

Nom et prénom :

Binôme :

La fission spontanée des atomes

Le texte ci-joint est extrait du document proposé sur le site du CERN dans la rubrique L'éducation au CERN / Teaching Resources / The amazing world of atoms.

« Le Monde étrange des Atomes » Conception et texte : Jacques Deferne ; Dessins : Alain Gassener

http://www.kasuku.ch/pdf/monde_etrange_atomes/FR_monde_etrange_atomes.pdf

1. Décrire le principe de la fission spontanée des atomes.

.....

2. Calculer, en utilisant les lois de conservation, le nombre de neutrons que produit la fission de l'uranium 235 par absorption d'un neutron (les produits de fission sont Kr 92 et du Ba 141).

.....

3. Donner la relation d'Einstein en précisant les unités de chaque grandeur.

.....

4. Calculer la « masse disparue » lors de cette réaction. Il s'agit du défaut de masse $|\Delta m|$.

.....

5. En déduire la valeur de l'énergie libérée lors de la fission d'un noyau d'uranium par l'absorption d'un neutron.

.....

6. Quel est le rôle de l'eau dans les centrales nucléaires ?

.....

7. Qu'est-ce que l'uranium enrichi ? Quel est le but de cet enrichissement ?

.....

8. Qu'appelle-t-on « déchets nucléaires » ? Sont-ils radioactifs ?

.....

Données :

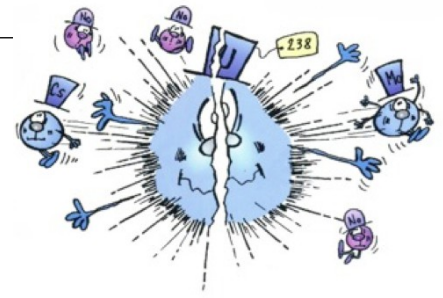
Masse d'un neutron = $1,67492 \cdot 10^{-27}$ kg ; Masse d'un noyau d'uranium 235 : $3,902998 \cdot 10^{-25}$ kg

Masse d'un noyau de krypton 92 : $1,5264706 \cdot 10^{-25}$ kg ; Masse d'un noyau de baryum 141 : $2,3398908 \cdot 10^{-25}$ kg

Une autre maladie génétique : la fission spontanée des atomes

La fission spontanée des atomes

Les familles Uranium et Thorium souffrent aussi d'une autre maladie génétique, heureusement beaucoup plus rare que la décroissance radioactive: la fission spontanée des atomes. Cette maladie se manifeste par la rupture brutale du noyau de l'atome atteint, accompagnée d'une fièvre colossale. Les deux fragments produits sont projetés avec une extrême violence, loin l'un de l'autre, constituant comme stade final deux atomes plus petits. Heureusement pour ceux qui sont sujets à cette affection, la période de rémission est très longue, largement supérieure à des millions de milliards d'années. Cela signifie pour eux, que la probabilité de disparaître par décroissance radioactive, la maladie la plus courante, est au moins un million de fois plus grande que celle d'être atteints par la fission spontanée.



L'Uranium 238 peut aussi être victime de la fission spontanée, une maladie heureusement beaucoup plus rare que la décroissance radioactive.

La fission induite des atomes (ou FIDA)



Le virus est un neutron.

On ne parlerait même pas de cette fission, si les Terriens ne s'étaient aperçus que cette maladie provoquait une grosse fièvre, dégageait une quantité colossale d'énergie et, surtout, qu'ils pouvaient à leur gré accélérer son évolution d'une manière vertigineuse. C'est ainsi que les Terriens ont réussi à inoculer cette terrible maladie à quelques familles d'atomes, principalement aux divers membres de la famille Uranium.

Le virus est un neutron. L'isotope ^{235}U peut absorber un tel neutron si celui-ci ne se déplace pas trop vite (on parle de neutron lent ou de neutron thermique).

