

FISSION ET SECURITE NUCLEAIRE

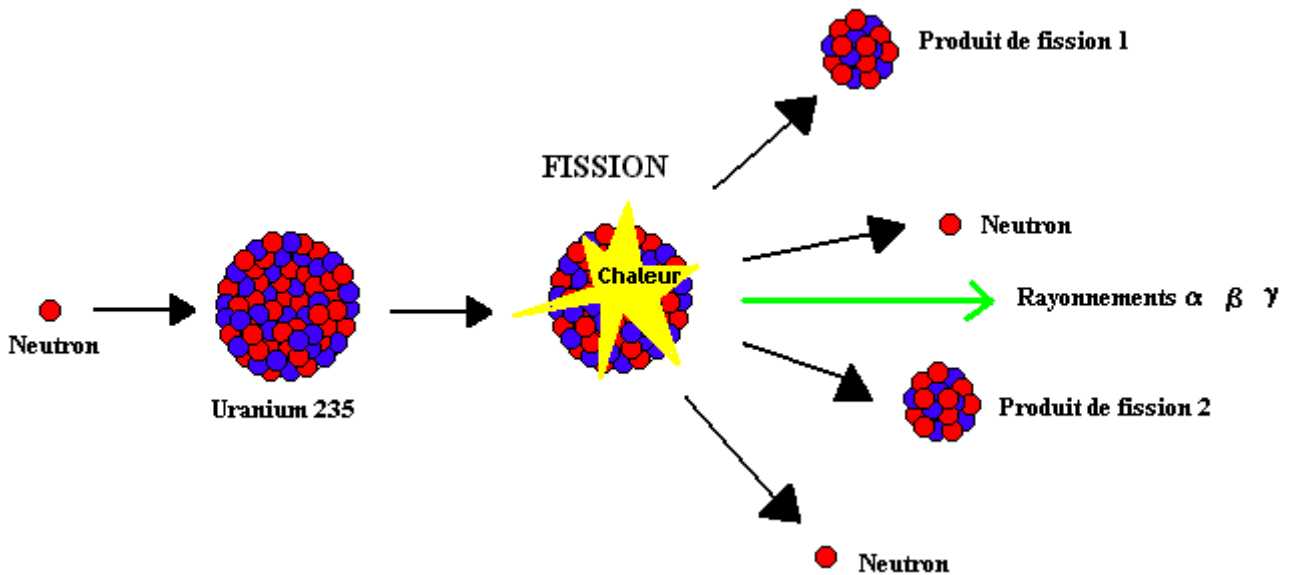
A. QUE SE PASSE-T-IL AU CŒUR DU REACTEUR D'UNE CENTRALE NUCLEAIRE ?

1. LA REACTION DE FISSION

C'est grâce à l'uranium, un métal relativement abondant dans l'écorce terrestre, que fonctionnent les centrales nucléaires.

L'uranium 235 est le seul atome à l'état naturel dont le noyau se brise en deux noyaux plus petits sous l'effet d'un bombardement de neutronique. Cette transformation est une réaction nucléaire que l'on appelle réaction de fission.

On dit également que l'uranium 235 est fissile.



La fission dégage de l'énergie sous forme de chaleur. Cette réaction libère également deux neutrons et s'accompagne de rayonnements α , β et γ .

2. POURQUOI FAUT-IL CONTROLER LA FISSION ?

Que deviennent les deux neutrons produits ?

Ces particules sont susceptibles, à leur tour, de provoquer une réaction de fission d'un noyau d'uranium. La réaction nucléaire peut ainsi se poursuivre de proche en proche.

La réaction de fission est donc une réaction en chaîne.

L'énergie dégagée devient très vite considérable. Sans précautions, la réaction en chaîne conduit à une explosion : c'est ce qui se produit dans une bombe atomique.

Correctement maîtrisée, dans le réacteur d'une centrale nucléaire, la réaction en chaîne constitue la source d'énergie primaire nécessaire à la production d'électricité.

