

DEVOIR DE RÉDACTION

La bombe nucléaire

Vous êtes invités à porter une attention particulière à la rédaction et au soin de votre copie. Les numéros des questions doivent être mis en évidence et les résultats encadrés.

Travailler avec le cours et les exercices de travaux dirigés ouverts sous les yeux est chaudement recommandé : un devoir de rédaction est un entraînement, pas une évaluation. En cas de besoin, n'hésitez pas à me contacter ou à venir me poser des questions à la fin d'une séance.



Ce devoir sera ramassé le lundi 15 septembre.

La bombe nucléaire est une arme dont le principe de fonctionnement repose sur la réaction en chaîne qu'occasionne la déstabilisation d'un échantillon de matière radioactive.



Photographie du ciel d'Hiroshima prise par le bombardier *Enola Gay* le 6 août 1945.

Le premier essai nucléaire de l'histoire a pour nom de code *Trinity*. L'explosion eut lieu le 16 juillet 1945 à Alamogordo au Nouveau-Mexique, dans une zone désertique nommée Jornada del Muerto. Étant l'ultime étape du projet *Manhattan*, lancé par les États-Unis durant la seconde guerre mondiale, les données concernant ce projet furent classées ultra-secrètes par la CIA¹. Comme pour *Trinity* et tous les essais nucléaires réalisés, l'explosion fut suivie par l'émergence d'un immense pyrrocumululus² ayant la forme d'un champignon et constitué de vapeur d'eau, poussières et débris.

Des connaissances en mécanique des fluides et thermodynamique suggèrent que les paramètres influant sur le rayon du nuage sont évidemment le temps t s'étant écoulé depuis l'explosion et l'énergie E libérée par l'explosion, mais aussi la masse volumique de l'air ρ . On suppose que le rayon du nuage s'écrit en fonction des paramètres cités ci-dessus sous la forme :

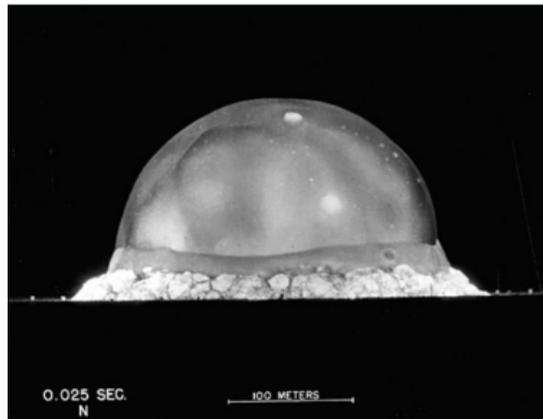
$$R(t) = E^a t^b \rho^c$$

où a , b et c sont trois constantes.

1. Établir la dimension d'une énergie en fonction des dimensions de bases du système international.
2. Déterminer les valeurs des constantes a , b et c .
3. Exprimer l'énergie libérée en fonction de R , t et ρ .

1. La CIA (Central Intelligence Agency) et une agence de renseignement des États-Unis fondée en 1947 par le National Security Act.
2. Sous-famille de nuages appartenant à la famille des cumulus. Ils se forment au-dessus d'une source de chaleur intense (feux de forêts, volcans en éruption, cheminées industrielles, explosions).

La photographie ci-après est extraite d'un enregistrement vidéo de l'essai nucléaire *Trinity*.



4. Estimer l'ordre de grandeur de la valeur numérique de l'énergie de la bombe à partir de la photographie.

Plusieurs années plus tard, la CIA a révélé que les mesures réalisées sur place permettaient d'estimer que l'énergie libérée par la bombe était d'environ 20 kilotonnes de TNT. Cette unité dérivée d'énergie est convertible sachant que l'explosion de 1 kg de TNT libère environ $4 \cdot 10^6$ J.

5. Calculer l'énergie libérée par l'explosion *Trinity* et commenter sa compatibilité avec le résultat obtenu par analyse dimensionnelle.

Grâce au film de l'explosion de *Trinity* on a pu suivre au cours du temps le rayon $R(t)$ du nuage.

temps (ms)	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8
rayon (m)	11,1	19,9	25,4	28,8	31,9	34,2	36,3	38,9	41,0	42,8	44,4	46,0	46,9
temps (ms)	3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	15,0	25,0	34,0	53,0	62,0		
rayon (m)	59,0	61,1	62,9	64,3	65,6	67,3	106,5	130,0	145,0	175,0	185,0		

6. Proposer une méthode graphique pour vérifier la dépendance des paramètres t et R .

7. Compléter le code Python fourni pour mettre en œuvre la méthode. Commenter l'allure du graphe obtenu.

Bonus. Expliquer la différence entre bombe A et bombe H et préciser le type de bombe utilisée pour *Trinity*.

- Fin de l'énoncé -



Le saviez-vous ?

Durant la seconde guerre mondiale, le physicien Robert Oppenheimer (1904-1967) coordonna le projet Manhattan et réalisa la bombe Gadget qui explosa avec succès lors de l'essai Trinity. En 1949, le gouvernement américain déclassifie des images de l'explosion, révélant indirectement aux scientifiques des informations... L'un d'eux, Geoffrey Ingram Taylor (1886-1975), qui s'intéressait à la croissance du champignon nucléaire, fut en mesure de confronter ses travaux à l'expérience et estima l'énergie fournie par la bombe, une information encore classée « top secret ». Les militaires américains se sont retrouvés fort embarrassés.

Affiche du film *Oppenheimer* (2023)

Source : allocine.fr