

Serge Nazare

LE NUCLEAIRE SANS URANIUM

Mis à jour janvier 2012

INTRODUCTION

Cet article fait suite au document précédent intitulé "Le dossier du nucléaire" mis à jour en juillet 2011.

Il complète celui-ci en apportant une nouvelle ouverture dans la difficile résolution du choix de production de l'électricité.

En effet, au moment où les puissances gouvernementales se posent la question de la poursuite ou non de l'électricité d'origine nucléaire, il existe une solution intermédiaire qui pourrait faciliter la transition vers la solution des énergies renouvelables.

Cette option existe depuis longtemps mais a été volontairement "oubliée" en fonction d'éléments hors de propos dans cet article.

De quoi s'agit-il?

RAPPEL HISTORIQUE DU NUCLEAIRE

Dès 1945, la France a désiré s'assurer une indépendance militaire. Le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) a été créé en tant qu'organisme de recherche pour développer l'industrie nucléaire.

Pour se doter de bombes nucléaires (type A), il fallait utiliser du plutonium, mais comme ce métal radioactif n'existe pas dans la nature, il fallait le tirer de l'uranium irradié et usé pour en séparer l'uranium et le plutonium.

Il a fallu donc construire des centrales nucléaires pour en tirer l'uranium indispensable à la construction des bombes A.

Cet uranium provenait de minerai d'uranium qui, au départ, provenait de mines situées dans le Massif Central et le Massif Armoricaïn.

On en a profité pour produire de l'électricité à partir de la chaleur dégagée par la réaction nucléaire de fission des atomes d'uranium mais, au départ, cette technique de production de l'électricité était subsidiaire.

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, en France, 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.

En France, 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.

Actuellement, les décideurs ont prévu la construction de nouvelles centrales pour remplacer les vieilles centrales, d'où le choix d'un procédé dit de 3^e génération de réacteurs nucléaires qui est en cours de réalisation, par la technique dite EPR avec 1650 Mw par réacteur.

La France pense même développer un système de 4^e 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).

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

LE REACTEUR DU TYPE A SEL FONDU FONCTIONNANT AU THORIUM

Au-delà des systèmes notés ci-dessus, il existe d'autres procédés pour déclencher une réaction de fission nucléaire tout en la contrôlant. Mais analysons le procédé le plus fiable et le plus avancé, celui fonctionnant avec du thorium au lieu de l'uranium, avec du sel fondu comme refroidisseur.

Principe :

L'élément thorium fait partie de la même famille que l'uranium. Mais, à la différence de l'uranium 235 qui est capable d'entrer seul en fission, le thorium 232 doit être bombardé de neutrons avant d'être injecté dans un réacteur.

Dans ce présent procédé, le thorium est transformé en liquide (plutôt qu'en barres solides pour l'uranium). Le thorium est mélangé à un sirop de sels fondus à pression ambiante (et non à de l'eau sous haute pression).

Ce principe a été élaboré dès 1945, et a été révélé aux Etats-Unis dans les années 1950. Ce type de réacteur est toujours parfaitement envisagé par des scientifiques, dont les prestigieux pionniers de la fission.

Avantages :

- Les ressources en thorium sont importantes :

Le thorium est extrait d'un minerai, la thorite, dont les réserves sont plus importantes et mieux réparties que le minerai d'uranium (Inde, Australie, Norvège, Etats-Unis, Brésil, pour les principaux gisements). Le thorium est 4 fois plus abondant que l'uranium.

- Le cœur ne peut s'emballer :

Ce type de réacteur est sûr et docile. En effet il possède de remarquables qualités naturelles de sûreté. Cette combinaison thorium-sels fondus remédieraient à priori à tous les inconvénients du nucléaire exploité actuellement.

Pour ne parler que des principaux accidents nucléaires survenus, la fusion d'un réacteur à Three Mile Island aux Etats-Unis, l'explosion d'un réacteur à Tchernobyl en ex URSS, et la perte de 3 réacteurs à Fukushima, au Japon,

n'auraient pu se produire avec un réacteur au thorium, bien que des dégâts se seraient probablement produits à Fukushima en fonction du tsunami.

