

## [Accueil](#)

~~[Confort de lecture et Impression PDF](#)~~

[retour](#) n° [10](#) [11](#) [12](#) [13](#) [14](#) [15](#) [16](#)

UARCO: Union des Associations de Retraités de COGEMA

REMETTRE SUR LES RAILS N° 14

Février 2004

|                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------|
| A chaque énergie sa place.<br>Mais n'ayons pas peur de l'énergie nucléaire ! |
|------------------------------------------------------------------------------|

Ce document, ainsi que les précédents numéros, peut être consulté sur le site  
<http://www.uarco-france.com>

## SOMMAIRE

|           |                                                                                                                                                  |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>La conjoncture, pour le nucléaire .....</b>                                                                                                   | <b>2</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Comment s'y retrouver dans cette accumulation de projets :<br/>EPR, Génération IV, réacteurs à haute température, ITER !.....</b>             | <b>4</b>  |
| 2.1       | <i>La fusion nucléaire .....</i>                                                                                                                 | <i>5</i>  |
| 2.2       | <i>Le Forum International Génération IV.....</i>                                                                                                 | <i>7</i>  |
| 2.3       | <i>Besoin de nouveaux réacteurs (« Génération III+ ») avant l'arrivée de ceux de<br/>« Génération IV ». EPR. Réacteur de démonstration .....</i> | <i>8</i>  |
| 2.3.1     | <i>Besoin de réacteurs avant ceux de Génération IV .....</i>                                                                                     | <i>8</i>  |
| 2.3.2     | <i>L'EPR, réacteur de « génération III+ ». Réacteur de démonstration.....</i>                                                                    | <i>8</i>  |
| 2.4       | <i>Les réacteurs à haute température.....</i>                                                                                                    | <i>10</i> |
| 2.5       | <i>Conclusion sur l'EPR, Génération IV, les réacteurs à haute température et ITER .....</i>                                                      | <i>11</i> |
| <b>3.</b> | <b>Suggestions pour tenter de venir à bout des préjugés sur le nucléaire (suite) .....</b>                                                       | <b>12</b> |
| 3.1       | <i>Atomes radioactifs .....</i>                                                                                                                  | <i>12</i> |
| 3.2       | <i>Rayonnements .....</i>                                                                                                                        | <i>13</i> |
| 3.3       | <i>Absorption des rayonnements par la matière .....</i>                                                                                          | <i>13</i> |
| 3.4       | <i>Contamination.....</i>                                                                                                                        | <i>14</i> |
| 3.5       | <i>Exemple des châteaux de transport de combustibles usés. Contamination et rayonnement</i>                                                      | <i>15</i> |
| 3.6       | <i>Réseau national de publication des mesures de radioactivité. ....</i>                                                                         | <i>16</i> |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. Remises sur les rails sur des sujets divers.....</b>                    | <b>16</b> |
| 4.1 Déchets.....                                                              | 16        |
| 4.1.1 Des solutions, il y en a, il faut maintenant choisir.....               | 17        |
| 4.1.2 Les déchets radioactifs dans les verres, les résidus vitrifiés .....    | 17        |
| 4.2 Le nucléaire pour les transports .....                                    | 17        |
| 4.3 Et si un camion transportant du plutonium tombait d'un pont? (suite)..... | 17        |
| 4.4 Secret défense sur les transports de matières nucléaires (suite) .....    | 18        |
| 4.5 Cancers de la thyroïde .....                                              | 18        |
| 4.6 Chute d'éolienne .....                                                    | 19        |

## 1. La conjoncture, pour le nucléaire

« La première des 19 centrales nucléaires allemandes a été débranchée vendredi [14 novembre 2003], deux ans après le vote en 2001 de la loi sur l'abandon de l'atome civil » (Les Echos, 17 novembre). C'est plus tôt que ne le prévoyait le calendrier de base de l'accord entre les industriels du nucléaire et le gouvernement. « Toutefois, la fermeture prématurée d'une centrale permet à l'exploitant de reporter le quota restant sur une autre centrale, prolongeant du coup sa durée de vie »<sup>1</sup>. L'exploitation de cette centrale, la plus ancienne, n'était plus très rentable. Ainsi cette anticipation n'a-t-elle pas de signification politique.

En Belgique, les Verts ne font plus partie de la coalition gouvernementale, et il se dit que les partis au pouvoir reviendraient volontiers sur l'accord de sortie du nucléaire (mise à l'arrêt des réacteurs lorsqu'ils auront trente ans). Mais rien de tel ne se fera avant des élections régionales qui auront lieu en ce premier semestre de 2004.

D'après *Libération* du 8 novembre, Madame Loyola de Palacio, Commissaire européenne à l'énergie et aux transports, a dit que *compte tenu du vieillissement des centrales électriques, l'Europe devrait « commencer à construire une centrale toutes les semaines ou quinze jours. »* Il ne s'agit certes pas uniquement de réacteurs nucléaires.

Mais de nombreux journaux voient un regain d'intérêt pour le nucléaire : il ne produit pas de gaz à effet de serre, il devient d'autant plus économique que les prix du pétrole et du gaz montent ! Ainsi *Le Monde* du 27 novembre titre : *La France participe sans le dire au dégel du nucléaire* ». Il évoque la Finlande, la Chine, les Etats-Unis, et la France.

La Finlande a confirmé le 18 décembre sa commande d'un réacteur EPR<sup>2</sup> à Areva.

La Chine s'apprête à lancer prochainement son appel d'offres pour quatre réacteurs à eau pressurisée : en principe, de 1000 MWe<sup>3</sup>, mais peut-être plus gros ; une condition imposée est qu'ils aient fait leurs preuves ; EDF envisage de proposer nos réacteurs du palier N4, de 1450 MWe de capacité nominale, et qui sont maintenant exploités à 1500 MWe.

<sup>1</sup> L'accord impose l'arrêt de chacune des 19 centrales lorsqu'elle a atteint un quota de production correspondant, en gros, à une durée de vie de 32 ans. Mais si une société qui possède plusieurs centrales nucléaires en arrête une définitivement plus tôt que prévu dans l'accord, elle peut, en contrepartie, en arrêter une autre plus tard, en sorte que la quantité d'énergie produite par l'ensemble des deux soit égale à ce qui était prévu dans l'accord.

<sup>2</sup> European Pressurised water Reactor, réacteur à eau pressurisée européen, développé conjointement par Framatome et Siemens

<sup>3</sup> 1000 MWe se lit 1000 mégawatts électriques, un million de kilowatts.

Les Etats-Unis, où le même article du *Monde* rappelait que l'autorisation de principe a été donnée de prolonger la vie de nombreux réacteurs jusqu'à soixante ans (et où 79 réacteurs<sup>4</sup>, comme plusieurs en Allemagne, sont exploités à une puissance supérieure à leur puissance nominale<sup>5</sup>, ce qui équivaut à trois réacteurs de plus en fonctionnement dans le pays) préparent une loi. « *Si cette loi franchit le cap du Congrès, le secteur [nucléaire] pourrait recevoir d'un seul coup quelque 15 milliards de dollars de subventions pour construire six ou sept centrales.* », explique l'hebdomadaire *Courrier International* du 11 décembre, sous le titre *Le nucléaire, le grand retour*. Une telle aide pourrait être le déclic qui décide des sociétés industrielles de production d'électricité à se lancer dans la construction de réacteurs nucléaires.

En France, le processus de définition de la politique énergétique (pour les trente années à venir) s'est poursuivi suivant le schéma annoncé par le gouvernement :

- l'avant-projet de loi a été rendu public le 7 novembre 2003 dans le « *Livre blanc* » de Madame Fontaine,
- le public a pu faire ses commentaires sur un site Internet jusqu'à fin janvier 2004 ;
- le projet de loi doit être finalisé incessamment et soumis au Conseil des ministres, puis au Parlement.

Le texte du *Livre blanc* fait judicieusement une large place à l'amélioration de l'efficacité énergétique (quelles dispositions permettront de réduire notre consommation d'énergie sans diminuer notre confort), et aux énergies renouvelables, grâce auxquelles on devrait pouvoir produire 21 % de l'électricité en 2010, en suivant les recommandations de la Commission Européenne; ce qui, en soi, devrait satisfaire les écologistes. *Le nucléaire occupe [dans le texte] une place relativement faible: « La France s'assurera que des technologies nécessaires seront disponibles pour le renouvellement de ce parc et pourra dans ce but autoriser le cas échéant la construction d'une nouvelle capacité nucléaire. » (Le Figaro Economie du 7 novembre).* Tout le monde a compris qu'il s'agissait de l'EPR ; en effet Madame Fontaine avait annoncé le 8 octobre qu'elle proposerait au premier Ministre d'autoriser le plus rapidement possible le lancement d'un EPR de démonstration. Cette déclaration avait focalisé les critiques des antinucléaires, et de ceux qui ne sont pas convaincus de l'urgence de construire en France un tel réacteur (cf. §§ 2.3 et 2.4). Du coup, les écologistes antinucléaires se disent hostiles au texte proposé par le gouvernement. D'autant que ces quelques lignes signifient qu'on a l'intention de renouveler le parc nucléaire le jour où le parc actuel aura vieilli.