Mécanisme de la maladie

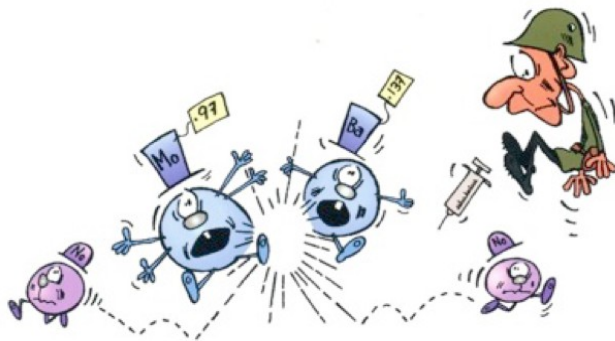
Après qu'on lui ait inoculé un neutron, le pauvre ^{235}U s'alourdit d'un nucléon, se transformant en ^{236}U , un gros lourdaud de la famille Uranium qui n'arrive plus à maintenir toutes ensemble les particules de son noyau. Comme une goutte d'eau qui devient trop grosse et se divise en deux gouttelettes plus petites, le pauvre ^{236}U éclate se fragmente en deux atomes plus petits (par exemple le krypton 92 et le Ba 141), expulsant en même temps deux ou trois neutrons rapides.



Alourdi d'un neutron, la victime devient très instable...

et

Un amaigrissement incompréhensible



...puis se partage en deux atomes plus petits, libérant du même coup quelques neutrons. Cet accès brutal dégage beaucoup d'énergie.

fois plus d'énergie par atome éclaté que celle que peut produire une molécule dans la réaction chimique la plus violente !

Mais que deviennent les neutrons ?

En inoculant un neutron dans le noyau du pauvre ^{235}U , on a provoqué sa fission, libéré de l'énergie et il reste en surplus 2 ou 3 neutrons errants. Que vont-ils devenir? Ils sont expulsés dans la matière à grande vitesse. Pour provoquer une nouvelle fission, ils doivent frapper de plein fouet un noyau d' ^{235}U . Mais la cible est très petite et la probabilité de rencontrer un noyau d'Uranium pour le briser en deux demeure extrêmement faible. Par ailleurs, les neutrons sont eux-mêmes atteints de décroissance radioactive foudroyante qui les transforme



La maladie s'accompagne d'une légère disparition de masse.

très rapidement en un proton plus un électron¹.

On peut tout de même influencer la chance !

Les Terriens sont astucieux et savent modifier cette probabilité de fission de ^{235}U par un neutron en combinant deux actions :

1. En augmentant la concentration des atomes d' ^{235}U . Dans l'uranium naturel extrait des mines, il n'y a que 0.7% d' ^{235}U contre 99.3 % d' ^{238}U . On procède alors à l'enrichissement en ^{235}U dans de coûteuses usines, ce qui augmente le nombre de cibles par unité de volume. Pour les usages courants, on l'enrichit généralement aux alentours de 3%.

2. En ralentissant les neutrons

Les neutrons produits dans une réaction de fission sont trop rapides pour espérer pouvoir accrocher au passage un autre ^{235}U . Aussi va-t-on, à l'aide d'un modérateur, les ralentir pour les rendre plus "virulents". On place sur leur passage des atomes légers, Messieurs Hydrogène, Béryllium ou Carbone, par exemple. Les chocs successifs avec ces atomes légers vont augmenter la vitesse de ces derniers et ralentir les neutrons.

En combinant ces deux conditions, on augmente l'efficacité des neutrons errants. Il devient alors possible de réaliser et d'entretenir une réaction en chaîne et, si on sait la contrôler, on peut du même coup construire une centrale nucléaire!

Comment fonctionne une centrale nucléaire ?

Les centrales nucléaires peuvent différer les unes des autres par les caractéristiques du combustible, par la nature du milieu ralentisseur de neutrons, et par le système d'échangeur de chaleur entre le réacteur et la turbine. Mais le principe du fonctionnement est toujours à peu près le même.

