

Serge Nazare

LE DOSSIER DU NUCLEAIRE

Mise à jour 16 Juillet 2011

Sommaire

Introduction	3
La technique nucléaire	4
Généralités sur le nucléaire	5
Histoire du nucléaire en France	6
La technologie des réacteurs	7
Les arguments avancés par les pro-nucléaires	9
Les arguments avancés par les anti-nucléaires	11
Le problème des déchets nucléaires	13
L'approvisionnement en uranium	16
Les dangers de l'exploitation des centrales	17
Les problèmes dans la maintenance des centrales	18
Les problèmes de l'alimentation en eau	21
Le facteur humain	23
Les catastrophes naturelles	25
Les accidents nucléaires	27
Exposition des populations en cas d'accident	31
Les problèmes de vieillissement des centrales	32
Les problèmes de la prolongation de la durée	33
Les problèmes de démantèlement des centrales	34
La construction de nouvelles centrales	35

La perte du savoir faire	36
Annexes :	
Tchernobyl 25 ans après	38
La solution EPR	39
La fusion nucléaire	40
Conclusion	43
Références	44

Introduction

Le débat du "pour ou contre le nucléaire" reprend en fonction de nouveaux éléments qui appuient sur les thèses défendues par les uns et des autres.

Dans ce document, nous allons partir à la recherche des éléments qui vont nous permettre d'effectuer nos mises au point.

Cette étude résumée ne se veut pas partisane. Il s'agit d'exposer les données, les faits, d'une manière neutre, pour que chacun, ensuite, en tire les conclusions en fonction des émotions, des intérêts, ou de la logique des choses.

Il s'agit ici de faire simplement le bilan des avantages et des inconvénients dans les 2 options.

Beaucoup de personnes ont de cette source d'énergie, et des conséquences de son exploitation, des idées subjectives car elles manquent de données, d'autant plus que cette option fait appel à une physique et à des technologies parfois difficiles à approfondir. Les articles qui paraissent dans les médias peuvent faire appel plus à l'émotionnel qu'au rationnel, bien que les deux puissent s'associer d'ailleurs.

Pour élaborer cette étude, je me suis basé sur des faits tangibles, sur des données sérieuses, afin de partir sur des bases solides de réflexion qui ne devraient pas être remises en question (sauf erreur involontaire). Les conclusions seront l'affaire de chacun.

Nous en resterons à une analyse de la situation en France, tout en sachant que de nombreux points sont valables pour d'autres pays, bien qu'il y ait des différences parfois importantes dans les systèmes de production d'énergie électrique issue du nucléaire.

La technique nucléaire

La centrale nucléaire :

Une centrale nucléaire est une centrale qui produit de l'électricité à partir de réactions nucléaires qui se déroulent dans plusieurs réacteurs (4 en général).

A l'intérieur de ces réacteurs se déroulent des réactions nucléaires qui produisent de la chaleur. Cette chaleur chauffe de l'eau qui se transforme en vapeur. Cette vapeur fait tourner des turbines qui produisent de l'électricité. La quantité de chaleur qui se dégage d'un réacteur nucléaire est suffisamment importante pour produire 900 Mw d'électricité ou plus.

La différence entre une centrale nucléaire et les autres types de centrale qui produisent de l'électricité, est la matière qui produit la chaleur. Il existe des centrales à l'eau (barrages hydrauliques), au fioul, au charbon, nucléaires, etc.

Le réacteur nucléaire :

La chaleur produite dans un réacteur nucléaire provient de réactions de fission nucléaire contrôlée. Cette fission se fait à partir d'un combustible, qui est généralement de l'uranium naturel ou légèrement enrichi. Il se produit ce que l'on appelle des réactions en chaîne.

Un peu de théorie :

La fission nucléaire est la division d'un noyau atomique lourd, généralement en deux (ou plus rarement en trois) en fragments plus légers, avec libération d'énergie produite par la libération, entre autres éléments, de neutrons.

Les neutrons émis lors de la fission présentent un grand intérêt, car ils peuvent à leur tour, après ralentissement, provoquer la fission d'autres noyaux d'uranium. C'est le phénomène de réaction en chaîne.

L'élément qui ralentit les neutrons et permet de maintenir la réaction en chaîne est appelé le modérateur.

Généralités sur le nucléaire

La demande mondiale en énergie peut doubler d'ici 2050.

Actuellement l'énergie nucléaire représente 6% de l'énergie mondialement produite. Elle devrait s'élever à 8% d'ici 2035, d'après l'AIEA.

Il existe actuellement 443 réacteurs nucléaires dans le monde, répartis sur 211 centrales.

En France, 58 réacteurs répartis sur 19 centrales produisent 80% de son électricité, ce qui fait de ce pays le plus nucléarisé de la planète.

Actuellement la France exporte 12% de sa production d'électricité nucléaire aux pays voisins, et en importe 3% d'électricité thermique (pour répondre aux pointes de demande d'électricité de chauffage en hiver).

Il existe actuellement divers organismes, agences, groupements et instituts, mondiaux et nationaux qui gèrent ou contrôlent la question nucléaire. En voici les principaux :

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Agence pour l'énergie nucléaire (AEN). Internationale.

Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en France.

Groupeement des scientifiques pour l'information sur les énergies nucléaires (GSIEN).

Institut national de recherche et de sûreté (INRS).

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Commissariat à l'énergie atomique (CEA).

International Nuclear Event Scale) (INES)

Et pour la construction en France :

EDF

AREVA = Groupe industriel français, présente à un niveau international, spécialisé dans les métiers de l'énergie électrique surtout d'origine nucléaire.

Constitué principalement de :

AREVA NP (Nuclear Power) : ex Framatome. Construction de centrales nucléaires.

AREVA NC (Nuclear Cycle) : ex Cogema. Spécialisé dans le cycle du combustible nucléaire.

Ainsi que l'Agence française de gestion des déchets nucléaires (ANDRA).

Histoire du nucléaire en France

Le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) a été créé en 1945 pour assurer l'indépendance militaire de la France notamment vis à vis des Etats-Unis.

Ce commissariat était conçu comme un organisme de recherche pour développer l'industrie nucléaire. Le plutonium a été choisi par la France (ainsi que par les Etats-Unis, la Grande Bretagne et l'URSS) pour se doter de la bombe A.

Comme le plutonium n'existait pas dans la nature, il a fallu construire des réacteurs nucléaires pour récupérer le combustible irradié ou usé et en séparer l'uranium et le plutonium. On en a profité pour produire de l'électricité, mais cette technique de production était subsidiaire, la fonction première de ces installations étant d'alimenter la bombe A.

Les mines d'uranium se développèrent (notamment dans la Massif Central et le Massif Armoricaïn).

Après le premier choc pétrolier en 1973, la production d'électricité à partir de centrales nucléaires s'est développée. En 1974 le Gouvernement se lance dans le tout-nucléaire sans débat ni vote à l'Assemblée, ni référendum.

La France achète de l'uranium au Niger pour compléter sa demande.

La France se lance en 1974 dans l'option du tout nucléaire.

Le pays se dote de 58 réacteurs nucléaires puis, suréquipée, arrête la construction de nouvelles centrales en 1987.

Sur un plan technique, les premières centrales nucléaires ont été construites par une technique dite Graphite-gaz, puis par la technique PWR (eau pressurisée de Westinghouse) de 900 ou 1000 Mw par réacteur.

Une troisième génération de réacteurs nucléaires est en cours de réalisation, par la technique dite EPR avec 1650 Mw par réacteur.

La France pense à développer un système de quatrième génération avec des surgénérateurs au plutonium, abandonné en 1997.

Pour compléter, nommons la construction actuelle d'un générateur expérimental appelé ITER utilisant la fusion nucléaire. Les autres systèmes utilisent la fission de l'atome.

