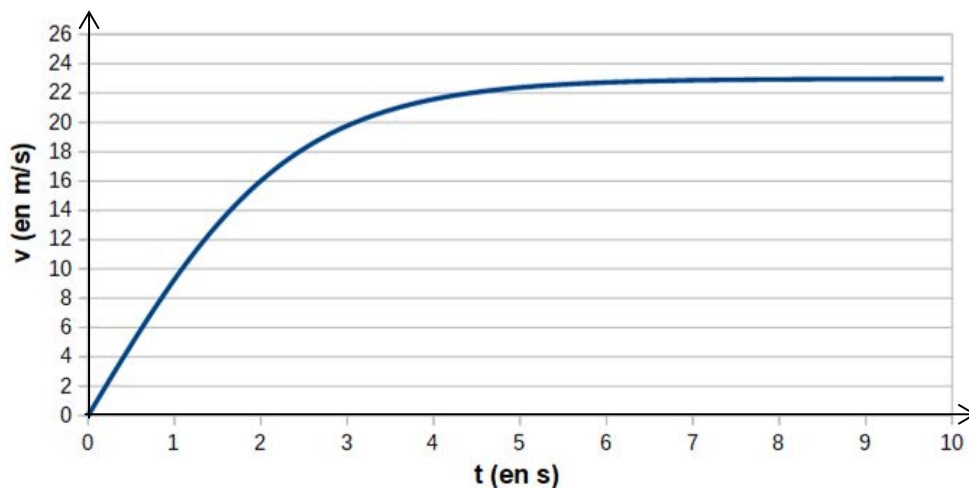


Figure 1. Évolution de la vitesse du centre de masse du grêlon en fonction du temps

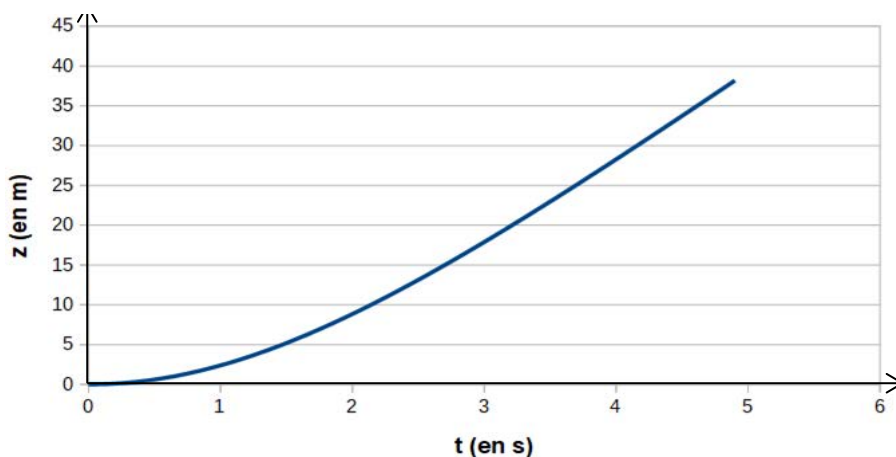


Figure 2. Évolution de la position du centre de masse du grêlon en fonction du temps