Nous venons de voir que la réaction de fission était accompagnée d'une émission de rayonnements radioactifs particulièrement nocifs dont il faut se protéger.

La nécessité de se protéger des radiations apparut très peu de temps après la découverte de la radioactivité. Après sa découverte des rayons uraniques, Becquerel s'aperçut qu'un tube de matière radioactive, gardé dans la poche de sa veste, avait provoqué une brûlure comparable à un coup de soleil.

B. QU'EST-CE-QUE LA RADIOPROTECTION ?

Activité documentaire :

Document n°1 :

L'objet de la radioprotection est de protéger les personnes de la radioactivité. Il s'agit de diminuer l'exposition aux rayonnements, à côté de celle incompressible, due à la radioactivité naturelle et de celle, parfois nécessaire, due aux utilisations médicales et industrielles. Au total, la part des différentes sources de radioactivité auxquelles un individu est exposé en France s'établit ainsi :

- Radon émanant des roches granitiques : 37 %
- Examens et traitements médicaux : 31 %
- Rayonnement terrestre : 13 %
- Rayonnement cosmique : 11 %
- Rayonnement du corps humain : 7 %
- Activités industrielles : 1 % dont 0,06 % pour l'énergie électronucléaire.

Pour protéger, il faut connaître le risque. C'est-à-dire le détecter, l'identifier, connaître ses effets sur la matière vivante, mesurer l'énergie cédée à la matière traversée et évaluer la dose de radioactivité reçue.

L'impact du rayonnement radioactif sur la matière s'organise dans deux directions : son pouvoir de pénétration et son pouvoir d'ionisation. Si un rayonnement possède une énergie cinétique suffisante, il va pénétrer plus ou moins la matière vivante et agir sur les atomes ou les groupes d'atomes qu'il traverse. Le rayonnement est capable « d'arracher » des électrons aux atomes pour former des ions ou des radicaux libres. L'action des radiations va en premier lieu porter sur les molécules d'eau dont l'homme est constitué à 90 %. Ces radicaux et ces ions sont alors extrêmement nocifs car ils produisent des réactions qui altèrent la structure cellulaire. Toutefois, si les expositions sont légères et espacées, les lésions pourront être réparées. Dans le cas contraire, la réparation n'est plus possible et les conséquences sont alors de deux types :

- des effets somatiques qui affectent l'individu au niveau de ses globules rouges ou encore des muqueuses de la peau ou de l'intestin,
- des effets génétiques qui affectent l'espèce en modifiant le patrimoine génétique.

Trois unités de mesures sont utilisées pour mesurer la radioactivité :

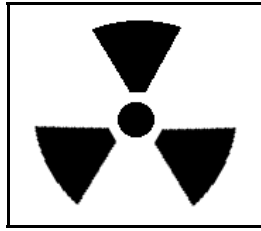
- le becquerel (Bq) qui mesure l'activité d'une source radioactive
- le gray (Gy) qui mesure la dose absorbée, c'est-à-dire la quantité d'énergie absorbée par unité de masse de substance irradiée
1 Gy correspond à 1 joule (J) par kilogramme (kg)
- le sievert (Sv) qui mesure l'équivalent de dose reçu, c'est-à-dire l'effet biologique du rayonnement sur l'organisme de l'individu exposé.

La radioprotection met en jeu plusieurs stratégies. Il faut d'abord se protéger d'une irradiation émise par une source extérieure au corps. L'irradiation est dangereuse seulement pendant le temps d'exposition. La contamination est plus sournoise : elle peut être externe, par dépôt de matière radioactive sur les vêtements ou la peau ; elle peut être interne par ingestion ou inhalation de matières radioactives. La contamination se prolonge tant que la substance est présente.

La protection proprement dite est basée sur des règles de bon sens et se fait à trois niveaux :

- par le temps : on limite la durée d'exposition,
- par la distance : si nous nous éloignons de la source, l'irradiation diminue,
- par des écrans : on recherche l'absorption du rayonnement.