[Retour](#)

C'est dans le domaine de l'enrichissement (en uranium 235) de l'uranium naturel, enrichissement par centrifugation, que sont venues d'autres nouvelles importantes pour l'industrie<sup>6</sup> :

- un ensemble d'accords entre Areva et Urenco, le consortium anglo-germano-néerlandais d'enrichissement de l'uranium par centrifugation : il est créé entre Areva et Urenco une filiale commune à parts égales, Enrichment Technology Company, qui

---

<sup>4</sup> *New York Times* du 26 janvier

<sup>5</sup> après autorisation de leur Autorité de Sûreté, naturellement

<sup>6</sup> Rappelons qu'il y a seulement 0,7% d'uranium 235 dans l'uranium naturel quel que soit l'endroit de la Terre où l'on extrait le minerai ; alors qu'il faut faire monter cette teneur (enrichissement) à environ 4% dans l'uranium des éléments combustibles qui alimentent les réacteurs à eau pressurisée ; ce sera peut-être 5% dans quelque temps si l'on peut maintenir le combustible plus longtemps dans les réacteurs avant de le décharger. Dans certains types de réacteurs du futur, par exemple les réacteurs à haute température, il se peut qu'on s'oriente vers des enrichissements (en uranium 235) nettement plus élevés, proches de 20%.

détient et développe la technologie d'enrichissement de l'uranium par centrifugation ; Urenco et Areva peuvent toutes deux s'en servir pour produire et commercialiser les services d'enrichissement, en restant cependant concurrentes sur le marché ;

- Areva décide de construire à Pierrelatte et prévoit de mettre en service à partir de 2007 une usine utilisant cette technologie, à côté de l'usine actuelle d'Eurodif, qu'elle est appelée à remplacer progressivement. Cet investissement n'est pas un pari sur un renouveau du nucléaire dans le monde. Il se justifie déjà pour alimenter en uranium enrichi le parc de réacteurs existants, avec une technologie beaucoup moins consommatrice d'électricité que la diffusion gazeuse d'Eurodif, et d'une plus grande flexibilité. On construit de nouveaux modules à mesure que la demande le justifie<sup>7</sup>.
- 

## **2. Comment s'y retrouver dans cette accumulation de projets : EPR, Génération IV, réacteurs à haute température, ITER !**

Comme il est difficile d'y voir clair, pour ceux qui ne sont pas immergés dans le sujet ! Voici ce qu'ils peuvent entendre (et qu'il ne faut pas entièrement prendre pour du bon argent !) :

- Nous avons d'excellents réacteurs, faits à l'origine pour durer vingt ans.
- Mais EDF, cas par cas, le moment venu, obtient de l'Autorité de Sûreté l'autorisation de prolonger leur exploitation jusqu'à trente ans.
- EDF a surpris tout le monde en établissant ses comptes à fin 2003 avec l'amortissement de ses réacteurs calculé sur quarante ans ! Cela doit bien vouloir dire qu'on pense les exploiter jusqu'à cet âge.
- La France a 58 réacteurs à eau pressurisée, dont le premier, Fessenheim 1, a été mis en service industriel en 1977.  $1977 + 40 = 2017$ , pas 2004. Reste 13 ans. C'est plus qu'il n'en faut pour construire des réacteurs. Où est l'urgence de construire un réacteur EPR comme veut le proposer Madame Fontaine ?
- Quant aux Américains, ils obtiennent de leur Autorité de Sûreté, la NRC<sup>8</sup>, pour nombre de réacteurs qui ressemblent aux nôtres, l'autorisation de principe de les exploiter pendant soixante ans ! Pourquoi pas nous ?
- Les réacteurs du futur devront être encore meilleurs, compétitifs bien entendu, consommer leurs propres déchets, pouvoir contribuer au « développement durable », dont la fabrication d'hydrogène. Leur développement « à l'horizon 2035 » est l'objectif du Forum International Génération IV.
- Les réacteurs à haute température sont à notre portée, car on en a déjà construit avec succès. Faits de matériaux réfractaires, ils seront plus sûrs. Et ils pourraient servir à faire de l'hydrogène.
- La fusion, dont ITER est le flambeau, est la solution d'avenir idéale : elle utilise comme matière première l'eau de mer, ressource illimitée. C'est à peine si la fusion fabrique des déchets radioactifs, en tout cas pas de déchets à vie longue ! L'énergie du siècle prochain ? *de la deuxième moitié du 21<sup>ème</sup> siècle*, dit même un député à BFM le 21 janvier !

Tâchons d'expliquer cela simplement, d'identifier ce qui est inexact, et de situer les projets dans le temps : court, moyen et long terme !

---

<sup>7</sup> D'après *L'Usine Nouvelle* du 4 décembre, la nouvelle usine pourrait atteindre vers 2016 une capacité de 7,5 millions d'unités de travail de séparation (environ les trois quarts de la capacité d'Eurodif).

<sup>8</sup> Nuclear Regulatory Commission

Commençons en rappelant que nos réacteurs actuels ont un inconvénient essentiel : ils exploitent très mal les ressources en uranium, puisqu'ils n'utilisent bien que l'isotope 235, l'uranium 235, qui ne représente que 0,7% de l'uranium quel que soit le gisement de minerai où on l'extrait. Les 99,3% qui sont l'uranium 238 ne sont pratiquement pas « fissionnés » dans nos réacteurs actuels. Si l'on continuait ainsi, les antinucléaires auraient raison : le monde manquerait de réserves d'uranium dans quelques dizaines d'années. Donc à moyen terme, il faut disposer d'autre chose !

[Retour](#)

## 2.1 La fusion nucléaire<sup>9</sup>

Commençons par la fusion. Il s'agit d'essayer de reproduire sur Terre ce qui a lieu naturellement dans les étoiles ! Les étoiles, notre soleil, sont immenses par rapport à la Terre. Leur masse est telle que la gravité donne à la matière en leur cœur une densité gigantesque, naturellement suffisante pour entretenir la réaction de fusion qui dégage une énergie colossale. Evidemment nul appareil sur place ne vise à domestiquer cette énergie. Sur Terre, il faudra concevoir, construire et entretenir des moyens artificiels pour obtenir les conditions nécessaires de densité et de température, recueillir la chaleur dégagée par la réaction de fusion, et en faire de l'électricité<sup>10</sup> : telle est la finalité des recherches sur la fusion. Le problème est ardu, c'est le moins qu'on puisse dire. Sans être des spécialistes de cette physique, voici trois exemples de difficultés, que nous pouvons comprendre :

1<sup>er</sup> exemple : Il faut atteindre (certes, par impulsions) au moins cent millions de degrés Celsius. Or aucun matériau à la surface de la Terre ne reste solide au-delà de 5000°C ! On sait constituer un plasma qui ne touche pas les parois, mais il n'en sera jamais éloigné, et rayonnera énormément. Si l'on trouve cependant des solutions technologiques, les matériaux voisins du plasma à cent millions de degrés se détérioreront vite et seront à changer souvent.

2<sup>ème</sup> exemple : Des neutrons sont émis, avec une énergie très élevée, de près de 15 millions d'électrons-volts (MeV). Ils irradieront ces matériaux voisins et les rendront hautement radioactifs<sup>11</sup>, ce qui imposera des précautions très difficiles lorsqu'il faudra changer des composants. Ce seront de vrais déchets radioactifs, contrairement à ce qu'on lit couramment, et un vrai problème de radioprotection.

3<sup>ème</sup> exemple : La réaction de fusion qui demande les températures « les moins élevées » transforme du deutérium  $^2\text{H}$  et du tritium  $^3\text{H}^{12}$ , qui devront constamment être introduits dans la machine, en hélium. Deutérium et tritium sont deux isotopes de l'hydrogène, et vous savez que l'hydrogène est le matériau le plus difficile qui soit à confiner, d'autant plus qu'il fragilise les métaux. Or le tritium est radioactif. C'est un deuxième vrai problème de radioprotection, peut-être encore plus considérable que le premier.