La technologie des réacteurs

Le principe d'un réacteur nucléaire est de produire de la chaleur à partir d'une réaction de fission de l'atome, puis de transformer cette chaleur en courant électrique via des turbines.

Il existe aujourd'hui 7 types de réacteurs qui se différencient par :

- ° La nature du combustible utilisé.
- ° Le colporteur, substance qui sert à transporter la chaleur.
- ° Le modérateur, élément qui ralentit les neutrons et permet de maintenir la réaction en chaîne.

- Réacteur graphite-gaz (AGR) :

Développé en France dans les années 1950. 18 réacteurs en service.

Combustible : Uranium naturel ou légèrement enrichi.

Colporteur : Gaz carbonique.

Modérateur : Graphite.

- Réacteur à eau pressurisée (REP ou PWR).

Il comprend 2 circuits distincts. Type très répandu, 269 réacteurs en service.

Combustible : Uranium enrichi.

Colporteur : Eau.

Modérateur : Eau.

- Réacteur à eau bouillante (REB ou BWR).

Il comprend 1 seul circuit. 92 réacteurs en service.

Combustible : Uranium enrichi.

Colporteur : Eau non pressurisée.

Modérateur : Eau non pressurisée.

- Réacteur RBMK :

Réacteur de grande puissance fabriqué en URSS dans les années 1950. Ne possède pas d'enceinte de confinement. 11 réacteurs en service en URSS.

Combustible : Uranium légèrement enrichi.

Colporteur : Eau.

Modérateur : Graphite.

- Réacteur à eau lourde sous pression (RELAP) :

L'eau lourde est de l'eau dont l'atome d'hydrogène est du deutérium (isotope lourd d'hydrogène). 45 réacteurs en service, essentiellement au Canada.

Combustible : Uranium naturel.

Colporteur : Eau lourde.

Modérateur : Eau lourde.

- Réacteur à eau pressurisée (EPR) :

Réacteur de 3^e génération élaboré dans les années 2000. Productivité et sécurité plus importantes que les PWR. 4 réacteurs en construction, dont 1 en France.

Combustible : Uranium enrichi.

Colporteur : Eau.

Modérateur : Eau.

- Surgénérateur à neutrons rapides (FBR) :

Dans ce type de réacteur conçu dans les années 1960 et 1970, les neutrons ne sont pas ralentis. Le réacteur fonctionne sans modérateur. Un en France arrêté en 1977. Etudes poursuivies en Russie et en Chine.

Combustible : Uranium enrichi ou plutonium.

Colporteur : métal liquide (sodium fondu), ou gaz (hélium).

Les arguments avancés par les pro-nucléaires

Nous sommes de plus en plus à la recherche d'énergie disponible. Notre civilisation se développe, le nombre d'habitants augmente et chacun désire profiter au maximum des technologies qui sont mises à notre disposition. Parmi les demandes croissantes d'énergies, l'énergie électrique est celle qui est primordiale.

En France, la production d'électricité est principalement fournie actuellement, par l'hydroélectricité et les centrales nucléaires.

Depuis quelques temps, la perspective du redémarrage de la solution centrales nucléaires s'est imposée à certains. Quels sont les principaux arguments avancés:

- Croissance de la demande en énergie électrique.
- Raréfaction programmée des hydrocarbures (et leur prix).
- Recherche de l'indépendance énergétique du Pays.
- Remplacement des centrales qui arrivent en fin de vie.

La croissance de la demande en énergie électrique sera d'autant plus importante dans les temps avenir que les hydrocarbures deviendront plus rares et plus chers.

La solution hydroélectrique a été exploitée au maximum en France.

Les solutions des centrales au charbon et au fioul ont disparues en France.

La solution nucléaire produit une puissante capacité de production électrique. Elle est composée actuellement de réacteurs de 900 Mw ou 1000 Mw.

Parmi les 58 réacteurs nucléaires actuellement en activité, certaines centrales datent des années 1974, et ont été construites pour durer 30 ans.

Mais, pour diverses raisons (coûts, disponibilité de sites, temps, etc.), les décideurs projettent, pour les anciennes centrales en fonction actuellement, de rallonger la durée de fonctionnement à 40 ans, voire même 60 ans, au lieu des 30 ans prévus à la conception des premières centrales.

Mais les décideurs projettent aussi de construire de nouvelles centrales conçues pour être plus sûres, plus performantes, et de durée plus longue, en tenant compte des erreurs et accidents survenus.

Voir la solution EPR.

Dans cette solution, le concept est un réacteur à eau pressurisée.

Ce type de réacteur nucléaire franco-allemand a été conçu pour renouveler le parc vieillissant des réacteurs actuels, en tenant compte des accidents de Three Miles Island et Tchernobyl.

Ce type de réacteur développe une puissance de 1650 Mw pour une durée de vie de 60 ans.

Cette nouvelle conception est sensée résister aux séismes, aux tempêtes, aux montées en pression, à la fusion du cœur de réacteur, aux explosions d'hydrogène, ou aux crashes d'avions. Bref, le summum des réacteurs.

Actuellement 4 chantiers sont en cours : 1 en France, 1 en Finlande, 2 en Chine.

Depuis la signature du protocole de Kyoto sur l'émission du gaz carbonique, responsable, entre autres de l'effet de serre sur la planète, un nouvel argument est donné : L'énergie nucléaire ne produit pas de CO₂. Il lutte donc contre l'effet de serre.

Quand aux énergies renouvelables, elles n'offrent pas pour l'instant la puissance et la régularité des réacteurs nucléaires.

Les arguments avancés par les anti-nucléaires

- La raréfaction programmée des hydrocarbures (et leur prix) est un fait indéniable.
- La recherche de l'indépendance énergétique du Pays est logique dans la mesure du possible.
- L'effet se serre :

Il existe actuellement 443 centrales nucléaires dans le monde, dont une bonne partie est constituée de vieilles centrales.

Ces centrales représentent 6% de la totalité de l'énergie produite actuellement.

Selon le groupe d'experts sur l'évolution du climat de l'ONU, pour avoir un impact minime sur le changement climatique, il faudrait que 20% de la production d'énergie provienne du nucléaire, ce qui voudrait dire que, outre le remplacement de la plus grande partie des 443 centrales nucléaires qui vieillissent, il faudrait en construire plus de 1000, soit un total de 1500 centrales en service pour les 25 prochaines années. Argument à rejeter donc.

Notons que, lors du Grenelle de l'environnement, le débat sur le nucléaire a été exclu.

- Les problèmes engendrés par la solution nucléaire. Ils sont nombreux. On peut noter principalement :

- ° Le problème des déchets nucléaires.
- ° L'approvisionnement en uranium.
- ° Les dangers de l'exploitation des centrales.

Qui impliquent :

- ° Des problèmes dans la maintenance des centrales.
- ° Le problème de l'alimentation en eau.
- ° Le facteur humain.
- ° Les catastrophes naturelles.
- ° Les accidents nucléaires
- ° Expositions des populations en cas d'accident nucléaire.
- ° Les problèmes du vieillissement des centrales.

Qui impliquent :

- ° Les problèmes de la prolongation de la durée des centrales.
- ° Les problèmes de démantèlement des centrales arrêtées.
- ° La construction de nouvelles centrales.

Qui implique :

° Les problèmes de la perte du savoir faire pour les nouvelles constructions.

En fonction de l'importance et de la dangerosité de ces problèmes, les anti-nucléaires préconisent :

- L'arrêt immédiat des vieilles centrales devenues encore plus fragiles et dangereuses avec le temps.
- Le remplacement le plus rapidement possible des réacteurs nucléaires par un ensemble d'énergies renouvelables.
- Un contrôle plus strict par les autorités compétentes de l'état de chaque réacteur et chaque centrale.