Ce dispositif thorium-sels fondus permet d'adapter sans cesse la quantité de combustible présent dans le circuit, alors que le cœur de nos réacteurs actuels doit contenir dès le départ une énorme réserve de réactivité, ce qui n'est pas sans risques.

De plus, ce liquide est insensible aux radiations intenses au contraire des barres d'uranium qui se fragilisent dangereusement et doivent être souvent remplacées.

- Les risques de dégradation ou d'explosion sont écartés.

Pas de formation d'hydrogène en cas de problème, car pas de fusion possible du cœur du réacteur.

- Les problèmes de pression sont réglés :

Le système fonctionne à la pression ambiante.

- La question du refroidissement en cas de panne est résolue.

- La quantité de déchets à vie longue est 10 000 fois moindre :

Voir le problème des déchets radioactifs : En raison de la place occupée par le thorium dans le tableau périodique des éléments, il est beaucoup moins susceptible de former, par capture neutronique, les fameux éléments transuraniens dangereux pour des dizaines de milliers d'années.

De plus, dans la mesure où ce réacteur est surgénérateur, il recycle de toute façon sans cesse son combustible. Il laisse donc entrevoir la possibilité supplémentaire de brûler le plutonium militaire et autres déchets des réacteurs actuels.

- Cette architecture de réacteur assure un haut rendement.

- La non prolifération :

Autre avantage, en terme de non-prolifération, le thorium se transforme dans le réacteur en uranium 233, lequel rend la fabrication d'une bombe atomique pratiquement impossible.

Inconvénients :

Tous les problèmes techniques ne sont pas résolus actuellement :

Il reste à trouver les matériaux capables de résister sur le long terme aux effets combinés des radiations, d'une éventuelle corrosion liée aux impuretés du liquide et de la très haute température présente dans ce cœur (800°).

Il reste à maîtriser la circulation de cette matière fissible dans l'ensemble des circuits, échangeurs et autres pompes.

Mais, d'après les spécialistes, il n'y a rien dans ce concept de réacteur, qui ne puisse être résolu. Cela dépend donc d'une volonté d'allouer des crédits suffisants pour faire aboutir ce projet.

Un peu de technique :

Le minerai de thorium est dissout dans des sels fondus et introduit dans un circuit entourant la cuve du réacteur.

Le thorium, bombardé par des neutrons qu'émet le réacteur nucléaire, se transforme en uranium 233, un élément fissible.

La solution de sels fondus et d'uranium 233 est injectée dans la cuve du réacteur. Au cœur de la cuve, la quantité de combustible est suffisante pour déclencher une réaction en chaîne : Les atomes d'uranium 233 se bombardent mutuellement de neutrons et se fragmentent (ils fissionnent), en engendrant une chaleur intense.

Le sel d'uranium chauffé circule très vite (il fait le tour du circuit en quelques secondes). A travers l'échangeur de chaleur, le circuit secondaire récupère l'énergie et s'échauffe à son tour. Le circuit secondaire transmet sa chaleur à une turbine à vapeur qui sert à produire du courant électrique.

La solution est régulièrement filtrée. Les produits de fission, qui ralentissent le réacteur, sont extraits. Le sel d'uranium est réintroduit dans la cuve.

LES AUTRES PROCÉDES DE PRODUCTION D'ELECTRICITE NUCLEAIRE

Actuellement, les procédés suivants sont utilisés :

Réacteur graphite-gaz (AGR).

Réacteur à eau pressurisée (REP ou PWR).

Réacteur à eau bouillante (REB ou BWR).

Réacteur RBMK. URSS principalement.

Réacteur à eau lourde sous pression (RELAP). Canada principalement.

Réacteur à eau pressurisée (EPR).

Surgénérateur à neutrons rapides (FBR). Construction arrêtée en 1970.

En projet (3^e génération) :

Réacteur à eau pressurisée (EPR). Procédé franco-allemand en construction.

Surgénérateur à neutrons rapides (FBR). Etudes poursuivies en Russie et en Chine.

Réacteur AP-1000. Concurrent américain du système EPR.

En cours d'étude :

- Réacteur à fusion nucléaire :

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.

- 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.