Citons M. Vendryes, Directeur honoraire des applications industrielles nucléaires civiles au CEA<sup>13</sup> :  
« Je me réjouis pour le CEA que l'Europe ait décidé de proposer le site de Cadarache pour l'implantation d'ITER. Si ce choix est confirmé le mois prochain par

---

<sup>9</sup> si l'on réunit deux atomes d'éléments légers dans des conditions de température extraordinairement élevées, les deux atomes fusionnent en libérant une énergie considérable.

<sup>10</sup> L'expérience sur Terre de la fusion, jusqu'ici, ce sont les bombes H, et, dans le domaine civil, des machines de recherche qui ont précédé ITER

<sup>11</sup> Certes ces atomes radioactifs ne seront pas « à vie longue », mais ce qui importe, pour le personnel qui manipule les composants à évacuer, c'est la très haute activité à l'instant où on les manutentionne.

<sup>12</sup> tritium qu'il faudra fabriquer en grande quantité à partir de lithium, et c'est loin d'être facile.

<sup>13</sup> Note de novembre 2003

l'ensemble des pays participant à l'entreprise, le Centre de Cadarache verra son avenir assuré pour de longues décennies.

Mais il faut savoir de quoi on parle. ITER est un outil expérimental, qui permettra – du moins peut-on raisonnablement l'espérer - de produire un plasma d'hydrogène ayant des caractéristiques proches de celles qui sont requises pour que la fusion thermonucléaire contrôlée soit possible. On pourra ainsi étudier à loisir les propriétés d'un tel plasma, et en tirer des connaissances intéressantes. Le coût de l'instrument est colossal, mais à partir du moment où le monde entier se cotise pour le réaliser et l'exploiter, la dépense peut se justifier. De là à penser qu'ITER serait le prototype d'un futur « réacteur de fusion thermonucléaire » pour produire de l'électricité dans des conditions industrielles et économiques acceptables, c'est une assertion que rien n'autorise à formuler aujourd'hui.

Il se peut que ma position soit vivement critiquée. N'y voyez aucun esprit de dénigrement, mais simplement l'expression d'une longue réflexion sur un sujet d'intérêt majeur. Je me suis trouvé, il y a maintenant quarante ans, parmi ceux qui ont lancé au CEA les études sur la physique des plasmas en vue de ses applications à la fusion contrôlée. Au bout de quelques années j'ai quitté ce domaine car j'avais malheureusement acquis la conviction que la probabilité était nulle que ces recherches puissent déboucher sur une application quelconque de mon vivant. Au cours du demi-siècle écoulé, des progrès spectaculaires ont été accomplis, et les équipes du CEA, dont je salue la compétence et l'enthousiasme, y ont apporté une contribution majeure. Il n'empêche que, même si ITER apporte la démonstration qu'il est possible de produire « au laboratoire » un plasma thermonucléaire, les difficultés à surmonter pour en tirer un procédé valable de production d'électricité demeurent immenses, sans même parler bien sûr des aspects économiques. A mon avis, le principal obstacle pour y parvenir au moyen d'un appareil de type Tokamak est inhérent à la topologie des champs magnétiques indispensables au confinement. Du point de vue du concepteur, du constructeur, mais surtout de l'exploitant, on peut difficilement imaginer une configuration plus défavorable que celle d'un tore aussi ramassé sur lui-même.

Mon opinion actuelle sur les perspectives de la fusion thermonucléaire (qu'il s'agisse de la voie par confinement magnétique ou de la voie par « confinement » inertiel) se résume comme suit, d'une façon un peu lapidaire :

1. Je ne crois pas qu'elle puisse constituer à terme prévisible une méthode pour produire des quantités significatives d'électricité.
2. J'espère sincèrement me tromper.

Seul l'avenir - un avenir qu'aucun de nous ne connaîtra - le saura. Pour le moment gardons-nous d'abuser l'opinion en lui présentant comme une réalité à portée de main ce qui n'est au mieux qu'un espoir. Quand je vois les premiers articles que suscite dans la presse l'annonce qui vient d'être faite au sujet d'ITER, je ne puis m'empêcher de penser que le risque est grand qu'on égare le public. En tout cas il est clair pour moi qu'aucune politique de l'énergie ne saurait tenir compte de la fusion thermonucléaire parmi les sources auxquelles il sera possible de faire appel, au moins à l'échelle du présent siècle. »

*Cela montre que s'il y a peut-être un espoir d'aboutir au 22<sup>ème</sup> siècle à une exploitation industrielle de la fusion nucléaire pour produire de l'électricité, il est indispensable d'avoir d'autres solutions moins ardues pour prendre le relais des technologies actuelles, en particulier pour le jour où le pétrole et le gaz deviendront rares et chers.*

Or ce jour s'approche. La Shell a récemment annoncé *une révision à la baisse de 20% de ses réserves prouvées de pétrole* (L'Express du 9 février). Les industriels américains se plaignent aujourd'hui des cours du gaz naturel qui atteignent jusqu'à quatre fois les prix de base auxquels ils étaient récemment habitués.

[Retour](#)

## 2.2 Le Forum International Génération IV

Citons La Revue Générale Nucléaire (RGN) de juillet - août 2003<sup>15</sup> :

« Le Forum International Generation IV s'est constitué en 2000 à l'initiative du Department of Energy américain avec la participation initiale de neuf pays (et de dix aujourd'hui<sup>16</sup>). Dans une première phase de ses travaux, qui s'est terminée en octobre 2002, ce forum s'est donné pour objectifs de définir le cahier des charges de **systèmes nucléaires déployables à l'horizon 2030 pour un développement énergétique durable**, et de sélectionner les technologies a priori les plus prometteuses pour atteindre ces objectifs. » C'est ainsi qu'ont été sélectionnés 6 types de réacteurs, « six systèmes<sup>17</sup> ... porteurs des technologies clés pour le XXI<sup>e</sup> siècle »<sup>18</sup>. Trois sont à neutrons rapides, ainsi qu'un quatrième dans une de ses deux versions. Il faut toujours souligner que les neutrons rapides sont la clé pour utiliser enfin convenablement les ressources en uranium, qui sans eux, sont limitées comme le sont celles de pétrole et de gaz (cf. § 2.6).

Il est exact que la production d'hydrogène<sup>19</sup>, le dessalement de l'eau de mer, et la production de chaleur pour le chauffage urbain, figurent parmi les objectifs des projets Génération IV, en plus de la production d'électricité. La France a choisi de participer aux recherches dans cinq de ces six systèmes, et de façon majeure dans trois d'entre eux.

« Des systèmes déployables à l'horizon 2030 », cela veut dire qu'on espère les avoir suffisamment développés, avoir accumulé suffisamment d'expérience (par des pilotes, puis des réacteurs de démonstration), pour pouvoir, vers 2025, commencer à en lancer la construction à grande échelle pour une exploitation industrielle rentable vers 2035.

Quand on examine ce qu'on envisage pour ces six systèmes, on voit qu'il y a beaucoup à faire, mais que la réussite de chacun d'eux paraît être à notre portée, autrement plus accessible que la fusion. Il est donc essentiel de porter l'effort sur cette « Génération IV » pour faire aboutir un ou, de préférence, plusieurs des six systèmes, à mettre en œuvre dans le monde.

[Retour](#)

---

<sup>15</sup> Frank Carré, Gian-Luigi Fiorini : Méthodologie et critères de choix des systèmes Génération IV

<sup>16</sup> Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Canada, Corée du Sud, Etats-Unis, France, Japon, Royaume Uni, Suisse

<sup>17</sup> « Système » veut dire : « le réacteur, le système de conversion d'énergie, et les équipements nécessaires au cycle du combustible, notamment pour la gestion des combustibles usés et des déchets ultimes. »

<sup>18</sup> Voici les six systèmes :

- réacteur à très haute température refroidi par un gaz, l'hélium, et à neutrons thermiques (lents),
- réacteur à neutrons rapides refroidi par un gaz (l'hélium),
- réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium (comme Phénix et Superphénix),
- réacteur à eau supercritique (très haute pression, assez haute température),
- réacteur à neutrons rapides refroidi au plomb ou au plomb-bismuth,
- réacteur dont le cœur est composé de sel fondu, soit à neutrons thermiques, soit à neutrons rapides.