Nous allons passer en revue et développer sommairement les points soulevés ci-dessus.

Le problème des déchets nucléaires

Généralités :

Les centrales nucléaires produisent des barres de combustible irradié qui représentent un danger mortel pour plus d'un millier de générations.

Il s'agit de maintenir 300 000 t (chiffre actuel) de rebus radioactifs à l'écart de la biosphère, et notamment de l'eau, pendant 1 million d'années.

Actuellement aucune solution de destruction de ces déchets n'a été trouvée.

Les pays producteurs de ces déchets doivent donc les stocker en attendant de trouver une solution pour les détruire en toute sécurité, ou les stocker et faire en sorte qu'ils restent inoffensifs pour la biosphère pour des dizaines de milliers d'années, pour certains éléments, des centaines de milliers d'années pour d'autres, bref, globalement puisqu'on ne peut les différencier, pour 1 million d'années.

Au niveau de la destruction, rien de sérieux n'a été trouvé.

Au niveau de l'entreposage, les responsables doivent faire face à plusieurs difficultés :

- Difficultés scientifiques pour stocker les déchets nucléaires en toute sécurité.
- Maîtrise des coûts importants des opérations.
- Résistances des populations locales, car il se trouve que personne ne veut de ces poubelles dangereuses.

Le problème du stockage ou de la destruction des déchets nucléaires n'est toujours pas résolu pour le parc actuel, après 60 ans d'utilisation de l'énergie d'origine nucléaire, malgré les diverses solutions envisagées ou utilisées actuellement. D'énormes dépenses ont été faites, et continuent à se faire pour régler ce problème, mais aucune n'est encore efficace et sûre. Certains éléments radioactifs resteront un danger pour l'homme et la nature pendant des milliers d'années, et même 1 million d'années pour certains éléments. Les solutions d'entreposage, qu'elles qu'elles soient peuvent ne pas résister à l'usure du temps ou des désordres de la nature (mouvement des plaques tectoniques notamment, entraînant des modifications de terrains, usure des containers, etc.).

Entre 1948 et 1983, les pays européens ont jeté directement à la mer 150 000 t de fûts de déchets radioactifs dans l'Atlantique et la Manche. L'interdiction d'utiliser cette méthode est intervenue en 1993.

Pour l'instant, et en attendant qu'une solution sûre ne soit trouvée et appliquée, tous les déchets s'accumulent dans des piscines de refroidissement, ou des hangars provisoires ventilés.

La décroissance radioactive produit beaucoup de chaleur (90°).

Il faut donc faire face à divers problèmes. Compte tenu du temps de dangerosité des déchets radioactifs, il faut tenir compte des éléments suivants : Corrosion des matériaux qui entourent les déchets, évolution géologique des sols, impact possible de futures glaciations, éventuels problèmes politiques futurs, etc.

Il est donc difficile, techniquement, d'entreposer en toute sécurité les déchets pour qu'ils résistent à l'usure du temps, et rien n'est à ce jour définitivement décidé. Plusieurs solutions sont envisagées, qui présentent toutes des avantages et des inconvénients.

Les solutions envisagées :

Deux sortes de solutions sont envisagées : Des solutions réversibles ou des solutions irréversibles.

- Pour les solutions réversibles on distingue :

1 - Stocker les déchets dans des forages profonds au fond des mers dans des entrepôts renouvelables.

2 - Stocker les déchets sous des hangars renouvelables : Entreposer et refroidir les fûts dans des hangars (aéré et déshydraté) et pour durer 300 ans. Ensuite remplacer ces entrepôts en en construisant d'autres. Dans le temps compté en milliers d'années il peut être aléatoire de bien surveiller, reconstruire, ne pas oublier, et en tenant compte de possibilités d'instabilité future de la société (risques de guerres ou d'attentats).

- Pour les solutions irréversibles on distingue :

1 - Stocker les déchets au fond de mines à 500 m de profondeur dans de l'argile, du sel ou du granite.

Au niveau du choix, chaque roche contient des avantages et des inconvénients et l'unanimité ne se fait pas.

En France un projet de construction sur ce principe est en cours dans une mine s'étalant sur une superficie de 1200 ha, à 500 m de profondeur.

Mais là aussi tous les problèmes ne sont pas réglés. La corrosion des colis en acier va entraîner d'importants dégagements d'hydrogène qui va monter en pression dans le temps et peut fracturer la roche.

Sans compter sur l'effet de la chaleur et des ruissellements radioactifs dans la roche.

Des déchets entreposés au fond de mines en Allemagne ont dû être évacués pour fuites d'eau contaminée (126 000 barils déplacés).

2 - Stocker les déchets au fond de puits verticaux creusé sur 5000 m de profondeur et de 50 cm de diamètre dans du granit. Empiler les fûts sur une hauteur de 2000 m. reboucher le tout.

3 - Creuser des puits dans des bassins sédimentaires au fond des océans dans les eaux internationales, et les remplir de fûts radioactifs.

4 - Placer les déchets dans des sphères de tungstène de 50 cm de diamètre. Celles-ci chauffées à 1300°, s'enfonceront dans le sol en fondant la roche alentour, jusqu'à atteindre plusieurs dizaines de km de profondeur. (vitesse 17 km par an).

Actuellement, parmi tous ces projets, l'unanimité n'est plus, car les grandes puissances ne sont plus sûres des bonnes solutions à adopter. Rien actuellement n'a donc été concrétisé.

- Les idées abandonnées :

Toutefois quelques idées ont été définitivement abandonnées :

1 - Expédier les fûts de déchets radioactifs dans l'espace (orbite terrestre élevée, orbite de la lune, un cratère lunaire, orbite autour du soleil entre la Terre et Vénus, le soleil lui-même

2 - Stocker les déchets dans les glaces du pôle sud, la chaleur dégagée par les fûts les feraient s'enfoncer dans la glace de l'Antarctique

3 - Vitriification des fûts par l'explosion d'une bombe à hydrogène dans le sol.

4 - Entreposage des fûts dans des zones de subduction entre des plaques continentales et océaniques, qui plongeraient dans le temps vers le manteau terrestre.

L'approvisionnement en uranium

L'Agence internationale de l'énergie atomique a déclaré que nous ferons face à un déficit en uranium entre 2025 et 2035 pour le parc de centrales actuellement en fonction.

Actuellement les besoins en uranium ne sont satisfaits qu'à 60% par les mines. Le reste provient de stocks qui s'épuiseront vers 2015.

Au déficit en quantité d'uranium disponible, s'ajoutera un prix de plus en plus élevé de cet uranium.

De plus, la fourniture de l'uranium ne permet pas à un pays comme la France d'être indépendant sur le plan de la production d'énergie.

Les mines d'uranium de France sont épuisées. Le pays achète actuellement de l'uranium au Niger, à l'Australie, et au Canada.

Les dangers de l'exploitation des centrales

Dès que l'on touche au nucléaire, les incidents ou les accidents qui peuvent survenir peuvent avoir des conséquences incalculables et mettre en danger, autant les personnes humaines, que l'environnement de la faune, de la flore, et de la terre elle-même. La raison est que dans les accidents graves, il y a libération d'éléments nucléaires à haute contamination, dont certains restent dangereux pour des millénaires.

Ces accidents peuvent provenir des causes suivantes :

De problèmes de défaillance de matériel.

D'erreurs humaines.

De problèmes liés à des catastrophes naturelles (climatiques ou géologiques).

Un maximum de précautions est pris par les divers intervenants, mais des négligences ou des erreurs peuvent s'ajouter à des problèmes mécaniques, et lorsque le climat ou la géologie s'en mêlent, c'est la catastrophe.

