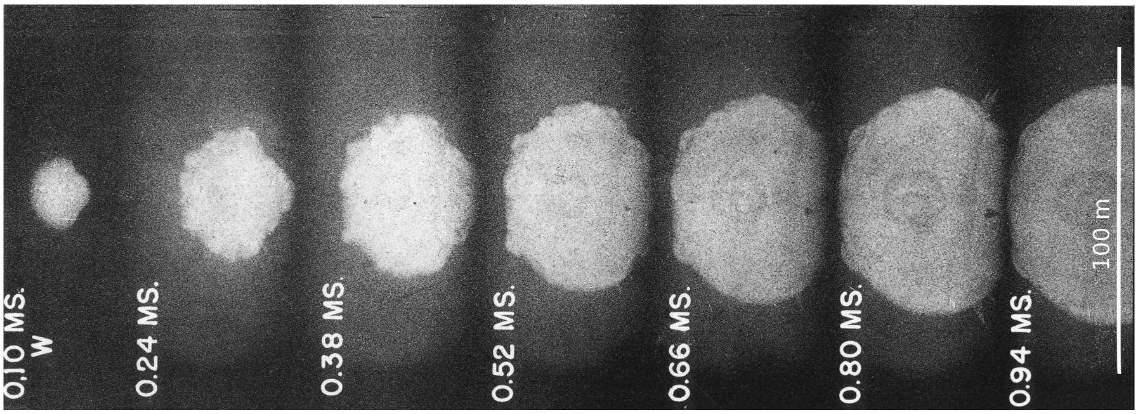
Devoir 1

1 Oh Lord don't let them drop that atomic bomb on me

Durant la seconde guerre mondiale, les USA ont mis en place le programme Manhatan qui avait pour but de fabriquer la bombe atomique. Les premiers essais ont eu lieu en 1945 et ont été filmés. On donne dans la figure 1 des images prises à cette occasion.



La déflagration créé une onde de choc. Au passage de l'onde de choc, la vapeur d'eau présente dans l'air se condense pour créer une sorte de brouillard, que l'on voit sur les photos. Les images viennent également avec une échelle spatiale et le temps écoulé après l'explosion. On se propose ici de déterminer l'énergie dissipée par la bombe lors de l'explosion. On se base sur l'hypothèse que la propagation de l'onde de choc visible sur les images est sphérique et que la propagation dépend de la densité de l'air $\rho = 1.2 \text{ kg m}^{-3}$ et de l'énergie E mise en jeu lors de l'explosion. On note $R(t)$ le rayon de la zone blanche à un temps t après l'explosion.

1. Faites un tableau donnant le rayon R pour chaque temps t des sept clichés.
2. Estimez la vitesse de propagation de l'onde de choc en utilisant les deux premiers clichés. Comparez à la vitesse du son dans l'air.
3. Donnez les dimensions de ρ, E, R et t.
4. Sous les hypothèses décrites plus haut, le rayon R s'écrit sous la forme :

$$R = KE^{\alpha}\rho^{\beta}t^{\gamma}$$

   où K est une constante, que l'on suppose de l'ordre de 1. Trouvez les valeurs de α, β et γ par analyse dimensionnelle.
5. On veut s'assurer que notre prédiction est raisonnable. Pour cela, on va tester si la dépendance de R en fonction de t est compatible avec les données expérimentales. A cette fin, il est plus intéressant de considérer non pas à R comme une fonction de t mais $\log R$ comme une fonction de $\log(t)$. En utilisant le résultat de la question 4, trouvez la loi qui relie $y = \log(R)$ à $x = \log(t)$?
6. En utilisant les valeurs mesurées à la question 1, tracez sur un graphe $y = \log(R)$ en fonction de $x = \log(t)$. Obtenez-vous le comportement espéré à la question précédente ?
7. Mesurez le coefficient directeur sur le graphe et comparez à la prédiction de la question 4.
8. Finalement, estimez l'énergie dégagée par l'explosion.

2 La bille chargée

Une bille de masse m est contrainte à se déplacer le long d'un rail vertical. Cette bille a une charge q positive. On place également une charge Q positive sur le rail en un point O. Pour déterminer la position de la bille on utilise une coordonnée z rapporté à l'axe vertical orienté vers le haut. On choisit l'origine du référentiel au point O. On suppose que les deux billes sont ponctuelles.

On lâche la bille du point A situé au-dessus de la charge en O, sans vitesse initiale.

1. Faites la liste des forces s'exerçant sur la bille. Donnez l'orientation, la norme et la composante le long de l'axe (Oz) de chacune de ces forces.
2. Déterminez la position d'équilibre E de la bille. Donnez sa coordonnée z_E.
3. Déterminez le travail du poids entre le point A de coordonnée z_A et un point M quelconque de coordonnée z.
4. Calculez le travail de la force électrostatique lorsque la bille est déplacée de A à M.
5. Rappelez le théorème de l'énergie cinétique.
6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, reliez la vitesse v du mobile au point M à sa coordonnée z et la coordonnée de la position initiale z_A.
7. Imaginons que le point A soit au-dessus de la position d'équilibre E. Dans quel sens se déplace la bille dans la suite du mouvement ?
8. Montrez qu'il existe un point B où la bille s'arrête et trouvez la coordonnée z_B de ce point (vous devrez probablement trouver les racines d'un polynôme du 2^e degré).
9. Que fait la bille après avoir atteint B ?
10. Etudiez la limite de z_B quand z_A tend vers l'infini. Quand z_A tend vers z_E. Ces résultats sont-ils physiquement raisonnables ?