<sup>19</sup> envisagé pour remplacer le pétrole, par exemple avec la technique des piles à combustibles

## 2.3 *Besoin de nouveaux réacteurs (« Génération III+ ») avant l'arrivée de ceux de « Génération IV ». EPR. Réacteur de démonstration*

### 2.3.1 *Besoin de réacteurs avant ceux de Génération IV*

Citons encore *RGN* de juillet - août 2003<sup>20</sup> :

*« ...EDF vise à prolonger le plus possible la durée de vie des centrales actuelles, sur la base des éléments suivants :*

- une durée de vie de 30 ans est acquise,*
- une durée de vie de quarante ans est très probable, même si l'Autorité de Sûreté ne s'est pas encore prononcée ; elle le fera en 2005, dans le cadre de la préparation des visites à 30 ans du palier 900 MWe<sup>21</sup>,*
- une durée de vie de plus de 40 ans est l'objectif retenu par EDF ; cependant, l'Autorité de Sûreté ne se prononcera pas avant l'horizon 2012/2015 ; or il faut garder à l'esprit que, pour une **durée de vie de 40 ans, l'arrêt des centrales commence en 2020 à un rythme de 5000 MWe/an pendant 10 ans, il convient donc de « se couvrir » contre le risque d'un passage contraint et massif au gaz et au charbon.** »*

Autrement dit, il y a un risque absolument pas négligeable que nos réacteurs d'aujourd'hui doivent être arrêtés avant 2035, et il n'apparaît pas raisonnable de faire l'impasse, d'attendre Génération IV, sans disposer d'un réacteur éprouvé à construire entre 2015 ou 2020 et l'arrivée à maturité de Génération IV. D'autant moins qu'EDF ou toute autre société de France ne pourra de toute façon pas, comme en 1974<sup>22</sup>, « mettre le paquet » pour lancer sur quelques années la construction de nombreux réacteurs, après avoir attendu l'extrême dernier moment, l'arrivée à maturité d'un des systèmes de Génération IV.

L'EPR est le réacteur de « génération III+ » envisagé pour cela par EDF, et par Madame Fontaine, ministre délégué à l'industrie.

Un commentaire encore : lorsque l'Autorité de Sûreté américaine donne une autorisation d'exploiter jusqu'à soixante ans, c'est une autorisation sous réserve de confirmation à certaines échéances. C'est l'expression d'une certaine confiance, mais ce n'est donc pas du tout une promesse que les réacteurs puissent atteindre cet âge.

[Retour](#)

### 2.3.2 *L'EPR, réacteur de « génération III+ ». Réacteur de démonstration*

Vous avez beaucoup entendu parler de l'EPR. Ceux qui s'opposent au lancement prochain d'un « réacteur EPR de démonstration » comprennent :

- ceux qui contestent ce qui est expliqué au paragraphe 2.3 ci-dessus : ils ne sont pas bien réalistes !
- ceux qui considèrent que l'EPR finlandais sera suffisant pour roder ce réacteur ; mais on est en position difficile chez un client extérieur : découvrira-t-on aussi facilement un point faible s'il y en a ? et si le client ne le signale pas, mais que le constructeur ou l'Autorité de Sûreté française le devine, quelle situation impossible !

---

<sup>20</sup> Bernard Dupraz : La durée de vie des centrales actuelles et les réacteurs du futur

<sup>21</sup> 900 MWe, 900 mégawatts électriques, 900000 kilowatts électriques. En France, le « palier 900 MWe » est constitué de 34 réacteurs, les premiers construits, donc les plus anciens.

<sup>22</sup> En 1974, EDF était monopole d'Etat. L'Etat pouvait la doter des capitaux nécessaires. Ce ne sera plus le cas.

- ceux qui croient qu'on peut faire l'impasse sur l'étape du réacteur de démonstration ; on peut leur dire ceci : l'expérience vécue avec les quatre réacteurs de 1450 MWe de Chooz et de Civaux, qu'on appelle « palier N4 », et qu'on a construits sans les faire précéder d'un réacteur de démonstration, c'est qu'on a dû effectuer sur les quatre réacteurs des modifications assez importantes ; elles ont coûté de l'argent, et du temps d'indisponibilité ; avec un réacteur de démonstration, tous ces défauts de jeunesse sont découverts avant qu'on ait lancé la série ;
- ceux qui croient que des réacteurs à haute température, en cours de développement dans plusieurs pays (cf. § 2.5 ci-dessous), seront prêts à être utilisés industriellement bien avant 2035,
- ceux, enfin, qui s'opposent systématiquement aux initiatives nucléaires depuis des années.

Vous pouvez expliquer des choses simples<sup>23</sup> à vos interlocuteurs :

- L'EPR - ça a été le choix délibéré de la France et de l'Allemagne - n'apporte pas d'élément révolutionnaire. Au contraire, il a été conçu pour mettre à profit le « retour d'expérience » inégalable sur les réacteurs à eau pressurisée de Framatome et de Siemens. C'est une synthèse « évolutionnaire » des conceptions des deux pays, avec des contraintes encore plus sévères pour réduire encore la portée d'un accident majeur s'il venait à survenir, ou d'un attentat terroriste. La sûreté de l'EPR est agréée par les Autorités de Sûreté des deux pays, ce qui est très important.
- Les dispositifs de sûreté sont multipliés (« redondants ») par quatre (un seul restant en fonctionnement est suffisant pour éviter l'accident). Ils se trouvent dans quatre bâtiments de sauvegarde séparés. Deux d'entre eux sont protégés par du béton armé résistant aux avions comme l'enceinte de confinement, les deux autres sont situés à l'opposé l'un de l'autre par rapport au réacteur, ce qui réduit les risques que les deux soient atteints par la chute d'un avion.
- Si, quoique cela paraisse extrêmement difficile à exécuter, un pilote terroriste venait écraser un gros avion commercial contre l'enceinte de confinement d'un réacteur, la double paroi de béton armé de 2 fois 1,30 mètre ne serait abîmée qu'en surface. Certains ont affirmé que les organes intérieurs s'ouvriraient sous l'effet de la secousse. C'est inexact, car la conception et le dimensionnement antisismiques de la centrale limiteraient considérablement les effets du choc.
- Dernier point<sup>24</sup>, que vous pouvez expliquer : même en cas d'accident non maîtrisé conduisant à la fusion du cœur, c'est-à-dire du combustible, celui-ci serait recueilli dans un réceptacle au pied du réacteur, et refroidi alors par de l'eau. La réserve d'eau nécessaire se trouve en permanence dans d'importants bassins à côté de ce réceptacle sec. La chaleur du corium<sup>25</sup> tombé dans le réceptacle ferait fondre les portes métalliques qui le séparent des bassins d'eau, et l'eau viendrait refroidir le corium, le rendant inerte. Dispositif totalement passif qui ne peut donc pas tomber en panne<sup>26</sup>.

Ainsi à ceux qui vous disent que **le risque zéro n'existe pas**, vous pouvez répondre, et c'est très important : certes, **mais le risque qui reste est seulement que survienne un accident sans conséquences sanitaires pour la population !**

<sup>23</sup> Les autorités de sûreté des pays clients analyseront naturellement ces éléments et tous les détails que leur fournira le constructeur, avant de donner le feu vert pour la construction.

<sup>24</sup> Il y en a d'autres, naturellement, mais il n'est pas question de dresser ici tout un argumentaire !

<sup>25</sup> « le corium », c'est le nom qu'on donne au combustible fondu dans le cœur du réacteur.

<sup>26</sup> Le corium, très radioactif, continuera à dégager de la chaleur. D'autres moyens passifs permettent de le maintenir solide, sans danger.

A ceux qui clament que l'EPR est déjà obsolète, il est simple de répondre : La commande de la Finlande à Areva témoigne du fait que c'est un des meilleurs réacteurs sur le marché, peut-être le meilleur.

On a vu qu'on envisage de le construire en France comme une assurance avant l'arrivée à maturité des réacteurs de Génération IV : c'est une bonne assurance !

[Retour](#)

## 2.4 Les réacteurs à haute température

Parmi les systèmes de Génération IV, il en est deux qui portent sur des réacteurs à haute température :

- le réacteur à haute température à neutrons rapides,
- le réacteur à très haute température, à neutrons thermiques (lents).

Mais ce n'est pas de ces deux-là que nous allons parler dans ce paragraphe. Nous voulons parler d'un réacteur à haute température à neutrons lents, à construire à plus brève échéance, par modules de relativement petite taille, avec la possibilité de les juxtaposer pour constituer des capacités plus importantes. Dans plusieurs pays, dont les Etats-Unis, la Russie, la France, le Japon, l'Afrique du Sud, on travaille activement à la conception de réacteurs à haute température modulaires de petite taille, de l'ordre de 200 MWe<sup>27</sup>.