Nous allons passer en revue les problèmes suivants :

Les problèmes dans la maintenance des centrales

Le problème de l'alimentation en eau

Le facteur humain

Les catastrophes naturelles

Les accidents nucléaires

Les problèmes du vieillissement des centrales

Les problèmes de la prolongation de la durée des centrales

Les problèmes de démantèlement des centrales arrêtées

Les problèmes dans la maintenance des centrales

Généralités :

Nous traiterons dans ce chapitre uniquement les problèmes de défaillance de matériel. Le facteur humain sera traité par la suite dans cette étude.

La maintenance concerne l'ensemble des opérations destinées à l'entretien, à la vérification et à la réparation des centrales nucléaires pour les maintenir en bon état de fonctionnement.

Toute construction mécanique demande une bonne maintenance pour ne pas mettre en difficulté ou en péril cette construction. Mais au niveau d'une centrale nucléaire, la maintenance doit être particulièrement bien faite car les conséquences peuvent être désastreuses à travers des usures non détectées (voir les problèmes aggravés par une mauvaise maintenance dans la catastrophe de la centrale de Fukushima au Japon). D'où une bonne vigilance sur la qualité, et le sérieux de la maintenance.

Lorsqu'une centrale vieillit, 2 éléments cruciaux sont à surveiller en priorité, 6 centres vitaux sont à observer de près, et 13 points de détail sont à surveiller :

Les 2 éléments cruciaux à surveiller en priorité :

° La cuve :

Elle renferme le cœur nucléaire. A chaque seconde la fission bombarde sa paroi de milliards de neutrons. Les interactions avec les atomes de l'acier de la paroi de la cuve engendrent des vides dans la structure, rendant le métal cassant à froid. La cuve n'est pas remplaçable.

° L'enceinte de confinement :

Elle est chargée de contenir les rejets à la suite d'un accident. Le béton, qui constitue la paroi de l'enceinte, est précontraint pour limiter les fissures. Avec le temps, les câbles se détendent, le béton se déforme et perd de son étanchéité.

Les 6 centres vitaux à observer de près :

° Le générateur de vapeur : Il sert au transfert de la chaleur qui provient du réacteur. Il baigne dans de la vapeur et est donc sujet à de la corrosion.

- ° Le matériel du contrôle de commande : Une partie fait appel à du vieux matériel électronique. L'informatique et l'électronique dépendent d'un savoir faire qu'il faut maintenir.
- ° Le couvercle de la cuve : Cet élément qui ferme la cuve du réacteur a déjà montré des signes de fuites très radioactives, dues à une corrosion imprévue dans certaines centrales.
- ° Les câbles électriques : Sous irradiation ils perdent leurs propriétés mécaniques et électriques. Ils doivent rester cependant fonctionnels en cas d'accident.
- ° Les coudes du circuit primaire : Ils ont tendance à se fragiliser parce qu'ils sont soumis à de hautes températures (300°). La moindre brèche peut faire fondre le cœur du réacteur.
- ° La structure interne : Ces dispositifs font coulisser les barres de commande qui contrôlent la réaction en chaîne du réacteur. L'irradiation et la corrosion les fragilisent et risquent de les bloquer, provoquant un emballement du cœur.

Les 13 points de détail à surveiller :

- ° Les barres de commande : Elles font monter ou descendre les barres de combustible dans le cœur du réacteur. Le système devient fragile à l'usage.
- ° Les Appuis parasismiques : Les coussins élastomères sensés amortir les superstructures en cas de séisme peuvent perdre leur élasticité avec le temps et ne plus remplir leur rôle en cas de secousse tellurique.
- ° Les échangeurs auxiliaires : Ils servent à refroidir l'eau pour un réacteur à l'arrêt. Des fuites liées à la corrosion peuvent limiter la fonction de ces échangeurs.
- ° Les sondes de température : Elles peuvent se détériorer avec l'usage et ne plus indiquer la bonne température à l'intérieur de la cuve du réacteur.
- ° Tuyaux du circuit primaire : Usures dues à la fatigue thermique. Leurs fuites ou ruptures agissent sur le refroidissement du cœur.
- ° Les moteurs de commande des vannes : Menaces en cas de panne du réapprovisionnement des circuits primaire et secondaire.

- Les condensateurs électriques : En cas de panne, le contrôle commande de la centrale n'est plus assuré.
- Les batteries de secours : Si les batteries ne peuvent pas prendre le relais en cas de panne des moteurs diesel produisant du courant de secours, la centrale est sans commande.
- Les points d'ancrage : Ils soutiennent le matériel tel que les générateurs de vapeur, les circuits d'eau, etc. S'ils sont fragilisés par la corrosion, ces fixations peuvent céder en cas de séisme.
- L'enveloppe secondaire : Il peut apparaître une corrosion avec le temps dans les peaux en inox du circuit secondaire qui alimente le générateur de vapeur, d'où l'arrêt du générateur.
- Les clapets : Leur vieillissement peut supprimer le point de contact entre le circuit de sécurité et le circuit primaire. Le circuit de sécurité ne peut plus servir à refroidir le circuit primaire.
- Les diesels de secours : En cas de panne, ils ne peuvent plus prendre le relais pour rétablir le courant de la centrale.
- La piscine de stockage : Elle est chargée de retenir les neutrons qui se dégagent des barres de combustible. En cas de fuite ou du manque d'eau, les neutrons s'échappent.

Remarque :

Nous constatons une disparition de fournisseurs de pièces détachées (30 000 références).

Il existe actuellement un problème des stocks de pièces non alimentés, surtout sur des pièces non prévisibles (manque de pièces détachées).

Le problème de l'alimentation en eau

Généralités :

L'approvisionnement en eau est un facteur primordial pour refroidir le cœur des réacteurs et maintenir le niveau dans les piscines qui contiennent les barres d'uranium.

Les centrales utilisent de l'eau puisée dans les cours d'eau, sauf pour celles qui sont situées en bordure de mer et qui utilisent de l'eau de mer.

Eau puisée dans les cours d'eau :

En France, 40% de l'eau consommée sur le territoire est utilisée par le secteur nucléaire pour refroidir les réacteurs et alimenter les piscines de stockage de l'uranium.

L'eau rejetée par les centrales nucléaires est chaude. Elle déséquilibre les écosystèmes. De plus, elle manque à l'irrigation de l'agriculture dans une période de réchauffement climatique, et où l'eau se fait de plus en plus rare.

Avec le réchauffement climatique, les niveaux de rivières qui alimentent les centrales baissent. 70% du parc actuel en dépend. Lorsque la température de l'eau augmente elle ne doit pas dépasser la valeur limite 30°, sinon l'arrêt de la centrale est obligatoire. Voir les étés 2003 et 2006.

Les simulations sont accablantes pour les années 2050, 2060. Surtout sur la Loire (5 sites nucléaires) et le Rhône (14 tranches).

Utilisation de l'eau de mer :

Pour les centrales qui se trouvent en bordure de mer, elles sont à la merci principalement de 2 types de dangers :

- ° Des problèmes naturels tels que, raz de marée dus à des tremblements de terre sous-marins, de montée des eaux de la mer, etc.,
- ° Des problèmes de diminution de la quantité d'eau nécessaire (voir arrivées bouchées par des détritiques ou des animaux marins). D'autre part, l'utilisation d'eau salée provoque des problèmes de corrosion et peut endommager des conduits et pompes, qui peuvent faire défaut au moment où on en a besoin.

Les risques d'obstruction des arrivées d'eau :

Les voies d'alimentation peuvent être obstruées par divers éléments (amas d'algues, de sédiments, de branchages, etc.).

Exemples :

Centrale de Chooz en 1999 : La grille du canal d'arrivée d'eau a été prise par la glace au point d'obstruer l'arrivée d'eau à la centrale. Incident évité de justesse.