Le combustible est constitué de barres d'uranium enrichi à environ 3 % d' ^{235}U . Ces barres sont plongées dans de l'eau qui ralentit les neutrons émis par la fission d'atomes d' ^{235}U , leur permettant à leur tour de provoquer la fission d'autres atomes. Ces réactions de fission dégagent une chaleur énorme qui permet de produire la vapeur nécessaire au fonctionnement d'une turbine, qui entraîne à son tour un générateur électrique. Dans ce schéma, l'eau joue le rôle double de modérateur de neutrons et de liquide caloporteur qui permet le transfert de l'énergie vers la turbine.

Pour arrêter la réaction, on laisse tomber dans le réacteur des barres de bore ou de cadmium qui ont la propriété d'absorber les neutrons et, par conséquent, d'interrompre la réaction.

Mais où sont donc les déchets nucléaires ?

Si nous reprenons le cours de la maladie du pauvre ^{235}U , nous avons vu qu'après avoir absorbé un neutron et s'être transformé en ^{236}U , il se scindait en deux autres atomes plus légers. Quels sont donc ces atomes ? Les expériences montrent que chaque atome d' ^{236}U peut se scinder de manière différente en donnant des paires de fragments de fission dont les poids atomiques sont compris généralement entre 72 et 166. Ces résidus sont composés d'une bonne trentaine d'éléments bien connus des services de l'Etat-civil du monde des atomes, mais qui ont tous la désagréable propriété de comporter une trop forte proportion de neutrons par rapport au nombre habituel que comporte leur famille. Ce sont donc des isotopes lourds de familles d'atomes bien connus. Ils n'existent généralement pas dans la nature, sont tous instables et atteints de décroissance radioactive².



Les déchets nucléaires sont non seulement radioactifs, mais ils dégagent aussi passablement de chaleur.

¹ il faut encore mentionner l'émission d'un neutrino, cette particule quasi indétectable qui emporte une partie de l'énergie dégagée.

² Certains produits de fission sont aussi producteurs de neutrons différés (ou retardés), tel $\text{Kr}^{87} \rightarrow \text{Kr}^{86} + n^0$. Ces neutrons, bien que peu nombreux, jouent un rôle très important dans le contrôle de la réaction en chaîne.

Et si la réaction s'emballait ?

Si on réussit à rassembler une masse suffisamment importante d' ^{235}U débarrassé de son cousin ^{238}U (enrichissement à 100 %), on peut provoquer une réaction en chaîne. Cela signifie que, dès qu'il y a fission spontanée d'un seul atome, les neutrons produits vont à leur tour provoquer la fission d'autres atomes voisins, qui libèrent à leur tour de nouveaux neutrons qui vont provoquer d'autres fissions. Le nombre des événements de fission se multiplie alors avec une vitesse prodigieuse, dégageant une énergie colossale dans un laps de temps très court : c'est une explosion nucléaire ! Heureusement pour nous, ces conditions ne sont jamais remplies dans les centrales nucléaires et toute explosion nucléaire y est impossible !

Fiche professeur 1^{ère} S

Type d'activité : - Activité documentaire
- Activité de cours

Pré-requis : - acquis de seconde.
- lois de conservation dans les réactions nucléaires.

**Notions et contenus : Réactions de fission et de fusion.
Réactions nucléaires et aspects énergétiques associés. Ordre de grandeur des énergies mises en jeu.
Défaut de masse, énergie libérée.
Réactions nucléaires et aspects énergétiques associés. Ordre de grandeur des énergies mises en jeu.**

Compétences spécifiques à cette activité :

Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire.

Utiliser la relation Elibérée = $|\Delta m| c^2$.

Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique, etc.).

Compétences du programme :

- mobiliser ses connaissances
- rechercher, extraire, organiser des informations utiles
- formuler des hypothèses
- raisonner, argumenter, démontrer
- exploitation des résultats
- présenter une démarche suivie, les résultats obtenus, communiquer à l'aide d'un langage adapté

Durée : 45 min

Mots clés : Fission, énergie libérée, lois de conservation, nucléaire

Provenance : Académie de Limoges