Il faut savoir que les réacteurs à haute température ont un cœur constitué de matériaux réfractaires<sup>28</sup> avec un fluide caloporteur – de l'hélium - chimiquement inerte. Donc même si la température, 850°C en fonctionnement normal, venait à monter à 1600°C, le combustible conserverait son intégrité. C'est pourquoi il est sans doute possible, pourvu que la taille du cœur soit inférieure à une certaine limite, de faire l'économie de circuits de refroidissement de secours, comptant, en cas d'accident, sur l'évacuation passive de la chaleur à travers le caisson métallique. Si les Autorités de Sûreté confirment qu'elles approuvent une telle simplification, ce type de réacteurs peut devenir très intéressant<sup>30</sup>.

Les modules de petite taille le sont pour des pays ayant un réseau de distribution électrique modeste, pourvu que ces pays aient une capacité industrielle et une connaissance du nucléaire suffisantes. Mais certaines personnes vont plus loin et se disent : on a déjà une expérience des réacteurs à haute température, il en a été construit plusieurs des années soixante aux années quatre-vingt, même si tous n'ont pas été une réussite en raison de certains choix technologiques sur des points particuliers. L'expérience acquise est très substantielle. Ils

---

<sup>27</sup> 200 mégawatts électriques, 200000 kilowatts

<sup>28</sup> Le combustible, dans sa conception développée jusqu'ici, est constitué de « particules enrobées ». Celles-ci comprennent une microbille d'oxyde d'uranium ou de thorium, enveloppée par des techniques pyrolytiques de couches de carbone et de carbure de silicium qui constituent la micro-gaine. Ces particules enrobées ont un diamètre de l'ordre du millimètre. Elles sont assemblées avec un liant carboné sous forme de blocs qui sont soit des boulets sphériques de 6 centimètres de diamètre, soit de petits cylindres introduits dans des blocs de graphite (carbone) de forme prismatique.

<sup>30</sup> Il est possible d'utiliser directement cet hélium pour actionner une turbine à gaz. ce qui permet des rendements au niveau de la turbine de 45% contre 35% pour les réacteurs actuels. Il existe, par ailleurs, un assez bon espoir de mettre à profit la production de chaleur à haute température pour la production d'hydrogène par des processus chimiques.

pourraient aussi devenir intéressants chez nous si on les construisait en batteries. Pourquoi même alors ne pas les construire, au lieu de l'EPR, pour prendre le relais des réacteurs actuels, avant les réacteurs de Génération IV ?

Ces gens ne se rendent sans doute pas compte du chemin qui reste à parcourir jusqu'à la définition complète du réacteur, de son cycle du combustible, de certains procédés de fabrication (par exemple de petites turbines à gaz hélium capables de fonctionner 60000 heures), et jusqu'à leur mise en oeuvre. Nous pensons que, quand il s'agit de prendre une *assurance* contre le risque d'un hiatus entre la fin de vie de nos réacteurs actuels et l'arrivée à maturité de ceux de Génération IV, il n'est pas raisonnable de choisir des réacteurs dont la conception globale n'est aujourd'hui même pas encore acceptée par l'Autorité de Sûreté d'un grand pays nucléaire.

[Retour](#)

## 2.5 Conclusion sur l'EPR, Génération IV, les réacteurs à haute température et ITER

La conclusion que nous vous proposons est la suivante :

Les coupures de courant majeures sur le continent américain et en Italie ont montré qu'il est indispensable de maintenir toujours à l'avenir une capacité suffisante de production d'électricité. Les sources d'énergie fossiles seront à consommer avec grande modération avant qu'elles s'épuisent. Les énergies renouvelables constitueront une part très utile de la production mondiale, mais le vent et le soleil ne sont pas permanents et il faut toujours des capacités installées utilisables quand il n'y a ni vent, ni soleil.

- Il faut regarder ITER et la fusion nucléaire comme un espoir si l'on réalise un certain nombre de « miracles techniques » simultanés et de façon fiable, un projet du plus haut intérêt, mais dont les chances d'aboutir à une exploitation industrielle sont vraiment fort incertaines.
- Au contraire, les six systèmes<sup>31</sup> de Génération IV, envisagés pour constituer le gros de la production nucléaire dans la deuxième moitié du siècle, apparaissent à notre portée. *Ceux qui utilisent les neutrons rapides, lorsqu'ils auront abouti, permettront d'exploiter au mieux tout le potentiel énergétique de l'uranium naturel, non seulement l'uranium 235, mais l'uranium 238<sup>32</sup> ; sans parler du thorium. **Les réacteurs à neutrons rapides permettront d'alimenter le monde en énergie pour vraiment très longtemps, des millénaires sans doute. Avec eux, l'énergie nucléaire apporte une contribution significative à la satisfaction des besoins en énergie de l'humanité. Sans eux, les ressources énergétiques sont limitées comme celles de pétrole et de gaz. Il faut absolument faire porter l'effort sur la recherche et le développement de ces systèmes.***
- Mais le chemin sera long avant qu'on en ait optimisé un ou plusieurs. Et nos réacteurs actuels peuvent nous « lâcher » avant. Il faut donc prendre une assurance, qui ne fasse pas appel aux filières produisant des gaz à effet de serre. Le meilleur choix est l'EPR : lancer très prochainement et construire un réacteur de démonstration en France, l'exploiter trois ans, tirer parti de cette expérience pour ajuster la technologie, et construire alors un certain nombre d'EPR en fonction des besoins et de la politique industrielle du moment.

---

<sup>31</sup> On a vu que « système » veut dire : *le réacteur, le système de conversion d'énergie, et les équipements nécessaires au cycle du combustible, notamment pour la gestion des combustibles usés et des déchets ultimes.*

<sup>32</sup> On a vu que l'uranium naturel comprend seulement 0,7% d'uranium 235 et 99,3% d'uranium 238.

- Le réacteur à haute température à neutrons thermiques évoqué au paragraphe 2.4 ne constitue pas une solution à moyen terme à recommander pour notre pays<sup>33</sup>. Le réacteur modulaire de petite taille, à neutrons thermiques, est davantage conçu pour des pays ayant un réseau électrique ne supportant pas de grosses unités, ou pour des besoins locaux, dans des pays ayant cependant les capacités intellectuelles et industrielles pour exploiter une centrale nucléaire ; car il faut une culture de sûreté que n'importe quel pays ne peut acquérir rapidement.

[Retour](#)

### 3. Suggestions pour tenter de venir à bout des préjugés sur le nucléaire (suite)

Nous autres, retraités de COGEMA, voyons bien avec quel sérieux on traite les questions de sûreté et sécurité dans notre industrie, et nous cherchons comment faire partager par les gens qui ne la connaissent pas notre confiance en l'énergie nucléaire. Chaque numéro de *Remettre sur les rails* comporte des suggestions destinées à ceux qui communiquent volontiers sur ce sujet, pour tenter de venir à bout des préjugés.

Il semble que, chez beaucoup de gens, l'appréhension vis-à-vis du nucléaire vienne du fait qu'ils ne comprennent absolument pas ce qu'est la *radioactivité*.

Nous qui sommes habitués à en entendre parler, nous essayons tous de les rassurer en leur expliquant qu'ils baignent dans la radioactivité naturelle, que nos ancêtres y ont vécu depuis la nuit des temps, et que cela ne nous empêche nullement de vivre en bonne santé. Nous avons largement abordé ce thème dans le numéro 12 de *Remettre sur les rails* (juin 2003), au paragraphe 2.2, *La radioactivité naturelle: repères pour apprécier la radioactivité artificielle*.

Mais expliquer cela ne dispense pas d'essayer de faire comprendre, avec des notions rudimentaires, ce qu'est la radioactivité. Ce que l'on a l'impression de comprendre devient tout de suite moins inquiétant.

Quand on évoque la radioactivité, vous aurez remarqué que les gens ne connaissent souvent pas la différence entre *rayonnement* et *contamination*. Il est sans doute bon aussi de le leur faire comprendre.

Nous allons parler un peu de cela aujourd'hui. Vous pouvez de même en parler avec vos interlocuteurs lorsque vous sentez que cela pourrait les rassurer.

#### 3.1 Atomes radioactifs

Beaucoup de sortes d'atomes sont des atomes radioactifs. Certains sont fabriqués par la nature. D'autres ont été produits essentiellement par l'activité de l'homme. Radioactivité d'origine naturelle ou artificielle, *les phénomènes sont les mêmes*.