Centrale de Cruas en 2009 : Obstruction de la station de pompage des eaux du Rhône, par de gros amas de plantes aquatiques ayant privé de refroidissement des systèmes vitaux.

Il faut penser aussi au risque d'une marée noire pour les centrales refroidies par de l'eau de mer, dont le pétrole lourd pourrait colmater les arrivées d'eau ou mettait en panne les pompes.

Chaque jour, par exemple 150 navires (25% du trafic mondial) transitent dans la manche où se situe la centrale de Graveline.

Des marées noires se sont déjà produites près des côtes françaises (Erika en 1999, Prestige en 2002).

Il est bien sûr prévu des interventions en cas de problème, mais il existe un risque tout de même. A Gravelines, la prise d'eau se situe à quelques mètres de l'appontement des pétroliers du port de Dunkerque.

Le facteur humain

Généralités :

Dans la construction, l'exploitation, ou la maintenance des centrales nucléaires, la qualité, le sérieux, la compétence du facteur humain est plus importante qu'ailleurs compte tenu de l'importance des conséquences d'accidents. Mais il faut compter avec des négligences, ou des erreurs humaines.

Il faut ici considérer 2 types de facteur humain : Celui du personnel interne aux centrales, et celui extérieur aux centrales.

Le facteur humain du personnel interne aux centrales :

C'est-à-dire, le personnel EDF.

L'erreur est humaine, et malgré les précautions prises dans le contrôle des centrales, des problèmes surviennent parfois où l'homme est en cause.

Quel que soit le domaine, le facteur risque humain ne peut être nul. Seulement avec des réacteurs nucléaires, les conséquences peuvent être colossales.

Et il arrive parfois qu'à la suite d'un problème mécanique, des erreurs de décisions s'y rajoutent, et inversement.

L'expérience montre que des erreurs sont parfois commises dans la gestion des centrales. Voir, pour les principales catastrophes, les centrales de Three Mile Island, et Tchernobyl, et même la centrale de Fukushima pour les erreurs de maintenance.

De plus, en 2015, 40% de l'effectif d'EDF partira à la retraite. Il y a donc un problème de remplacement de personnel diplômé. Il y a également un problème de formations, et un manque d'enseignants pour former le personnel adéquat.

Le facteur humain extérieur aux centrales :

° Sur les centrales existantes :

Avec la délégation des marchés, les préoccupations des entreprises (600 entreprises), sont la maîtrise des coûts d'où risques de qualités moindre, et d'une maintenance au rabais.

Il existe actuellement une réelle difficulté d'avoir des spécialistes de maintenance à hautes compétences (soudeurs, techniciens). Nous sommes en pénurie de personnel qualifié à haut niveau sur le marché du travail.

Il faut ajouter à cela une raréfaction du personnel de maintenance des entreprises extérieures (20 000 intervenants extérieurs).

° Sur les centrales à renouveler :

Il existe là aussi un problème de personnel diplômé, un problème de formations, et un manque d'enseignants.

Il existe aussi une difficulté d'avoir des spécialistes de maintenance à hautes compétences.

Les catastrophes naturelles

Généralités :

Des catastrophes dites naturelles peuvent mettre en danger le fonctionnement des centrales, principalement lorsque les barres d'uranium ne sont plus refroidies.

Les catastrophes naturelles sont du type climatique ou géologique.

On y distingue :

Les secousses sismiques terrestres provoquant des ébranlements.

Les secousses sismiques maritimes provoquant des raz de marée.

Les tempêtes maritimes provoquant des montées des eaux.

Les tempêtes terrestres provoquant des destructions, telles que tempêtes proprement dites, ouragans, cyclones, etc.

Ces phénomènes peuvent endommager divers éléments de la centrale.

Les conséquences de ces phénomènes peuvent être dramatiques lorsque plusieurs facteurs s'additionnent. Voir, pour la principale, la centrale de Fukushima au Japon.

Les risques naturels en France :

Quelques données sur certains risques de catastrophes naturelles en France :

- Risques sismiques :

Pour la centrale de Fessenheim, le risque est important.

Mais sont concernées aussi les centrales de Tricastin, Cruas, Saint-Alban, Bugey.

- Risques d'inondations :

Par la mer ou par les fleuves, elles sont dues à des tempêtes ou à des débordements suite à des pluies exceptionnelles. Certaines centrales ont été construites sous le niveau des crues extrêmes.

Sont concernées les centrales de Tricastin, du Blayais (catastrophe évitée de peu en 1999 par la fusion du cœur du réacteur), de Belleville, Chinon, Saint-Laurent-des-Eaux, Dampierre, Fessenheim, Gravelines.

Conséquences principales en cas de catastrophe naturelle :

En cas de catastrophe naturelle, les principales conséquences à craindre sont :

- La coupure de l'électricité qui prive la centrale du courant nécessaire au contrôle et à la gestion des réacteurs.
- La coupure d'arrivée de l'eau qui est indispensable au refroidissement des réacteurs et des piscines d'entreposage des barres d'uranium.

Ces dommages peuvent provoquer des incidents ou des accidents en cascade pour arriver à un drame.

Les accidents nucléaires

Echelle des accidents :

Malgré les précautions prises, il faut constater que des incidents et des accidents se produisent souvent, entraînant parfois des catastrophes plus ou moins importantes. Il faut distinguer les incidents ou pannes, dont les conséquences sont maîtrisées, des accidents portant à conséquences graves.

L'INES (International Nuclear Event Scale) a créé une échelle des accidents :

0 : Ecart. Aucune importance du point de vue de la sécurité.

1 : Anomalie. Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé.

2 : Incident : Contamination importante avec surexposition des travailleurs. Défaillances importantes des dispositions de sécurité.

3 : Incident grave : Faible rejet avec exposition du public. Accident évité de peu, perte des barrières radiologiques.

4 : Accident : Rejet mineur avec exposition du public dans l'ordre des limites prescrites. Endommagement important du cœur du réacteur et des barrières radiologiques. Exposition mortelle de travailleurs.

5 : Accident : Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle de contre-mesures préventives. Endommagement grave du cœur du réacteur et des barrières radiologiques.

6 : Accident grave : Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues (y compris évacuation et mises à l'abri).

7 : Accident majeur : Rejet majeur aux conséquences considérables sur la santé et l'environnement.

Chaque pays connaît jusqu'à plusieurs dizaines de pannes par an.

Depuis 1957, 20 centrales ont connu des accidents de niveau 3 et plus.

Dont 5 crises majeures :

Maiak, en Russie, en 1957, de niveau 6.

Windscale, au Royaume-Uni, en 1957, de niveau 5.

Three Mile Island, aux Etats-Unis, en 1979, de niveau 5.

Tchernobyl, en Ukraine, en 1986, de niveau 7.

Fukushima, au Japon, en 2011, de niveau 5.

En France on peut citer :

Marcoule en 1959 (non classé).

Saint-Laurent-des-eaux en 1969, niveau 4.

Saint-Laurent-des-eaux en 1980, niveau 4.
La Hague en 1981, niveau 3.
Gravelines en 1989, niveau 3.
Bugey en 1991, niveau 2.
Civaux en 1998, niveau 2.
Blayais en 1999, niveau 2.
Dampierre en 2000, niveau 2.
Tricastin en 2008, niveau 1.
Cruas en 2009, niveau 2.
Tricastin en 2011, niveau 2.

Conséquences d'un accident nucléaire :

Que se passe-t-il en cas d'accident nucléaire?

Il y a tout d'abord libération d'éléments nucléaires, puis contamination de l'environnement.

- Libération d'éléments dangereux :

° Les rayonnements : Des noyaux d'hélium (particules alpha), des électrons (particules bêta), et des photons (particules gamma) sont libérés en dehors des enceintes de protection.

Ces rayonnements ont une portée limitée (maximum 100 m).

