

## DM de physique n° 25

### Exercice : La tour de plomb

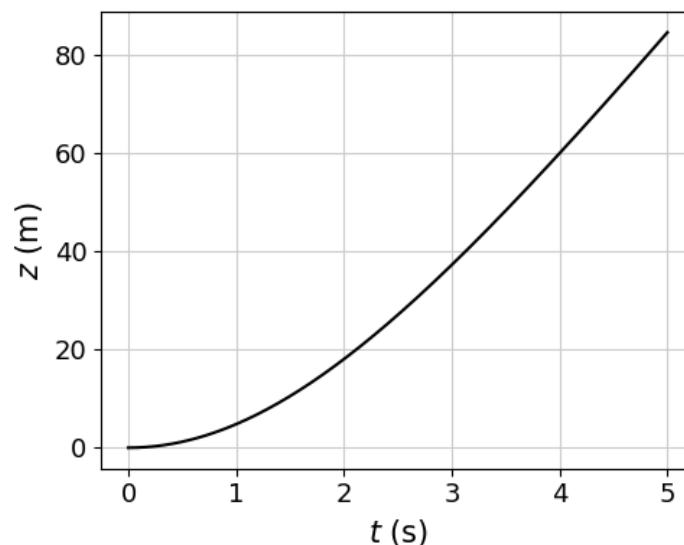
Au XIX<sup>ème</sup> siècle on utilisait la méthode suivante pour produire de la grenaille de plomb destinée à remplir des cartouches d'arme à feu.

En haut d'une tour on répand du plomb liquide, à sa température de fusion  $T_{\text{fus}} = 323^\circ\text{C}$ , sur une grille calibrée. Des gouttes se forment et tombent dans l'air en se solidifiant partiellement, avant d'atteindre une cuve de refroidissement remplie d'eau au pied de la tour. On propose le modèle simplifié suivant :

- Tout au long de la chute le plomb garde une forme sphérique de rayon  $r = 1,2 \text{ mm}$  constant.
- Les billes entament leur chute sans vitesse initiale.
- Le plomb échange avec l'air une puissance thermique  $\mathcal{P} = hS(T - T_{\text{air}})$ , avec  $S$  la surface de contact entre la bille et l'air,  $T$  la température de la bille supposée uniforme,  $T_{\text{air}} = 10^\circ\text{C}$  la température de l'air et  $h = 60 \text{ SI}$ .
- Les billes ne sont pas entièrement solidifiées lorsqu'elles atteignent la cuve de refroidissement. On considère qu'elles possèdent une croûte solide d'épaisseur  $e$ .

*Données* : enthalpie de fusion du plomb à pression atmosphérique :  $L_{\text{fus}} = 23,1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ , masse volumique supposée égale pour le plomb liquide et solide :  $\rho = 11,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Au cours de la chute on prend en compte les frottements de l'air sur les billes. Le graphe ci-dessous, obtenu à l'aide d'une simulation numérique, indique la hauteur de chute en fonction de la durée de chute.



Calculer la hauteur minimale de la tour pour avoir une épaisseur  $e$  au moins égale à  $0,3 \text{ mm}$ .