La radioactivité est une sorte d'instabilité physique de chaque atome radioactif<sup>34</sup>, qui se termine lorsqu'il émet son rayonnement. Pourquoi ? Parce qu'il l'émet uniquement à l'instant où il se désintègre, où il se transmute spontanément, où il se transforme en un atome d'une

---

<sup>33</sup> Le réacteur à « très haute température » de Génération IV (par opposition à la « haute température » dont nous parlons ici) aura au contraire un attrait dans notre pays par la possibilité d'utiliser la chaleur pour certaines applications dans la chimie.

<sup>34</sup> L'ordre de grandeur de la taille d'un atome, c'est quelques dix millièmes de millimètre.

autre sorte ! Rappelez-vous : « le chant du cygne » (cf. *Remettre sur les rails*, n° 12, § 2.1.1). Chaque atome radioactif meurt au moment où il émet, comme le cygne son chant.

Mais il y a un nombre immense d'atomes même dans une petite quantité de matière : environ  $6 \times 10^{23}$ , c'est-à-dire 600 000 000 000 000 000 000 000 (le « nombre d'Avogadro ») atomes, dans

239 grammes de plutonium 239, ou dans  
238 grammes d'uranium 238 ou de plutonium 238, ou  
210 grammes de polonium 210 (qu'on trouve partout dans la nature, plus toxique à masse égale que le plutonium, et que le césium 137<sup>35</sup>),  
137 grammes de césium 137 (un des atomes des retombées de Tchernobyl),  
133 grammes d'iode 133 (à vie courte, 20,8 heures) ou  
132 grammes d'iode 132 (à vie très courte, 2,4 heures), ces deux iodes étant responsables des cancers de la thyroïde près de Tchernobyl),  
131 grammes d'iode 131 (à vie moins courte, 8 jours, utilisé à des fins médicales),  
90 grammes de strontium 90 (autre atome des retombées de Tchernobyl),  
40 grammes de potassium 40 (naturel), ou  
14 grammes de carbone 14.

Ce nombre est si grand que les désintégrations discrètes atome par atome, aléatoires dans le temps, donnent une impression de continuité<sup>36</sup> ; sauf si l'on n'a que de très faibles traces d'un atome radioactif à vie très longue ; car si leur vie est longue, les atomes de cette sorte n'émettent que lentement, ils ont une faible activité<sup>37</sup>.

[Retour](#)

### 3.2 Rayonnements

Vous savez expliquer que la radioactivité comporte différents types de rayonnements :

- les alpha, qui sont des noyaux d'hélium, c'est-à-dire des atomes d'hélium sans leurs électrons, des atomes ionisés,
- les bêta, qui sont des électrons,
- les gamma, qui sont des rayonnements électromagnétiques comme la lumière ou comme les rayons X, mais plus pénétrants, car plus énergétiques,
- les neutrons, émis par les atomes les plus lourds, à partir de l'uranium.

Telle sorte d'atome se désintègre en émettant un rayonnement alpha, telle autre en émettant un rayonnement bêta, certaines sortes émettant en même temps un rayonnement gamma. Tout cela est parfaitement bien connu des spécialistes<sup>38</sup>.

[Retour](#)

### 3.3 Absorption des rayonnements par la matière

Ces rayonnements sont absorbés par la matière, mais de façon inégale :

- les alpha sont arrêtés par une feuille de papier ou toute autre matière solide, telle que notre peau, ou par quelques centimètres d'air ; une fois bloqué, c'est une microbulle

---

<sup>35</sup> Cf. *Remettre sur les rails* n° 12, § 2.2.6

<sup>36</sup> Par exemple pour un milligramme de césium 137, dont la période (durée pendant laquelle la moitié des atomes se seront désintégrés) est de 30 ans, environ un milliard d'atomes se désintègrent par seconde !

<sup>37</sup> Lorsqu'un produit, un déchet, est à la fois de haute activité et à vie longue, c'est qu'il s'agit d'un mélange de plusieurs sortes d'atomes. C'est bien le cas des déchets vitrifiés de La Hague.

<sup>38</sup> La seule chose qui complique un peu le tableau, c'est que le produit de la désintégration d'un atome radioactif est souvent un atome lui-même radioactif, d'une autre sorte, et qu'il y a donc une filiation d'atomes radioactifs ayant chacun son rayonnement et sa période. C'est ainsi que l'atome radioactif uranium 238 se transmute spontanément en atome stable plomb 206 après 8 désintégrations alpha et 6 désintégrations bêta, tous les atomes intermédiaires étant évidemment radioactifs.

d'hélium inerte, sans nocivité ; c'est s'il est bloqué *dans notre corps* qu'il y produit une ionisation locale, d'où le nom de rayonnement ionisant (cette remarque s'applique aussi aux bêta et aux gamma) ;

- les électrons des bêta sont arrêtés par une épaisseur de matière un petit peu supérieure, par exemple une feuille mince d'aluminium ;
- pour les gamma, l'analogie avec la lumière est parlante : il passe un peu de lumière à travers une feuille de papier, mais aucune lumière, si intense soit-elle, ne traverse un livre ! Les visiteurs des piscines de La Hague, où sont entreposés les éléments combustibles usés attendant d'être retraités, sont toujours très surpris et frappés, quand on leur montre *les éléments combustibles usés entreposés dans des piscines sous 4 mètres d'eau ; moyennant quoi*, leur explique-t-on, *le personnel reçoit moins de rayonnement que les gens qui sont restés dehors !* Pourquoi ? Parce que ceux qui sont restés dehors reçoivent des rayons cosmiques, dont on est partiellement protégé à l'intérieur ! On peut aussi expliquer que *moins d'1,50 mètre de béton baryté, ou de verre au plomb, protège de même parfaitement le personnel qui travaille sur les « cellules chaudes »*<sup>39</sup>, par exemple à La Hague.
- les neutrons sont freinés par les atomes légers (comme l'hydrogène - par exemple celui de la molécule d'eau -, ou le carbone), et finissent par être captés lors de collisions avec d'autres atomes. Ce qui est sûr, c'est que, comme pour les gamma, il n'y en a plus aucun qui passe lorsqu'on est protégé par 4 mètres d'eau ou moins d'1,50 mètre de béton baryté ou de verre au plomb.

Il y a ainsi, surtout pour les alpha et les bêta, une auto-absorption, c'est-à-dire que l'essentiel du rayonnement alpha ou bêta est absorbé avant d'être sorti du solide qui l'a produit. Ce qui en sort, ce n'est que le rayonnement des atomes suffisamment proches de la surface. C'est donc seulement cela que mesurera un compteur Geiger.

**Il résulte de cette absorption que, au-delà de quelques mètres des déchets d'un centre de stockage souterrain, il ne parvient plus aucun rayonnement provenant de ces déchets. A fortiori, il n'en parvient aucun à la surface de la Terre**<sup>40</sup>. C'est certainement le point essentiel dont il faut essayer de convaincre le public. Ce n'est pas forcément facile quand on ne s'adresse pas à des scientifiques.

[Retour](#)

### 3.4 Contamination

La contamination, par des atomes radioactifs, émetteurs alpha, bêta ou gamma, peut concerner la surface d'un solide, ou le volume d'un liquide ou d'un gaz, ou le corps humain. Un objectif majeur de la radioprotection est naturellement d'éviter que le corps des membres du personnel des installations (et aussi de la population) soit contaminé.

Quand il s'agit du corps, la contamination peut être *externe ou interne*. Quand elle est *externe*, il est en général simple de s'en débarrasser par simple lavage. Une douche, et c'est fini. Dans un article intitulé *Les forçats des centrales, VSD* du 4 décembre raconte : « *Un vendredi, je sors de la centrale de Belleville avec des traces de contamination au cobalt 58, assure Eric*

---

<sup>39</sup> Une cellule chaude est une casemate blindée où l'on « manipule » à l'aide de robots les produits les plus radioactifs. L'opérateur observe par le hublot de verre au plomb ce qu'il fait à l'aide du télémanipulateur.

<sup>40</sup> Si un jour dans un lointain futur, de l'eau réussissait à y pénétrer, puis à en ressortir, ce qu'on a tout fait pour éviter, nous avons vu dans le n° 12 de *Remettre sur les rails*, §2.3.1, que même alors, cette eau ressortirait de terre sans avoir réussi à entraîner une quantité significative de matière radioactive. Il n'en résulterait aucun rayonnement à la surface de la Terre. Et seulement une infime contamination (cf. § 3.4).

G.<sup>41</sup> *Le lundi, à la sortie de la centrale du Bugey : plus rien. Entre les deux, ma contamination avait disparu. Est-ce que toutes les centrales effectuent les mêmes mesures ? Nous n'en savons rien.* » A notre avis, Eric G. avait pris des douches pendant le week-end, et la contamination avait disparu !