° Les radioéléments : Plus de 300 radionucléides différents sont libérés dont les principaux sont :

De l'iode 131 : demi-vie = 8 jours. Rayonnements bêta et gamma.

Du césium 137 : demi-vie = 30 ans. Rayonnements bêta et gamma.

Du plutonium 239 : demi-vie = 110 ans. Rayonnements alpha.

De l'uranium 238 : demi-vie = 4,5 milliards d'années. Rayonnements alpha.

Du strontium 90 : demi-vie = 28 ans. Rayonnements bêta.

Etc.

La dispersion des radioéléments dépend : Du poids des particules, de la hauteur du panache, de la météo (vents, pluie, neige).

- Les contaminations :

A la suite de ces éléments libérés dans le sol et l'atmosphère il s'en suit des contaminations.

° Contamination des personnes :

Les radioéléments ont une action directe sur la santé du corps humain. Principalement sur le système nerveux, les yeux, la thyroïde, la moelle osseuse, le sang, les poumons, les seins, l'estomac, les intestins, la peau, les gonades. Les rayons casent les molécules d'ADN d'où cancérisation de la cellule.

La dangerosité dépend des doses reçues.

Des unités de mesure ont été créées. On distingue 3 unités de mesures :

Le becquerel mesure le rayonnement émis.

Le gray est la mesure brute de la dose de rayonnement absorbée.

Le sievert introduit des facteurs de pondération qui permettent de distinguer les effets des différents types de rayon.

Dans l'échelle des sieverts, 2,4 mSv représente la dose moyenne annuelle reçue en France. A partir de 50 mSv, risques d'apparition de cancers. A 5000 mSv, mort de la moitié des personnes contaminées, et au-delà, mort certaine.

° Contamination des chaînes alimentaires :

Les chaînes alimentaires sont contaminées via les plantes, les champignons, l'eau, les herbivores qui sont consommés directement ou à travers les produits (laits et dérivés).

Eléments à garantir impérativement en cas d'accident :

En cas d'incident ou d'accident, la première mesure à prendre est de garantir la poursuite de l'alimentation en eau des cœurs réacteurs et des piscines.

Le cœur d'un réacteur a besoin d'être refroidi en permanence sous peine d'entrer en fusion. Il lui faut donc un apport continu d'eau froide puisée dans les cours d'eau ou dans la mer. Pour refroidir le cœur d'un réacteur, il faut puiser 40 m³ par seconde.

La deuxième mesure à prendre est de garantir le confinement des réacteurs, notamment l'étanchéité des enceintes, surtout en cas d'explosion d'hydrogène produit par la fonte des barres de combustible.

La troisième mesure à prendre est de contrôler la fusion du cœur et éviter que le magma hautement radioactif (100 t à 2000°), ne crée une explosion de vapeur ou ne perce le fond du réacteur et s'enfonce dans le sous-sol.

Expositions des populations en cas d'accident nucléaire

Dans le monde, près de 100 millions de personnes vivent à moins de 30 km d'un réacteur nucléaire. Sur les 211 centrales recensées actuellement, 21 affichent plus d'un million de voisins chacune, selon l'université de Columbia. L'Asie occupe la première place à cause de la densité de la population dans ce classement. Cependant l'Europe et les Etats-Unis hébergent la majorité des centrales.

Mais cette distance de 30 km est une estimation minimum. La taille de la zone d'exclusion dépend du type d'accident, du type de réacteur, de la nature de la brèche, de la direction et de la force des vents, etc.

Prenons l'exemple de la centrale de Saint-Alban en France : Si nous prenons un rayon de sécurité de 75 km au lieu de 30 km, ce n'est plus 615 000 personnes qui côtoient la centrale, mais 3,6 millions, car la ville de Lyon entre alors dans ce périmètre.

Les problèmes du vieillissement des centrales

Faire durer des centrales au-delà de 30 ans représente un gros problème et comporte des risques.

Les centrales de Dampierre, Bugey, Civaux et Cruas, ont eu des accidents dus à de l'usure de matériel.

34 des 58 réacteurs ont été construits entre 1977 et 1987.

5 réacteurs ont 30 ans ou plus.

22 réacteurs ont entre 25 et 30 ans.

21 réacteurs ont entre 20 et 25 ans.

6 réacteurs ont entre 15 et 20 ans.

3 réacteurs ont entre 10 et 15 ans.

1 réacteur a moins de 10 ans.

Pour poursuivre la filière nucléaire en France, les décideurs étudient 2 possibilités :

Prolonger la durée des centrales construites.

Construire de nouvelles centrales.

En tout état de cause, il faudra bien à un certain moment arrêter le fonctionnement de certaines centrales en fin de vie. Se posera alors le problème du démantèlement de ces centrales.

Les problèmes de la prolongation de la durée des centrales

Prolonger la durée des centrales de 30 à 40 ans est de l'ordre du possible. 58 tranches du parc ont été construites sur une période très courte (entre 1977 et 1999). Les prolonger au-delà de 40 ans est un pari risqué de l'avis de nombreux techniciens.

Il faut tenir compte de l'usure de nombreux composants des centrales, dont certains remplacements sont très complexes ou pas possibles techniquement ou en fonction des trop fortes radiations émises. Citons par exemple :

Le problème de la cuve du réacteur : C'est une pièce forgée de 14 m de hauteur qui vit à une température de 290° sous une pression de 155 bars. Elle encaisse le bombardement des neutrons issus de la fission. Les neutrons modifient la structure intime de l'acier et donc ses propriétés mécaniques. Il y a aussi des risques de fissures (dégâts constatés sur certaines cuves). En cas d'incident, si l'on doit injecter de l'eau froide dans la cuve, il y a menace de rupture.

Le problème des structures interne de la cuve au niveau des pièces d'assemblage du combustible. Les pièces (150 t) baignent dans de l'eau acide, d'où corrosions.

Les problèmes suivants ont été constatés dans certaines centrales en fonction :

Fuites dans la paroi interne de l'enceinte de confinement.

Fuites dans le couvercle de la cuve (radioactivité).

Fuites dans des générateurs de vapeur du circuit primaire (radioactivité).

Fuites dans le circuit de refroidissement du cœur du réacteur (radioactivité).

Défaillances électriques et électroniques liées aux systèmes de sauvegarde de la centrale.

Les problèmes de démantèlement des centrales arrêtées

Il arrivera bien un jour, et quelles que soient les solutions adoptées, de démanteler les centrales arrêtées. Il n'est pas question, durant des siècles, de les laisser ainsi se dégrader et corrompre l'environnement de leur radioactivité. Ceci est une obligation. En admettant même que des décisions soient prises de sortir du nucléaire dans un temps plus ou moins long, nous ne pourrions éviter de nous occuper du démantèlement des centrales construites (58 réacteurs actuellement en fonction en France).

Or, démanteler des centrales pose de nombreux problèmes :

- Problèmes techniques.
- Coûts.
- Stockage des éléments irradiés.

Il n'est pas simple de manipuler des éléments encore puissamment radioactifs pour les entreposer dans des cimetières, et dont certains sont extrêmement lourds (cuve des réacteurs, etc.). Il y a donc danger d'erreurs de manipulations, de problèmes de transport.

Le coût du démantèlement est extrêmement élevé. Il faudra le financer.

Les spécialistes prévoient une durée de 50 ans à 20 ans pour les optimistes, pour démanteler une centrale.

Il faudra bien effectuer des choix pour les lieux d'enfouissement des éléments radioactifs, qui représentent un volume extrêmement important, même s'il est prévu de recycler les éléments les moins radioactifs dans l'industrie.

Ces lieux d'enfouissement s'ajouteront aux sites prévus pour les déchets radioactifs des centrales en activité.

