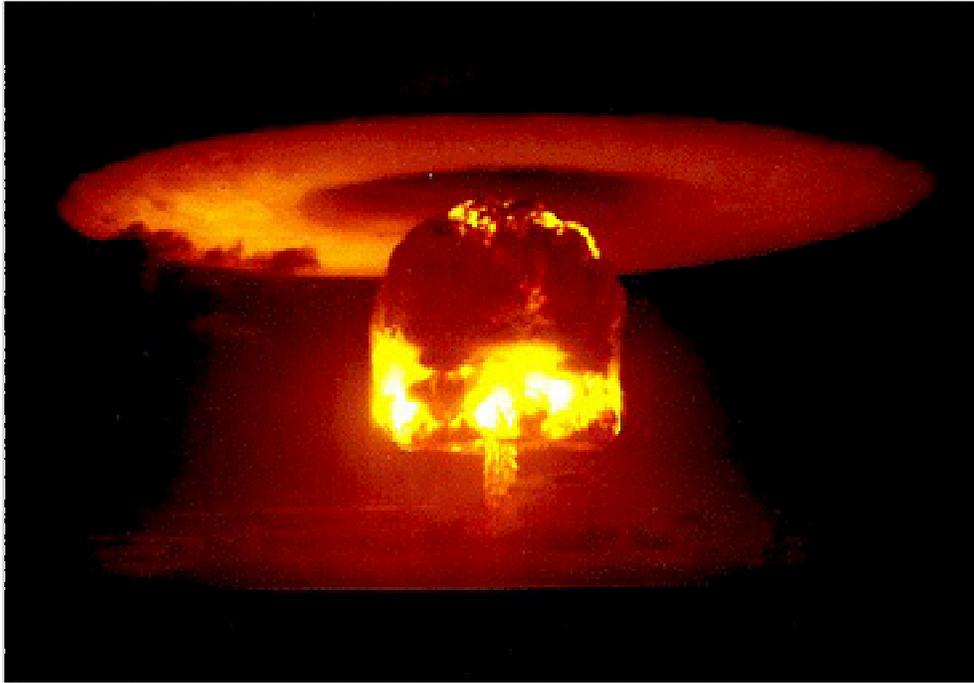


# Principe et fonctionnement des bombes atomiques



Ouvrage collectif

Aurélien Croc Fabien Salicis Loïc Bleibel

*[http://www.groupe-apc.fr/fm/sciences/bombe\\_atomique/](http://www.groupe-apc.fr/fm/sciences/bombe_atomique/)*

Avril 2001

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>1 La radioactivité</b>	<b>3</b>
1.1 Généralité . . . . .	3
1.1.1 Les particules $\alpha$ . . . . .	3
1.1.2 Les particules $\beta$ . . . . .	3
1.1.3 Le rayonnement $\gamma$ . . . . .	3
1.2 La fission . . . . .	4
1.3 La fusion . . . . .	4
<b>2 La bombe A ou la bombe à fission</b>	<b>6</b>
2.1 L'utilisation du principe de la réaction en chaîne . . . . .	6
2.2 1 <sup>ere</sup> méthode pour déclencher la réaction en chaîne . . . . .	6
2.3 2 <sup>eme</sup> méthode pour déclencher la réaction en chaîne . . . . .	7
2.4 Le déclenchement de la bombe . . . . .	7
2.5 La libération de l'énergie . . . . .	7
<b>3 La bombe à fusion ou thermonucléaire</b>	<b>9</b>
3.1 L'utilisation du principe de la réaction en chaîne . . . . .	9
3.2 Déclenchement de la réaction en chaîne . . . . .	9
3.3 La libération de l'énergie . . . . .	10
<b>Conclusion</b>	<b>11</b>
<b>A Photos annexes</b>	<b>12</b>

# Introduction

La bombe atomique est l'une des plus importante et dangereuse invention du XX<sup>eme</sup> siècle. A ses débuts, cette arme était considérée comme une arme de guerre. Cependant, après sa première utilisation durant la seconde guerre mondiale les 6 et 9 juillet 1945 sur les villes d'Hiroshima et Nagasaki, on a pu constater sa puissance destructrice : une population fut entièrement décimée ainsi que les deux villes complètement détruites, soit quelques centaines de milliers de personnes ou peut-être plus moururent en quelques dixièmes de secondes. Après cette catastrophe, les gens prirent peur de la bombe atomique, alors celle-ci n'est devenue qu'une arme de dissuasion et n'a heureusement plus été réutilisée sur une population.