Les choses sont quelquefois plus graves quand la contamination est *interne*, c'est-à-dire que la personne a inhalé ou avalé le produit radioactif. La gravité dépend évidemment du produit absorbé et de la quantité. Par exemple le strontium 90, s'il est avalé, se fixe sur les os comme le calcium. S'il est avalé. Si l'on vous dit qu'au voisinage de Tchernobyl, on consomme des plantes cultivées sur des sols contaminés au strontium 90, demandez si l'on a mesuré le transfert de ce strontium du sol vers la plante que ces personnes ont mangée en grandes quantités. En fonction de la réponse, il peut éventuellement en résulter un préjudice sanitaire, ou non. Nous savons que des études ont été faites pour déterminer quelles variétés de plantes absorbaient le moins ce strontium, pour cultiver si possible celles-là plutôt que d'autres.

Méfiez-vous des chiffres élevés en becquerels (cf. *Remettre sur les rails*, n° 12, §2.1.2) ! Nous vous avons donné des repères (ibid., § 2.2). Méfiez-vous aussi des médias s'ils citent imprudemment des gens qui disent : « On a mesuré là dix fois la normale ! » Pour eux, la normale, ce n'est bien souvent pas la limite fixée par une vraie norme, ou la limite dangereuse, c'est la teneur que l'on mesure habituellement dans le coin. Or si l'on trouve dix fois plus, cela peut être encore mille fois moins que ce qui pourrait être dangereux, et cent fois moins que la limite fixée par l'Autorité de Sûreté !

[Retour](#)

### *3.5 Exemple des châteaux de transport de combustibles usés. Contamination et rayonnement*

Pour illustrer vos explications sur *contamination* et *rayonnement*, vous pouvez utiliser l'exemple des châteaux de transport de combustibles usés.

C'est un vieux problème aujourd'hui complètement réglé, mais qui a fait couler beaucoup d'encre vers 1998. Il se peut que vos interlocuteurs s'en souviennent. Cela les aidera à suivre l'explication. Les emballages<sup>42</sup> de transport de combustibles usés, pour transporter ceux-ci des centrales (où ils viennent d'être déchargés du cœur du réacteur, ou d'une piscine d'entreposage) jusqu'à l'usine de retraitement de la Hague, sont de très gros cylindres avec ailettes de refroidissement, appelés familièrement châteaux parce qu'ils pèsent environ 130 tonnes, sans compter le véhicule qui les transporte ! Ils dépassaient souvent nettement à l'époque la norme de contamination. La norme internationale pour tous les colis transportant des produits radioactifs, par exemple les petits colis envoyés à des fins médicales, était très basse : si tu travailles proprement, ton colis doit rester propre ! C'était plus difficile pour ces emballages à ailettes, qui sortaient de l'eau dans laquelle on les avait chargés d'éléments combustibles usés ... Mais là n'est pas notre propos.

Il s'agissait d'une *contamination externe* de la surface du château en certains points. Et l'Autorité de Sûreté, comme les industriels, affirmait à juste titre que les contaminations, quoique malencontreuses, à ces niveaux étaient sans danger. Pourtant, se moquaient certains, vous dites bien qu'il faut éviter de stationner à proximité de ces emballages ! Pourquoi ?

La réponse est que, en plus de ces contaminations occasionnelles et sans danger, il existe toujours un *rayonnement* quand les emballages contiennent les combustibles usés. Il émane de

---

<sup>41</sup> L'article donne le nom de la personne.

<sup>42</sup> L'emballage, c'est le récipient et ses couvercles, avec tous les dispositifs de sécurité.

l'intérieur des emballages. Ce sont des neutrons émis par le combustible usé placé à l'intérieur<sup>43</sup>. Les emballages comprennent certes une très bonne protection contre les neutrons ; toutefois le gabarit ferroviaire limite le diamètre de l'emballage, donc l'épaisseur de cette protection, qui a une efficacité proche de 100%, mais pas tout à fait de 100%. Ce n'est pas grave du tout : pourvu que l'on ne stationne pas inutilement longtemps à proximité des emballages, ce rayonnement de neutrons ne présente pas de danger.

En résumé quant à la différence entre rayonnement et contamination : *Au fond, ce qu'il faut faire comprendre, c'est que le rayonnement, dans certains cas, traverse la matière et peut atteindre notre corps, conduisant à une irradiation externe. Tandis que la contamination, souvent par des poussières radioactives, peut être soit externe sur la peau, et produire une irradiation externe ; soit interne : dans ce cas, elle peut rayonner dans notre corps, ceci jusqu'à ce que les atomes radioactifs disparaissent, soit par décroissance radioactive naturelle, soit par un mécanisme d'élimination naturelle qu'on essaiera d'accélérer si nécessaire par un traitement.*

[Retour](#)

### 3.6 Réseau national de publication des mesures de radioactivité.

Libération du 14 novembre donne une information intéressante :

« Un ...arrêté du 17 octobre... inquiète la Crii-rad, la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité. Il prévoit la mise en place d'un Réseau national de publication des mesures de radioactivité<sup>44</sup>. Ce réseau sera géré par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, dont les travaux sont souvent contestés par la Crii-rad. Celle-ci y voit un moyen détourné de lui supprimer son agrément. « Un tiers de nos mesures remettent en cause celles des autorités », explique Roland Desbordes, président de la Crii-rad. Une crainte infondée, assure le ministère de l'Ecologie : « Un agrément est accordé sur critères techniques. Si le système de mesure est bon, il n'y a pas de raison de le supprimer. »

Il nous semble que la création de ce réseau est une bonne chose.

Si vous discutez de cela avec vos interlocuteurs, vous pouvez en profiter pour leur rappeler que l'Autorité de Sûreté publie en ligne, sur le Minitel (3614 TELERAY) ou Internet, la valeur de la radioactivité de l'air et de l'eau des rivières principales. Il est intéressant de noter que la radioactivité ambiante augmente au-dessus des zones à plus forte teneur en radon, telles les massifs granitiques du Massif Central et de la Bretagne, et au voisinage d'installations brûlant du charbon, à cause du radon et des poussières, dont certaines sont radioactives, émises par ces installations. Les sommets accusent aussi une plus forte radioactivité ambiante, principalement à cause des rayons cosmiques qu'une atmosphère moins épaisse a moins stoppés qu'au niveau de la mer. On constate que la radioactivité autour des sites nucléaires, centrales ou usines, ne présente pas de différence avec celle des villes ou aéroports voisins. Vous pouvez inviter vos interlocuteurs à consulter ce site, à la fois instructif et ludique.

[Retour](#)

## 4. Remises sur les rails sur des sujets divers

### 4.1 Déchets

---

<sup>43</sup> Quand le château revient vide à la centrale nucléaire pour aller chercher d'autres éléments combustibles usés, il n'y a donc plus de rayonnement de neutrons.

<sup>44</sup> Selon l'arrêté en question tous les laboratoires agréés, qu'ils soient publics ou privés, seront inclus dans ce réseau (qu'on peut consulter sur Internet) ; agréé signifie que les procédures d'échantillonnage et méthodes d'analyse sont reconnues avec label Qualité.

#### 4.1.1 Des solutions, il y en a, il faut maintenant choisir

C'est sans doute une des évolutions les plus importantes si elle se généralise : A l'approche du terme (2006) fixé par la loi de 1991 pour les études en vue du stockage des déchets de haute activité initiale et à vie longue, on commence à lire dans la presse que *des solutions sont en vue*. « *Des solutions, il y en a, il faut maintenant choisir* ». Le message sempiternel et faux des anti-nucléaires « Il n'y a pas de solutions au problème des déchets » a plus de mal à passer ! Enfin !

De son côté, la Commission Européenne, par la voix de la Commissaire à l'Energie et aux Transports, Mme Loyola de Palacio, estime que le stockage en profondeur des déchets à vie longue correctement conditionnés est la meilleure et la plus sûre solution à ce jour pour garantir l'environnement et la santé du public.