La construction de nouvelles centrales

Renouveler le parc en construisant d'autres centrales pose de nombreux problèmes (implantations, coûts, risques, capacités de production de certains éléments, savoir faire, etc.). Il faut compter 3,3 milliards d'euros ou plus pour la construction d'un réacteur du type EPR de 3^e génération.

La solution EPR :

Il s'agit d'un type de réacteur à eau pressurisée dit de 3^e génération, qui comporte une productivité et une sécurité plus importantes que les réacteurs actuels du type PWR. Le combustible est de l'uranium enrichi.

La construction d'un réacteur prototype en France comporte de nombreux problèmes.

Voir le chapitre spécifique de ce type de réacteur plus loin dans cette étude

La solution FBR :

Il s'agit d'un surgénérateur à neutrons rapides (les neutrons ne sont pas ralentis), qui fonctionne à l'uranium enrichi ou plutonium. Les études se poursuivent en Russie et en Chine.

Ce nouveau projet est loin d'être au point. Les réacteurs produiront des déchets de plutonium qu'il faudra stocker!

Le projet AP-1000 :

Ce réacteur américain est un concurrent du système EPR et apporte des simplifications et innovations dans sa conception.

La fusion nucléaire :

C'est un projet dont la construction d'un prototype d'étude démarre à peine, et ne pourra être opérationnel, si la solution est viable, que dans plusieurs décennies.

Voir le chapitre spécifique de ce type de réacteur plus loin dans cette étude.

La perte du savoir faire pour les nouvelles constructions

La dernière construction de centrale nucléaire remonte à 1987. Concevoir et construire des réacteurs nucléaires représente un métier spécifique, autant sur la planche à dessin que sur le site. La manipulation de l'atome demande une rigueur exceptionnelle, car les conséquences peuvent être dramatiques. L'expérience qui avait été acquise sur la conception, l'organisation, le suivi et le contrôle des travaux a été perdue avec le départ ou la reconversion de nombreux spécialistes durant ces 24 ans, ainsi que le savoir faire des nombreuses entreprises de sous-traitants. Les spécialistes dans les nombreux domaines de la construction sont rares.

Dans certains pays, comme l'Europe, il faut tout reprendre à zéro. Il faut réapprendre.

Dans d'autres pays, il faut apprendre.

Dans d'autres pays (comme la Corée du sud, ou le Japon) le suivi a été assuré. Ce qui n'a pas évité une nouvelle catastrophe.

Sur les chantiers actuels EPR, on constate de nombreuses non conformités (soudures, ferrailages, bétons, etc.). Une simple soudure demande d'établir une dizaine de spécifications (préchauffage, matériaux utilisés, longueurs des soudures, etc.

Par exemple, sur un des deux chantiers chinois, on a constaté plus de 3000 anomalies! Une centrale nucléaire ne ressemble pas à une centrale à charbon!

Annexes

Tchernobyl 25 ans après

Tout le monde se souvient de cette catastrophe majeure qui est survenue en Ukraine en 1986.

Outre un nuage radioactif qui a touché 13 pays, provoquant nombre de cancers, il y a eu évacuation de 350 000 ukrainiens. Dans les villes et villages proches de la centrale le niveau de contamination a atteint 1000 kBq/m² soit mille fois plus que la radioactivité naturelle en France.

Actuellement, il reste dans la centrale des ruines fortement irradiées, qui sont encore une menace.

30t de poussières radioactives, 1200t de lave radioactive, 3000 m³ d'eau contaminée, 400 t de graphite extrêmement dangereux, 182t de combustibles restent dans les décombres, une montagne de déchets radioactifs, 117t de structures métalliques,

Malgré les travaux exécutés dans des conditions périlleuses, des travaux titanesques doivent être entrepris pour mieux confiner la matière radioactive, limiter les fuites radioactives qui peuvent s'accroître du fait des désagréments.

La lave du combustible a tendance dans le temps à s'effriter en poussières qui peuvent se répandre dans l'air.

Ne pas oublier l'héroïsme des intervenants, et même actuellement sur un site encore mortel. Dans certaines zones, la dose limite admissible en un an est atteinte en 6 secondes!

Il faut songer aussi à la décontamination des terres agricoles, 160 000 km² (près d'un tiers de la France) impropres à l'agriculture pour plusieurs siècles. La décontamination peut prendre plusieurs décennies (plusieurs solutions sont envisagées).

Voir le coût des opérations.

La solution EPR

Le concept est un réacteur à eau pressurisée.

Ce type de réacteur nucléaire franco-allemand a été conçu pour renouveler le parc vieillissant des réacteurs actuels, en tenant compte des accidents de Three Miles Island et Tchernobyl.

Ce type de réacteur développe une puissance de 1650 Mw pour une durée de vie de 60 ans.

Cette nouvelle conception est sensée résister aux séismes, aux tempêtes, aux montées en pression, à la fusion du cœur de réacteur, aux explosions d'hydrogène, ou aux crashes d'avions. Bref, le summum des réacteurs. Il reste cependant 2 inconvénients, le prix et les déchets radioactifs.

Actuellement 4 chantiers sont en cours : 1 en France, 1 en Finlande, 2 en Chine. A ce jour tous les détails ne sont pas réglés, les problèmes se multiplient, les délais s'allongent (+3 ans), et les coûts flambent (+80%), entraînant un coût futur de prix de revient du Mwh qui va doubler par rapport aux prévisions (environ 60 €/Mwh).

Anomalies principales constatées sur les chantiers de construction EPR

Coque de l'enceinte mal soudée (assemblages défectueux, ateliers et ouvriers non qualifiés,...).

Contrôle-commande trop compliqué (interactions entre système de commande et système de protection du réacteur).

Tuyaux du circuit primaire défaillants (mauvaise conception gênant le contrôle des soudures).

Béton inadapté (béton mal dosé le rendant poreux).

Générateur de vapeur mal implanté.

Pressuriseur pas assez résistant.

Ferraillage des bâtiments incomplets.

Il est bien évident que ces anomalies sont revues au fur et à mesure, avant que d'autres apparaissent, mais il n'est pas impossible que des anomalies ne soient pas détectées, parmi les milliers de points à contrôler, d'où fragilisation en certains points qui peuvent déclencher une catastrophe, un jour où l'autre, dans la succession des causes à effet délicate, ou ne pas remplir leur fonction en cas d'incident.

La fusion nucléaire

Principe :

Alors que la fission nucléaire consiste à casser de gros atomes d'uranium pour libérer des neutrons énergétiques (principe actuel utilisé dans les réacteurs nucléaires), le principe de la fusion vise à forcer 2 noyaux légers, isotopes de l'hydrogène, (le deutérium et le tritium), à s'amalgamer en un noyau plus gros (l'hélium) car cette réaction dégage là aussi des neutrons, mais ultra-énergétiques. C'est la réaction qui se fait dans le soleil.

Avec 33 mg de deutérium contenus dans 1 litre d'eau de mer, la fusion promet de générer autant d'énergie que 300 litres de pétrole.

La réaction n'engendre pratiquement aucun déchet radioactif, ni aucun risque de prolifération. Il est impossible qu'un réacteur de ce genre ne s'emballe.

Historique :

En 1920 vint l'idée de provoquer la fusion des atomes.

En 1934 une première expérimentation fut réussie.

Mais il est difficile de briser la formidable barrière électrostatique qui repousse les atomes entre eux.

En 1957 il est calculé qu'une fusion stable ne peut s'enclencher que si on réuni, entre autres une température de 100 à 150 millions de degrés.

En 1958, les américains, les britanniques et les soviétiques décident de partager leurs techniques de fusion nucléaires.

La construction d'un réacteur (réacteur soviétique tokamak), est décidée.

En 1968, il obtient un plasma de 10 millions de degrés.

En 1985 les américains et les soviétiques jettent les bases du projet international ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor).