Le type de bombe utilisée durant la seconde guerre est appelée "bombe à fission" ou "bombe A" ; mais depuis leur création une nouvelle bombe plus puissante a été inventée : la "bombe H", "bombe à hydrogène", "bombe à fusion" ou bien "bombe thermonucléaire". Ces deux différents types de bombe fonctionnent sur un principe opposé l'une de l'autre.

Mais, quels sont ces principes et comment fonctionnent les deux types de bombes nucléaires ?

Pour comprendre cela, nous étudierons d'abord la radioactivité puis la bombe à fission et enfin la bombe à fusion.

# Chapitre 1

## La radioactivité

### 1.1 Généralité

La radioactivité résulte de la désintégration de noyaux atomiques instables. Elle est caractérisée par des émissions de particules  $\alpha$  et  $\beta$  et d'un rayonnement  $\gamma$ . En général, les atomes instables sont caractérisés par un nombre supérieur de neutrons par rapport au nombre de protons (par exemple : l'Uranium  ${}_{92}^{238}U$  qui a donc 92 protons et 146 neutrons, le Tritium  ${}^3_1H$  qui a 2 neutrons et 1 proton, ...)

#### 1.1.1 Les particules $\alpha$

Les particules  $\alpha$  sont des émissions de noyau d'hélium à très grande vitesse qui sont éjectées du noyau de certains atomes radioactifs. Leur principe est d'arracher des électrons aux atomes : ce sont des particules ionisantes. L'équation-bilan d'une désintégration  $\alpha$  est :  ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He + \gamma$

#### 1.1.2 Les particules $\beta$

Dans ce type d'émission de particules, nous en trouvons deux différentes : les particules  $\beta^-$  et  $\beta^+$ .

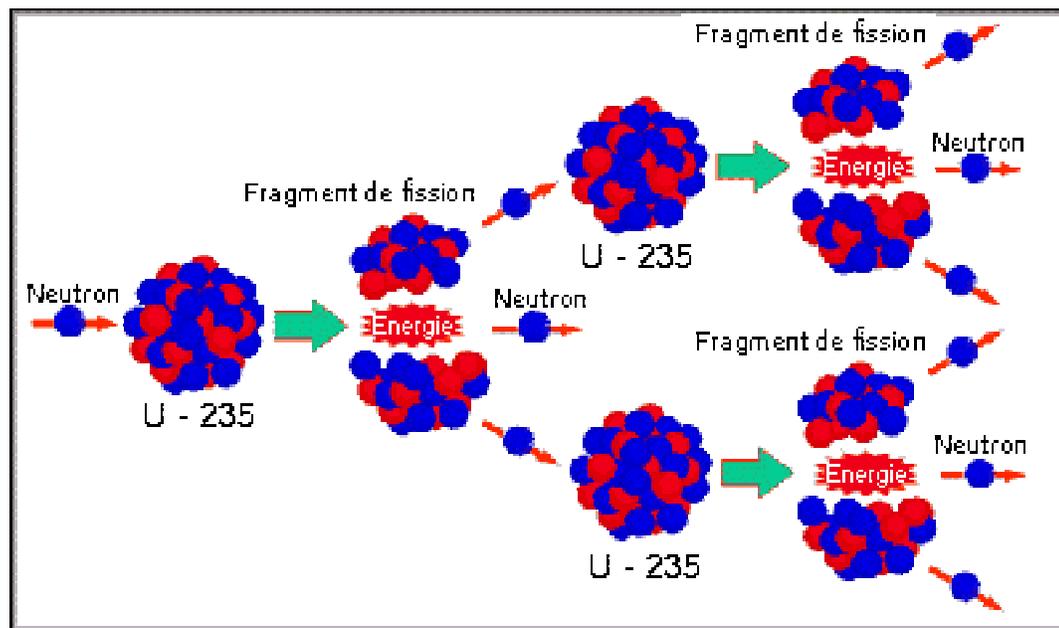
- Les premières sont des électrons de charge -e. L'équation de désintégration  $\beta^+$  est :  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e + \gamma$
- Les dernières sont des positrons de charge +e L'équation de désintégration  $\beta^-$  est :  ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e + \gamma$

#### 1.1.3 Le rayonnement $\gamma$

Le rayonnement  $\gamma$  est caractéristique de la radioactivité. En effet, celui-ci a un pouvoir pénétrant ce qui explique qu'il est dangereux voir mortel envers les êtres vivants. Comparé aux particules, celui-ci n'est arrêté que par d'épais écrans de plomb. De plus, étant de nature électromagnétique comme la lumière, il est d'autant plus énergétique que sa longueur d'onde est courte.