Toutes les sources radioactives sont repérées par le symbole :



Les normes de protection sont fixées par une Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), fondée en 1928. Cette instance fixe une dose maximale admissible d'exposition en dehors de la radioactivité naturelle et des examens médicaux. Ces normes sont définies pour la population normale. Elles sont plus élevées pour ceux qui, en raison de leur activité, sont amenés à manipuler ou sont exposés à des sources de radioactivité. Les organismes de radioprotection fixent des normes de plus en plus prudentes.

Document n°2 :

« Quelques ordres de grandeur... »

Montre à cadran lumineux (pour un an) : 0,005 mSv

Vol transatlantique Paris-New York : 0,03 mSv

Personne vivant à proximité immédiate d'une centrale nucléaire (pour un an) : 0,04 mSv

Radiographie du poumon : 1 mSv

Irradiation annuelle due à la radioactivité naturelle en France : 2,4 mSv

Limite de dose annuelle réglementaire : 5 mSv

Limite de dose annuelle réglementaire pour les travailleurs du nucléaire : 50 mSv

Modification réversible de la formule sanguine : 300 mSv

Troubles graves (atteinte de la moelle osseuse, modification de la formule sanguine) : 1000 mSv

90 % de mortalité dans les mois qui suivent l'irradiation : 6000 mSv

Dose utilisée en radiothérapie cancéreuse : de 1000 à 100 000 mSv

Mort dans les minutes qui suivent l'irradiation : 1000000 mSv

Questions :

- 1) Quelles sont les sources de radioactivité naturelle ?
- 2) Ont-elles une part importante dans l'irradiation totale d'un individu en France ?
- 3) Citer une origine possible du rayonnement radioactif terrestre ?
- 4) A quel paramètre faut-il relier l'énergie cinétique d'un rayonnement ?
- 5) Qu'est-ce que l'activité d'une source radioactive ?
- 6) Le corps humain est une source radioactive dont l'activité est de 12000 Bq pour un individu de 70 kg. Chaque désintégration libère en moyenne une énergie d'environ $1,25 \cdot 10^{-13}$ J. Quelle est la dose absorbée en une seconde ? Quelle est la dose absorbée en une année ?
- 7) Quelle est la principale différence entre l'irradiation et la contamination ?
- 8) Comment se prémunir d'une émission de rayons γ ?
- 9) Est-il « dangereux » de vivre à proximité d'une centrale nucléaire ?

C. QUE FAIRE DES DECHETS RADIOACTIFS ?

Toute activité humaine génère des déchets et le nucléaire n'échappe pas à la règle. Chaque année, la France doit gérer environ 3000 kg de déchets de toutes natures par habitant. Sur ces 3000 kg, 100 kg sont des déchets toxiques dont 1 kg de déchets nucléaires. Ces déchets nucléaires proviennent à 90 % de l'industrie électronucléaire (centrale, usine du cycle du combustible) et à 10 % des hôpitaux, des autres industries et centres de recherche. La quantité n'est pas le seul aspect à prendre en compte ; la toxicité est aussi très importante. Les déchets peuvent être retraités ou stockés.

1. QUELS SONT LES DIFFERENTS TYPES DE DECHETS RADIOACTIFS ?

Tous les déchets radioactifs n'étant pas identiques, on adopte une classification reposant sur le type de rayonnement émis, le niveau d'activité c'est-à-dire l'intensité du rayonnement émis et la période radioactive. Il existe donc trois catégories de déchets :

Déchets Caractéristique	Déchets A	Déchets B	Déchets C
Rayonnements émis	β et γ	α	β et γ pendant plusieurs siècles puis α
Activité	Faible ou moyenne	Faible ou moyenne	Haute
Période	Courte (< 30 ans)	Longue (quelques siècles à quelques centaines de millénaires)	Longue (quelques siècles à quelques centaines de millénaires)
%	90	9,5	0,5