La construction d'un réacteur expérimental est fixée à Cadarache (France).

En 1997, un tokamak en Grande-Bretagne, a réussi à produire 16 Mw de puissance de fusion pendant... 2 secondes!

En 2003, un tokamak en France, a réussi à maintenir un plasma à haute température pendant un peu plus de 6 mn.

En 2010 les travaux de construction du réacteur ITER débutent à Cadarache.

Il est prévu que le réacteur débute les expériences en 2019, pour réaliser les premières réactions de fusion vers 2027, avec un rendement partiel (10%) et un temps très court (un peu plus de 6 mn).

Pour être viable, le réacteur devra avoir un rendement de 50% et travailler 24h/24. ITER représente donc une expérience de physique sur la stabilité des plasmas.

Il est prévu, à la suite d'ITER, la construction d'un autre réacteur expérimental (baptisé DEMO) au Japon qui devait fonctionner à partir de 2033.

Puis un prototype monstrueux (baptisé PROTO), prendra le relais.

Pour relever le déficit scientifique et technologique, il faut compter au moins 40 ans, sans savoir si ce déficit pourra être surmonté.

Technique :

En résumé :

Il s'agit d'engendrer de puissants champs magnétiques autour de quelques grammes d'atomes de deutérium et de tritium afin de les forcer à fusionner.

A mesure que la pression et la température augmentent, le gaz formé de ces 2 isotopes d'hydrogène se transforme en un plasma très instable.

Au sein de ce plasma s'enclenche alors les réactions nucléaires qui dégagent une énergie considérable sous la forme d'une émission de neutrons, dont une partie est récupérable sous la forme de chaleur, puis d'électricité, via un circuit d'eau semblable à ceux des centrales à fission.

Les noyaux de deutérium et de tritium sont introduits dans une chambre à fusion où ils sont confinés par un champ électromagnétique.

Le nuage de particules est chauffé à la température de 150 millions de degrés.

Les atomes fusionnent alors. La réaction produit de l'hélium et des neutrons à très haute énergie hors du plasma.

Mais contrairement à un réacteur à fission, qui peut s'emballer, un plasma de fusion s'éteint à la moindre perturbation, et nombre de perturbations existent dans la réaction. Le gros problème est donc la stabilisation dans la durée du plasma.

Dans le réacteur ITER, le plasma s'auto-entretient car la température est maintenue grâce aux collisions qui se produisent en son sein entre, d'une part les noyaux de deutérium et de tritium et, d'autre part les noyaux d'hélium (particules alpha), issus de la fusion des deux premiers.

Remarques :

Le deutérium se trouve dans de l'eau de mer.

Le tritium (radioactif) est rare. Sur Terre, la présence de tritium est estimée à 3 ou 4 kg. Il se trouve dans la haute atmosphère sous forme de gaz. Mais nous pouvons en produire à travers un type très particulier de réaction nucléaire. Le stock actuel est de 20 kg. Or un seul réacteur réclame 150 kg de tritium par an. La solution réside dans la possibilité qu'un réacteur devra générer lui-même le tritium dont il aura besoin. Lorsque qu'ils rencontrent du lithium, les neutrons ultra-énergétiques issus de la fusion produisent du tritium (et aussi de l'hélium), lequel serait ensuite réinjecté. Le tritium, élément radioactif est dangereux et difficile à maîtriser.

Conclusion :

En fonction de tous ces éléments plus bien d'autres qu'il faut maîtriser, cette solution représente un véritable défi, et nul ne sait si ce type de réacteur est fabricable, et s'il l'est, s'il sera exploitable.

Pendant ce temps, deux autres projets sont à l'étude :

Le laser mégajoule : Un chapelet de 240 lasers ultra-puissants se focalise sur une bille de 2 mm contenant le mélange deutérium-tritium, qui atteint une densité propice à la fusion.

La z machine : Un courant électrique de 20 millions d'Ampères circule à travers un réseau de filaments métalliques qui fondent créant un nuage de plasma qui est brutalement comprimé par le champ magnétique induit. Densité et température atteignent les valeurs pour rendre la fusion possible.

Mais là aussi les défis à surmonter restent vertigineux, notamment les budgets pharaoniques.

Conclusion

Force est de constater que la construction, la gestion, la maintenance, des centrales nucléaires, ainsi que le stockage des déchets, et le démantèlement, sont des opérations très délicates en fonction de la dangerosité du système de la fission nucléaire. Des accidents se sont produits, et peuvent encore se produire, malgré les précautions qui sont prises, en fonction de problèmes mécaniques non remarqués, dus à l'énorme complexité des installations. Des accidents se sont produits, et peuvent encore se produire à travers des faiblesses humaines, ou bien suite à des catastrophes naturelles.

D'où la peur légitime engendrée chez les populations, par ce principe de production de l'électricité. Nous avons vu quels dégâts considérables un accident majeur peut engendrer en plus des pertes humaines et les souffrances endurées par les maladies issues des contaminations.

Malgré cela, certains préconisent actuellement la poursuite de la filière nucléaire, pour les raisons évoquées plus haut, notamment en France où il est avancé que les centrales françaises sont plus sûres que la plupart des autres conceptions dans le monde.

Une bonne part de la population, dans les différents pays, souhaite sortir de cette filière jugée trop dangereuse pour les temps actuels et pour les nuisances futures des éléments radioactifs à longue échéance.

La suppression progressive de la solution nucléaire pourra se faire dans la mesure où :

- 1 - Des économies d'énergies se feront dans tous les secteurs possibles.
- 2 - Des énergies renouvelables seront exploités dans tous les secteurs possibles.

De nombreux techniciens avancent que sortir du nucléaire est possible à relativement brève échéance, à condition qu'une véritable volonté politique se fasse et que les responsables aident à l'exploitation des énergies dites "renouvelables". La palette des possibilités s'allonge au fur et à mesure du développement des technologies.

Certes ces technologies comportent encore des inconvénients, mais il suffit de vouloir pour pouvoir.

La solution des énergies renouvelables est un sujet suffisamment vaste pour y consacrer une étude spécifique.

Encore une fois, pour cet aspect de notre vie, comme pour d'autres, c'est le libre-arbitre de chacun qui fait l'histoire.

Références

Ce texte a été écrit par Serge Nazare en fonction des informations qui ont été extraits des sources suivantes :

Nucléaire. Quel avenir.

Etude de Didier Anger, Président du Crilan (comité régional d'information sur la lutte antinucléaire) et ex-vice-président de la commission Energie du parlement Européen.

Biocontact n° 213 de Mai 2011.

Le risque zéro existe.

Etude de Stéohane Lhomme, Président de l'Observatoire du nucléaire.

Biocontact n° 213 de Mai 2011.

Interview de Jérémy Rifkin.

Président de 120 compagnies importantes dans le monde (informatique, logistique, transports, énergie, utilitaires, construction).

<http://www.youtube.com/watch?v=4m3Mis9vIX0&feature=share>

Centrales nucléaires. Pourvu qu'elles durent.

Revue Science et Vie 2092 de sept 2008

Centrales nucléaires. Les 4 erreurs de la filière française.

Revue Science et Vie n° 1113 de Juin 2010

Déchets nucléaires. La cacophonie.

Revue Science et Vie n° 1118 de Novembre 2010

Fusion.

Revue Science et vie n° 1122 de Mars 2011

Tchernobyl. La catastrophe sans fin.

Revue Science et Vie n° 1123 de Avril 2011

Nucléaire. Le choc.

Revue Science et Vie n° spécial Nucléaire de Avril 2011

Les 6 leçons de la catastrophe japonaise.

Revue Science et Vie n° 1124 de Mai 2011

Marée noire et risque nucléaire.

Revue Science et Vie n° 1126 de Juillet 2011