## 1.2 La fission

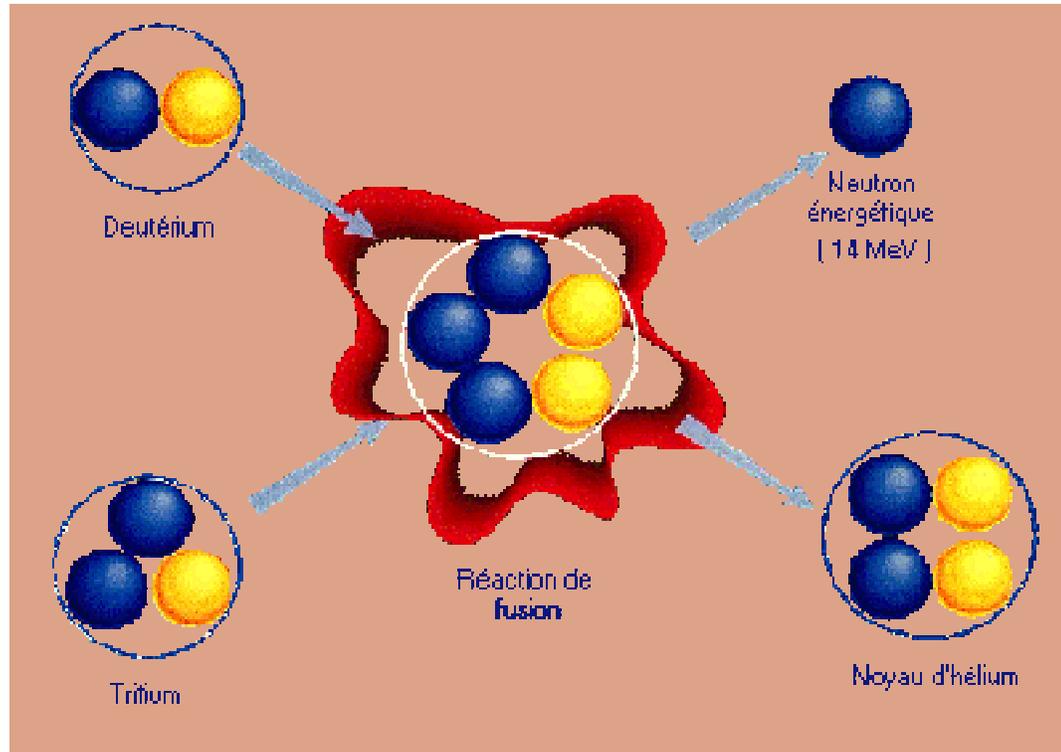
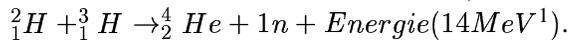
La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd éclate sous l'impact d'un neutron. En effet, un noyau est composé de protons et neutrons liés entre eux par une force nucléaire qui dépend de l'énergie de liaison. Dès qu'un neutron pénètre dans le noyau, la structure s'en retrouve modifiée et le noyau devient instable. Il se scinde alors en deux autres noyaux plus légers, libérant des neutrons ainsi que une forte quantité d'énergie. Une équation-bilan de cette réaction, par exemple, pour l'Uranium 235 est :  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + 2n + \gamma$ . Dans toute réaction nucléaire spontanée, la masse des noyaux, après réaction est inférieure à la masse des noyaux avant réaction, ce qui explique l'énorme quantité d'énergie libérée. En effet, la relation d'Einstein  $E = M.C^2$  ( $E$  = l'énergie ;  $M$  = quantité de matière changée en énergie et  $C$  est la vitesse de la lumière soit  $3.10^8 \text{ Km.s}^{-1}$ ) démontre la relation entre la matière et l'énergie, ce qui prouve qu'avec très peu de matière, beaucoup d'énergie se forme. Ce phénomène a été découvert en 1939 par les chimistes allemands Otto Hahn et Fritz Strassmann.