Il existe aussi dans les dossiers, outre le principe sels fondus fonctionnant avec du thorium, d'autres procédés pour déclencher une réaction de fission nucléaire tout en la contrôlant. Ils promettent tous des avantages mais ont aussi des inconvénients majeurs, dont celui de rester dans la filière de l'uranium. Citons pour information :

- Réacteur à haute température refroidi à l'hélium :

Le combustible, de l'uranium sous forme de microbilles, est logé dans un grand bloc de graphite, refroidi par de l'hélium gazeux.

- Réacteur refroidi au plomb :

Des barres de combustible au nitrure d'uranium ou de plutonium, sont refroidies à l'aide de plomb fondu.

- Réacteur refroidi au gaz :

Des pastilles d'uranium sont entourées d'une couche de céramique, et refroidies avec de l'hélium gazeux.

- Réacteur refroidi à l'eau supercritique :

Des barres de combustible uranium sont refroidies par de l'eau à la fois liquide et gazeuse.

Commentaires :

Que de nucléaire, que de nucléaire!

Si elle veut continuer à exister, l'énergie nucléaire ne peut en rester là. Les conséquences humaines et économiques des accidents nucléaires ne sont plus acceptables. Au cours des dernières décennies, plus de 1% des réacteurs en activité dans le monde ont connu l'équivalent d'un crash. Le nucléaire, tel qu'il est pratiqué actuellement montre là un niveau de risque trop grand.

Dans la solution de production de l'électricité par le nucléaire, il faut revoir les caractéristiques fondamentales des réacteurs.

Il faut savoir que la technologie des usines à fission en service aujourd'hui n'a pas été choisie en fonction des critères de sûreté, ni d'efficacité, ni en fonction des quantités de déchets radioactifs.

Dans nos réacteurs à eau pressurisée, nombre de défauts de sûreté apparaissent : Très haute pression dans les circuits, énorme concentration de matière réactive dans la cuve, délicat refroidissement du cœur, fragilité des barres de combustible et de leurs gaines, délicat problème de la gestion des déchets radioactifs, etc.

Pour en revenir au principe thorium et sels fondus, ce système élimine un grand nombre de problèmes de sûreté.

Un rapport remis en 1962 au président Kennedy a présenté ce principe comme la solution d'avenir par excellence.

Les chercheurs d'Oak Ridge, aux Etats-Unis, ont mis au point par le passé 2 petits prototypes à sel fondu, et qui ont parfaitement fonctionné dans le principe. En 1965 le 2^e prototype a fonctionné durant 13 000 heures en rencontrant très peu d'incidents, et mineurs, pour une technologie expérimentale.

En 1973, alors que la dynamique du succès paraît assurée, la puissante Atomic Energy Commission coupe soudain tout financement et ce, sans fournir le moindre motif valable....

A cette époque, même EDF et le CEA estiment que ce dispositif représente "le rêve de tout concepteur, de toute autorité de sûreté, de tout exploitant de centrale nucléaire". Mais après 10 ans d'études, l'idée est discrètement mise au placard...

Mais :

Le 25 janvier 2011, l'Académie des Sciences de Shanghai, en Chine, a lancé un vaste programme de 250 millions de dollars sur ce concept.

Des groupes de pression se sont formés aux Etats-Unis pour faire accepter le principe thorium et sels fondus.

Pendant ce temps-là, la France cherche à commercialiser son procédé EPR, à eau pressurisée dont le combustible est de l'uranium enrichi. La construction d'un réacteur prototype en France comporte actuellement de nombreux problèmes.

Cependant, quelques laboratoires au Japon, en Russie, aux Etats-Unis, et en France (CNRS) continuent à faire évoluer le concept.

Conclusion :

La question est : Pourquoi ce concept si avantageux, dans la gamme du nucléaire, paré de tant d'atouts que n'ont pas les réacteurs actuels, pourquoi n'est-il pas encore devenu une réalité industrielle? Pourquoi faut-il des traumatismes à l'échelon planétaire pour espérer poursuivre ce projet?

C'est, encore une fois, une volonté politique.

N'oublions pas, tout de même, le principe fondamental de réduire au maximum la filière électricité nucléaire. Le but premier est de prévaloir les énergies renouvelables dont les technologies se développent rapidement, et dans de nombreux domaines.

Références

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

Revue Science et Vie n° 1130 de Novembre 2011

Etude précédente intitulée "le dossier du nucléaire" réalisée par Serge Nazare.