2. QUELS SONT LES MODES DE STOCKAGE ?

a) Pour les déchets à vie courte de type A

Ces déchets sont d'abord triés et identifiés. Afin de les solidifier et de réduire leur volume, une série d'opérations est menée : évaporation, incinération, découpage ou compactage. Ils sont ensuite conditionnés dans des fûts en résine, en acier ou en béton. Tous les fûts, contrôlés et identifiés par un numéro et un code-barre précisant leur contenu et leur origine, sont ensuite acheminés à Soulaïnes (Aube), le centre français de stockage de surface. Ils sont rangés dans des structures en béton et séparés par des espaces contenant du mortier ou des graviers. Une dalle de béton étanche referme l'ensemble. Imperméables mais accessibles, ces ouvrages sont surveillés en permanence.

b) Pour les déchets à vie longue de type B et C

Les déchets de type B sont compactés et stockés dans des puits en béton à La Hague (Manche). Les déchets de type C, les plus nocifs, sont concentrés et dissous dans l'acide nitrique, puis stockés pendant un an dans des cuves en acier inoxydable où ils perdent en partie leur radioactivité et leur chaleur. Ils subissent ensuite une évaporation et sont calcinés. Les cendres sont mélangées à des granulés de verre en fusion dans un four chauffé à 1150 °C. Ainsi vitrifiés, ils sont stockés dans des puits en béton ventilés, où ils continuent à se refroidir pendant environ trente à quarante ans, avant leur transfert dans un site de stockage définitif. En raison de la date de début d'exploitation des centrales, les déchets à vie longue sont encore tous dans cette phase de stockage intermédiaire.

3. COMMENT STOCKER DEFINITIVEMENT LES DECHETS A VIE LONGUE ?

Entreposer des déchets à vie longue à La Hague est une étape nécessaire à leur refroidissement avant de trouver un mode de stockage à la mesure de la durée de vie de ces éléments, c'est-à-dire plusieurs millénaires.

Un programme de recherche, défini par la loi du 30 décembre 1991, a fixé un délai de quinze ans pour explorer trois pistes :

- les conditions d'un éventuel stockage souterrain (à plus de 400 m de profondeur) grâce à l'implantation de laboratoires de recherche souterrains fournissant toutes les informations géologiques,
- l'amélioration des conditionnements pour un éventuel stockage de surface,
- la transmutation des produits à vie longue, c'est-à-dire leur incinération pour les transformer en produits à vie plus courte.

En 2006, à l'issue de ces recherches, les pouvoirs publics seront en mesure de prendre une décision sur le mode de gestion définitif des déchets nucléaires à vie longue.

D. LA SECURITE DANS LES CENTRALES NUCLEAIRES

Par une activité de questionnement, on retrouvera les règles à respecter pour assurer la sécurité des installations d'une centrale nucléaire.

- contrôler rigoureusement la réaction de fission,
- éviter la dispersion des produits de fission hautement radioactifs grâce à une enceinte de confinement du réacteur,
- évacuer l'énergie libérée sous forme de chaleur par le réacteur,
- éviter la dissémination de tout produit radioactif en dehors de la centrale,
- résister à un séisme, à l'impact d'un avion.

En cas d'incident nucléaire, un plan d'urgence est activé. Il permet la mise en place des moyens nécessaires pour :

- donner l'alarme,
- prendre des mesures pour limiter l'extension de l'incident,
- assurer l'évacuation du personnel de la zone d'activité,
- collecter les informations permettant d'évaluer l'importance de l'incident
- mettre sur pied les équipes d'intervention,

Si l'incident est considéré comme assez grave, le Préfet est prévenu et met en œuvre un plan d'urgence dénommé Plan Particulier d'Intervention (PPI). Ce plan rassemble les mesures à prendre vis-à-vis de la population :

- évacuation de la population dans un rayon de 5 km,
- confinement de la population dans un rayon de 10 km,
- distribution de comprimés de diiode (protection de la thyroïde contre l'iode radioactif),
- interdiction de certains produits à la consommation.