## 1.3 La fusion

A l'opposé de la fission, la fusion est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux s'unissent pour en former une de plus grosse taille mais de masse inférieure à celle de la somme des deux premiers noyaux. Cette réaction libère alors un atome néoformé, un neutron énergétique accompagné d'une perte de matière qui, d'après la relation d'Einstein, est transformée en une grande quantité d'énergie (Cette énergie, appelée aussi énergie thermonucléaire est à l'origine

du rayonnement des étoiles). Cependant, cette réaction n'est possible qu'avec des atomes n'ayant plus d'électrons. Ceci est réalisable en portant les atomes à une très haute température (ce phénomène s'appelle l'ionisation de l'atome). Alors, ce nouvel état de la matière (d'après certains scientifiques) est appelé Plasma. Pour l'instant, cette réaction n'est possible qu'avec de l'hydrogène lourd tel que le Deutérium ou le Tritium. Pour l'hydrogène, il faut le porter à une température de plus de  $1.10^8^{\circ}\text{C}$ . L'équation-bilan de la fusion nucléaire de l'hydrogènes est (Nous prendrons une réaction Tritium - Deutérium) :



---

<sup>1</sup>Méga électron Volt

## Chapitre 2

# La bombe A ou la bombe à fission

Le 6 décembre 1941, le président Roosevelt autorisa les recherches sur la fission et la réaction en chaîne pour réussir à créer la première bombe atomique. Le premier problème qui s'est posé a été l'utilisation d'oxyde d'Uranium qui contenait trop d'Uranium 238(99.3 %) : celui-ci n'étant pas fissile. Alors, les scientifiques ont dû isoler de cet oxyde l'uranium 235 (0.7%), seul atome fissile de l'Uranium, au moyen de filtres. Une autre solution était d'utiliser du Plutonium : atome dérivé de l'Uranium formé par l'intermédiaire du procédé mis en place par Fermi : la Pile Fermi (ou atomique). Par la suite, il ne restait plus qu'à mettre en place un système déclenchant et maintenant la réaction en chaîne pour créer une bombe atomique. Maintenant, analysons le fonctionnement de cette bombe.

### 2.1 L'utilisation du principe de la réaction en chaîne

Le principe est d'utiliser la réaction en chaîne pour transformer l'Uranium 235 en une très grande quantité d'énergie. Un neutron par cycle de fission serait nécessaire pour entretenir la réaction en chaîne, mais certains peuvent s'échapper du milieu réactionnel ou être absorbés par des impuretés. Alors, une petite sphère de matière fissile pure, comme l'Uranium 235, de la taille d'une balle de golf ne suffirait pas à entretenir une réaction en chaîne, car trop de neutrons s'échapperaient. Cependant, une sphère de la taille d'une orange permettrait cette réaction. En effet, une légère augmentation de la quantité de matière minimum à utiliser (aussi appelé masse critique) provoquerait une explosion d'une puissance nettement supérieure. Pour permettre la libération de la puissance maximale de la réaction, on isole, avec un matériau très solide (du plomb) l'endroit où la fission s'opère, puis, au moment où celui-ci cède, l'intégralité de l'énergie est libérée.

### 2.2 1<sup>ère</sup> méthode pour déclencher la réaction en chaîne

Pour provoquer la mise à feu, le plus simple est d'utiliser le système de type *revolver* : une quantité de matière fissile est projetée à très grande vitesse par l'in-

termédiaire d'un explosif puissant sur sur une cible de constitution identique au projectile, ce qui provoque la soudure des deux parties constituant un *assemblage critique*.

Ce procédé a été utilisé dans la bombe atomique (nommé *little boy*) envoyé sur Hiroshima. A la suite, la réaction en chaîne est déclenchée.

