

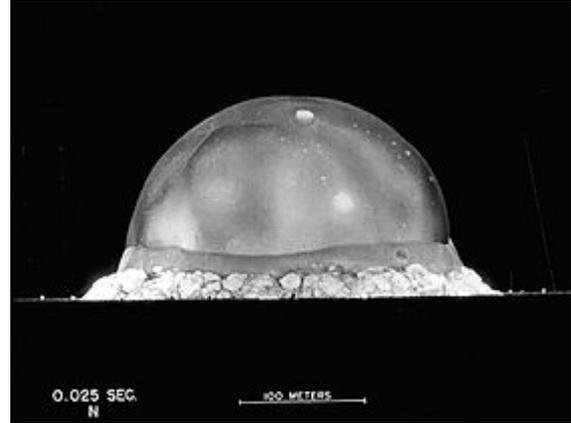
## **résolution problème : L'énergie de Trinity**

- **Notions et contenus** : Fission / Défaut de masse / Aspects énergétiques

Trinity est le nom de code du premier essai nucléaire de l'histoire. L'explosion eut lieu le 16 juillet 1945 à Alamogordo au Nouveau-Mexique dans une zone désertique nommée *Jornada del Muerto* (« Étape du Mort » ou « Parcours de l'Homme mort »). Finalisation du projet Manhattan lancé par les États-Unis durant la Seconde Guerre mondiale, Trinity consistait en l'explosion d'une bombe au plutonium nommée « Gadget ». Semblable à une grosse boule, elle ne fut pas larguée d'un avion mais hissée au sommet d'une tour métallique. L'essai devait servir à valider des recherches menées sur l'arme atomique. À la suite de la réussite du programme, deux bombes seront larguées sur le Japon quelques semaines plus tard.



*Gadget hissée au sommet de la tour*



*Photo du test Trinity rendue publique après la guerre : Bulle de gaz chaud formée 0,025 seconde après le début de l'explosion. La bulle prend ensuite la forme d'un champignon.*

Certaines données sur Trinity, comme la masse de plutonium embarquée, sont encore confidentielles.

Votre mission consiste à estimer cette masse. Vous rédigerez un rapport détaillé en expliquant vos raisonnements et calculs ainsi que leurs limites...

### **Document 1** : la puissance ... de l'analyse dimensionnelle

Quelques années après la fin de la guerre - peut être pour impressionner leur opinion publique - les militaires américains décident de déclassifier les photos du test Trinity, qui se retrouvent donc publiées dans la presse. Mais secret-défense oblige, ils choisissent de ne rien révéler de la puissance de la bombe.

Tout cela est sans compter sur un physicien britannique, Geoffrey Taylor (photo ci-contre), qui publie un article démontrant que les photos suffisaient pour estimer l'énergie libérée par la bombe ... et pour cela il suffit de faire un peu d'analyse dimensionnelle !



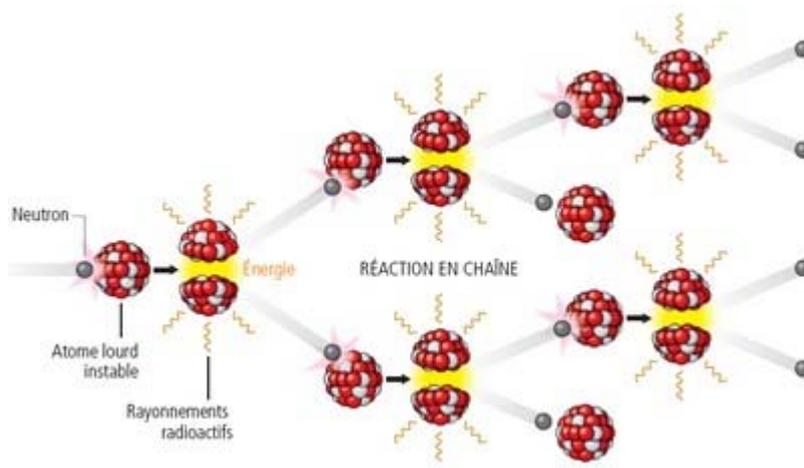
Geoffrey Taylor savait que le rayon  $R$  de la bulle de gaz chaud dépend essentiellement du temps  $t$  écoulé depuis l'explosion (normal), de la quantité d'énergie  $E$  libérée par la bombe (intuitif), et de la masse volumique  $\rho$  de l'air environnant (assez intuitif). Il propose alors comme formule dimensionnellement correcte et valable pour les unités du Système International :

$$R^5 = \left(\frac{E}{\rho}\right) t^2$$

## Document 2 : réaction de fission nucléaire

Une réaction nucléaire est dite provoquée lorsqu'un noyau cible est frappé par un noyau projectile et donne naissance à de nouveaux noyaux. La fission est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle un noyau lourd « fissile » donne naissance à deux noyaux plus légers. Des neutrons sont aussi émis lors de la fission et peuvent provoquer la fission d'autres noyaux. Si le nombre de neutrons émis lors de chaque fission est supérieur à 1, une réaction en chaîne peut se produire et devenir rapidement incontrôlable (bombe à fission).

Dans une centrale nucléaire, la réaction en chaîne est contrôlée par des barres mobiles qui plongent dans le réacteur entre les barres de « combustible » pour absorber une partie des neutrons émis. On peut ainsi contrôler la quantité d'énergie produite par les réactions de fission.



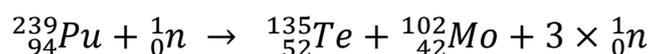
## Document 3 : défaut de masse et énergie libérée par une réaction nucléaire

Contrairement aux réactions chimiques les variations de masse au cours de réactions nucléaires ne sont pas négligeables et sont mesurables. Par exemple, au cours d'une réaction de fission, la somme des masses des produits est plus petite que celle des réactifs. Cette diminution de masse s'appelle le défaut de masse. La théorie de la relativité restreinte et le principe de conservation de l'énergie montrent que (en unités SI) l'énergie libérée par la réaction est égale au produit du défaut de masse par le carré de la vitesse de la lumière dans le vide\*.

\*  $c=2,9979.10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  : vitesse de la lumière dans le vide.

## Document 4 : réaction de fission du plutonium 239

L'équation de la réaction du plutonium 239 sous l'impact d'un neutron est :



Noyau	${}^{102}_{42}\text{Mo}$ (molybdène)	${}^{135}_{52}\text{Te}$ (Tellure)	${}^{239}_{94}\text{Pu}$	${}^1_0\text{n}$ (neutron)
Masse (en u)	101,9103	134,9167	239,0530	1,0089

1 u =  $1,66043 \cdot 10^{-27}$  kg (unité atomique)