### 2.3 2<sup>eme</sup> méthode pour déclencher la réaction en chaîne

Une deuxième solution, dite à *implosion* est utilisé dans les bombes de forme sphérique telle que la bombe (nommé *fat man*) envoyée sur Nagasaki. La partie externe de la sphère est constituée d'une couche de pièces de formes parfaitement ajustées appelées lentilles. Elle est faite d'un puissant explosif et conçue pour concentrer le souffle vers le centre de la bombe. Chaque partie de l'explosif étant équipée d'un détonateur qui est aussi relié à tous les autres. Une impulsion électrique fait exploser tous les morceaux en même temps, produisant une *onde de choc* qui converge vers le centre de la bombe. Au centre se trouve une sphère de matière fissile qui est alors comprimée par cette puissante pression dirigée vers l'intérieur, qui devient donc une implosion. La densité du métal s'accroît et un assemblage surcritique est constitué.

### 2.4 Le déclenchement de la bombe

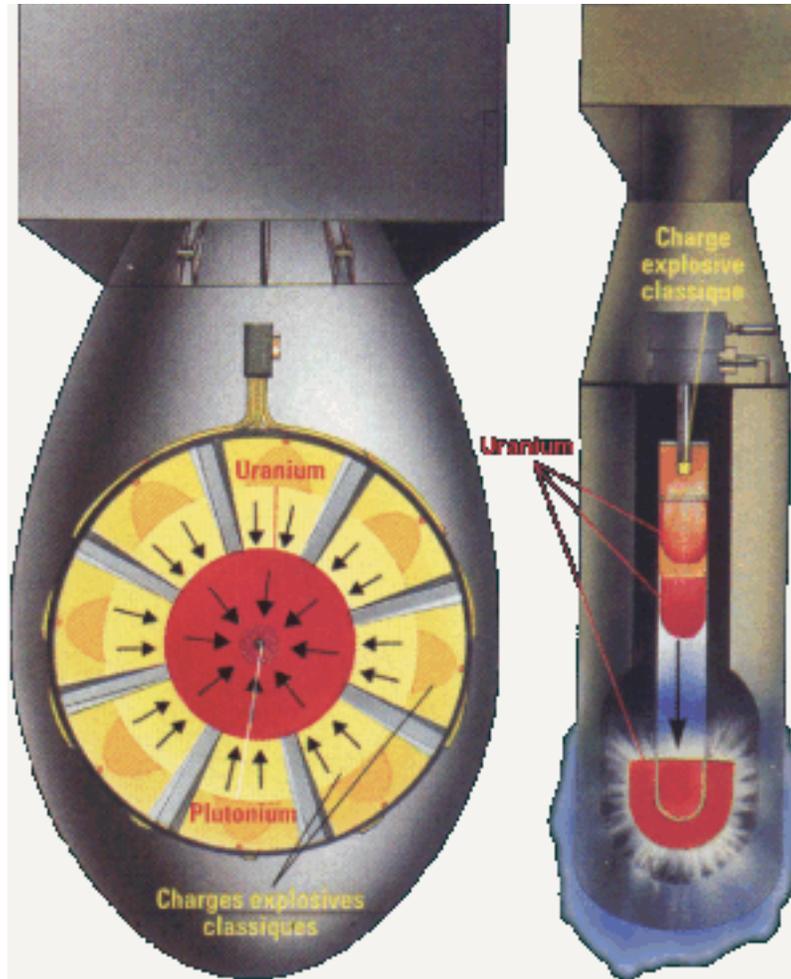
Le niveau de dégâts au sol infligé par l'effet de souffle dépend de la puissance de l'explosion, de l'altitude à laquelle elle a eu lieu et de la distance de l'objet par rapport au point zéro<sup>1</sup>. Pour cela, le déclenchement est établi par un altimètre réglé de façon à obtenir la puissance maximale délivrée par celle-ci. Plus la puissance de la bombe est importante, plus l'altitude de l'explosion doit être élevée (par exemple, pour la bombe de Nagasaki d'une puissance de 20 kilo tonnes de TNT, celle-ci a explosé de 550 mètres.

### 2.5 La libération de l'énergie

La réaction en chaîne dure quelques millièmes de secondes. Le dégagement extrêmement rapide d'une grande masse d'énergie dans un volume relativement réduit élève la température à des dizaines de milliers de degrés. La dilatation et la vaporisation rapide des matériaux de la bombe provoquent alors une puissante explosion.

---

<sup>1</sup>Le point du sol situé à la verticale de la bombe



A gauche : bombe atomique du type de Fat Man et à droite du type de Little Boy

## Chapitre 3

# La bombe à fusion ou thermonucléaire

La bombe H ou thermonucléaire est la deuxième bombe atomique créée. Ce sont des réactions de fusion qui lui permettent de fonctionner soit en utilisant de l'hydrogène lourd (deutérium) ou soit de l'hydrogène super-lourd (Tritium) ou bien des deux. Seulement, cette réaction ne peut se faire qu'à de très hautes températures comme il a été expliqué précédemment (.cf. 1.3). Malheureusement, il faut arriver à augmenter cette température jusqu'à celle désirée mais en plus, il faut maintenir celle-ci pour permettre la réaction en chaîne.

### 3.1 L'utilisation du principe de la réaction en chaîne

Nous savons que pour permettre la fusion de l'hydrogène, il doit se trouver à la température de  $1.10^8$ °C. Dans ce cas là, ces noyaux d'hydrogène s'ionisent puis fusionnent. Cette réaction dégage une très grande quantité d'énergie, majoritairement sous forme de chaleur. Seulement, il faut arriver à conserver cette chaleur ainsi dégagee pour que la fusion des autres autres noyaux d'hydrogène lourds puissent se produire. Ce phénomène correspond à une réaction en chaîne. Le principe est donc d'arriver à conserver cette chaleur. Pour cela, l'hydrogène est logé dans une enveloppe calorimétrique qui permet de retarder la perte de chaleur.

### 3.2 Déclenchement de la réaction en chaîne

Comme nous avons vu précédemment, pour débiter la réaction en chaîne, il faut une température de plus de  $1.10^8$ °C. On utilise alors une bombe atomique de type A. A son explosion, elle permet d'arriver à la chaleur voulue et d'activer la réaction en chaîne.

### **3.3 La libération de l'énergie**

Une fois que tous les noyaux d'hydrogène lourds ont fusionné, l'énergie ainsi libérée par la réaction forme une énorme boule de feu de plus de cent millions de degrés : "Encore plus éblouissant que s'il l'on regardait le soleil à midi à l'équateur" (Phrase prononcée par un scientifique lors de l'explosion nucléaire d'une bombe H en Afrique en 1964).

# Conclusion

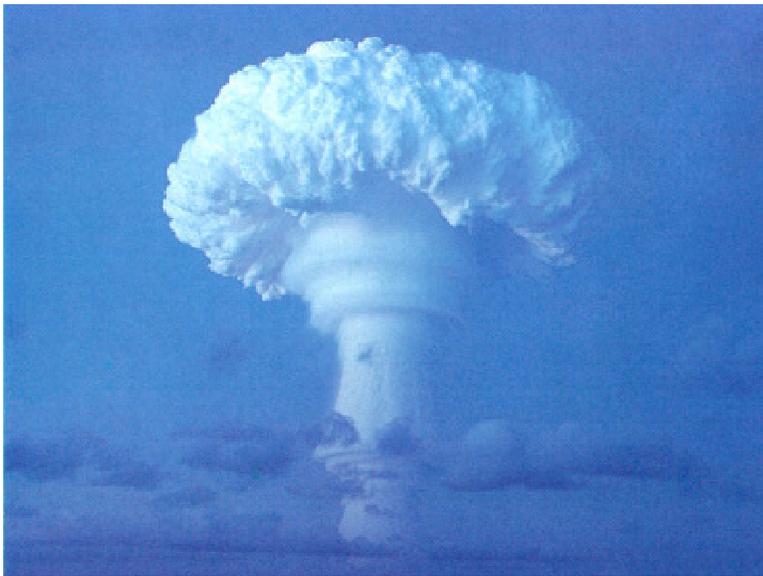
Avec l'apparition des bombes atomiques, on aurait pu craindre que les conflits soient désormais caractérisés par le recours aux nouvelles armes. Il n'en fut rien. La guerre de Corée, par exemple, n'a vu utiliser que des projectiles comparables à ceux de 1944 - 45. On peut même dire que c'est grâce aux armes nucléaires qu'une guerre totale n'a pas été déclenchée entre les deux Grands. Ces nouveaux armements étaient tellement puissants qu'aucun ne pouvait envisager de bombarder l'autre, car la réciprocité aurait certainement été complète.

Les armes atomiques font peur ... Elles sont considérées comme beaucoup trop brutales et destructrices. C'est pourquoi le monde a autant peur de les utiliser et même d'en être victime. Ce qui va probablement de pair.

Mais l'humanité doit rester toutefois vigilante car malheureusement, beaucoup de puissances secondaires font des essais pour se doter de la bombe atomique, et pour certains la possèdent déjà (Indes, Pakistan, Chine, Israël, ...)

## **Annexe A**

### **Photos annexes**



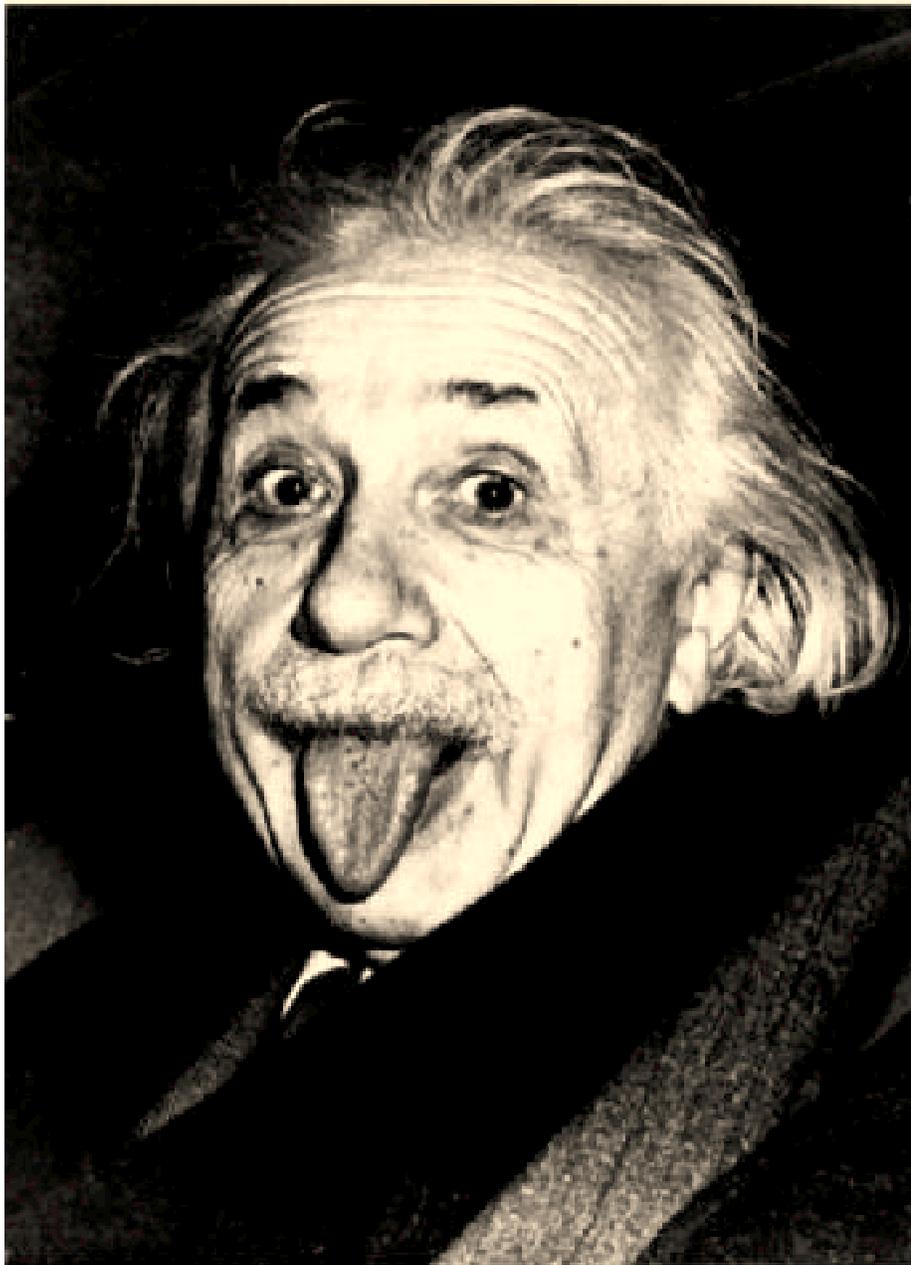
Explosion atomique produit par une bombe A



Explosion atomique produit par une bombe H



Bombe atomique du type de Fat Man et la deuxième du type de Little Boy



Photos d'Albert Einstein