[Retour](#)

#### 4.1.2 Les déchets radioactifs dans les verres, les résidus vitrifiés

L'émission « *Complément d'enquête* » sur France 2, le 24 novembre, était très intéressante à plus d'un titre. Parmi les inexactitudes, relevons-en une, car elle porte sur un point important pour nous qui cherchons à faire comprendre la sûreté du nucléaire. Le journaliste, parlant des résidus vitrifiés (les déchets de haute activité initiale et à vie longue), dit : « *A l'intérieur<sup>45</sup>, des déchets emprisonnés dans une gaine de verre isolant.* »

Non, les déchets ne sont pas emprisonnés, mais *incorporés* dans le verre. Comme nous l'écrivions dans *Remettre sur les rails*, n° 11, § 2.2.2 : « *les déchets y sont incorporés dans le verre comme le plomb est incorporé dans le cristal*, ils en sont des éléments constitutifs. Et si le bloc de verre se cassait, les déchets ne seraient pas pour autant relâchés dans la nature, pas plus que le plomb ne s'échappe des deux morceaux d'un pauvre verre brisé! »

Ce verre est presque inaltérable à l'eau. Même si de l'eau parvenait un jour à son contact, il n'emporterait pas en quantités perceptibles les atomes radioactifs contenus dans ces déchets.

[Retour](#)

#### 4.2 Le nucléaire pour les transports

A *BFM*, le 14 novembre, Dominique Voynet déclare, entre autre : « *Le secteur dans lequel la consommation énergétique explose actuellement, c'est le secteur des transports, et le nucléaire n'est en la matière d'aucune utilité.* »

Elle oublie le train ! Il fonctionne à l'électricité, et c'est le transport de fret (et le ferroutage) qu'il faut pousser. Il faudra produire l'électricité pour le transporter.

[Retour](#)

#### 4.3 Et si un camion transportant du plutonium tombait d'un pont? (suite)

Nous avons abordé ce sujet dans notre dernier numéro, au paragraphe 4.5. Certains de nos lecteurs nous ont demandé des précisions.

---

<sup>45</sup> à l'intérieur des puits du hall qu'on nous montre dans le reportage

Les voici :

- Le test de chute de tout colis de type B d'une hauteur de 9 mètres prescrit par le règlement de transport de l'AIEA<sup>46</sup> correspond à un impact sur une surface indéformable et sous les incidences les plus pénalisantes, de façon à ce que la totalité de l'énergie cinétique soit transférée à l'emballage, et qui plus est, sur sa partie la moins résistante. Sur un sol "normal ou courant", cela équivaut, en fonction de la nature du sol, à une chute de plusieurs dizaines de mètres (de 30 mètres à 50mètres).
- En termes de transfert d'énergie cinétique, l'emballage n'est pas "seul"... il est placé sur une remorque.
- L'oxyde de plutonium se trouve à l'intérieur de boîtes métalliques soudées introduites dans l'emballage de transport, et qui elles-mêmes offrent une résistance.
- Enfin, le viaduc de Calix dans sa partie la plus haute est au-dessus de l'eau.

Tout ceci fait qu'en cas de chute de ce viaduc, l'oxyde de plutonium ne se disperserait pas dans la nature.

[Retour](#)

#### 4.4 *Secret défense sur les transports de matières nucléaires (suite)*

Vous vous souvenez (cf. *Remettre sur les rails* n° 13, § 4.4) de l'arrêté assez maladroit signé du Haut fonctionnaire de défense du Ministère de l'Industrie, visant à empêcher la divulgation d'informations susceptibles de faciliter des actions terroristes sur des matières nucléaires, notamment lors de leur transport. Tel qu'il était rédigé, l'arrêté semblait interdire toute information sur les matières nucléaires, même celle que les industriels considèrent comme essentielle pour entretenir la confiance de la population.

Comme il s'y était entre temps engagé, le Ministère de l'Industrie a publié le 29 janvier un nouvel arrêté concernant les matières nucléaires, remplaçant le précédent, et une circulaire précisant les modalités d'application à l'attention des préfets. Ces textes limitent ce qui est soumis au secret défense, et précisent (AFP du 29 janvier) *qu'il s'agit d'informations dont la « divulgation est de nature à nuire ou à nuire gravement à la protection physique de ces matières nucléaires dans les domaines de la prévention, de la malveillance et de la prolifération »*. ... *Le nouvel arrêté « n'autorise pas » le recours au secret défense « pour l'exploitation courante des installations nucléaires ou pour les questions de sûreté ou de radioprotection, même en cas d'accident »*, affirme la circulaire.

Or *La Dépêche du Midi* du 30 janvier écrit pourtant : *Selon le Réseau Sortir du Nucléaire,...* *le nouvel arrêté « vise explicitement les informations données par les associations antinucléaires à la population sur les dangers que lui fait courir l'industrie nucléaire »*. N'est-ce pas un aveu des antinucléaires ? Ils cherchaient à rendre impossibles les transports de plutonium en claironnant où, quand et comment ils allaient passer, ce qui présente naturellement un certain danger !

[Retour](#)

#### 4.5 *Cancers de la thyroïde*

Nous avons plusieurs fois abordé cette grave question de l'information des Français suite à l'accident de Tchernobyl, et le point particulier des cancers de la thyroïde<sup>47</sup>. Les pauvres gens

---

<sup>46</sup> Agence Internationale de l'Energie Atomique. Ce document, contrairement aux autres standards de l'AIEA, est plus qu'une recommandation : les pays du monde se sont accordés pour en faire un règlement accepté de façon consensuelle, d'application obligatoire.

<sup>47</sup> voir en particulier *Remettre sur les rails* n° 10 d'octobre 2002, § 6.10.

qui portent plainte en attribuant leur cancer à Tchernobyl et à de fausses informations diffusées par les autorités françaises sont certainement de bonne foi, mais les arguments de spécialistes éminents, le Professeur Aurengo<sup>48</sup> et d'autres, montrent que Tchernobyl n'est certainement pas la cause de leur cancer. Voici quelques développements récents.

Pour le moment, 400 plaignants ayant porté plainte et 230 de ces plaintes ayant été jugées recevables, des experts judiciaires ont été nommés.

Sous le titre : « *Tchernobyl : le rapport qui accuse* », le *Figaro* du 15 janvier énonce des propos très virulents, et on découvre que ce sont ceux ... de l'avocat des plaignants. Il évoque l'avis des experts qui, d'après lui, accuseraient les autorités de l'époque d'avoir falsifié les chiffres. Pourtant, on découvre plus loin dans l'article que ces experts n'ont pas – à la date de l'article - rendu leur rapport, ce « rapport qui accuse » ! Accuse-t-il vraiment ? Nous n'avons pas trouvé depuis lors dans la presse d'autre information sur ce rapport. La justice tranchera.

Une réunion a eu lieu le 15 janvier sur le thème "Nucléaire et Santé". Voici, en substance ce que dit le président du groupe de recherche sur la thyroïde, le Professeur J. L. Wemeau :

L'augmentation actuelle des cancers de la thyroïde, si elle est un fait incontestable:

1/ se retrouve dans tous les pays du monde, notamment USA et Canada, non concernés par Tchernobyl,

2/ a débuté en 1975, son taux ne s'étant pas majoré après 1986,

3/ ne correspond nullement à un accroissement préférentiel chez l'enfant et l'adolescent, ce qui a été la règle aux alentours de Tchernobyl,

4/ ne présente aucune décroissance Est-Ouest ; au contraire, l'analyse des registres des cancers révèle que l'augmentation est plus forte dans l'Ouest, région la moins exposée aux retombées du nuage radioactif,

5/ ne correspond pas à une augmentation corrélée des réarrangements chromosomiques Ret-PTC3, anomalie détectée chez la quasi-totalité des enfants irradiés en Belarus.

On voit que tout cela va dans le même sens que les éléments apportés par le Professeur Aurengo.

Nous n'avions pas en France de registre des cancers, sauf en Champagne - Ardennes. Mais dans cette région, on a suivi les enfants qui avaient moins de 15 ans lors de l'accident de Tchernobyl (1986). De 1986 à 1998, le nombre de cancers détectés chez ces jeunes est chaque année de 1 (par exemple en 1986) ou 0 (par exemple en 1996, 1997, 1998), alors qu'il a très fortement augmenté en Ukraine et Belarus. Ceci aussi va dans le même sens : l'augmentation des cancers de la thyroïde détectés en France n'a rien à voir avec Tchernobyl.

Comment se fait-il que les médias ne fassent pas état de toutes ces considérations convergentes ?

[Retour](#)

#### 4.6 Chute d'éolienne

Une éolienne d'un port de commerce du Boulonnais, le Portel, s'est effondrée sur le port de Boulogne-sur-Mer dans la nuit de la Saint Sylvestre. Une structure de 80 tonnes faisant une chute de 25 mètres de haut ! Une des pales a été retrouvée sur la plage de Boulogne, les deux autres à 8 kilomètres. Par chance, l'accident s'est produit la nuit et n'a fait aucun blessé.

---

<sup>48</sup> cf. *Remettre sur les rails*, n° 10, d'octobre 2002

Mais comment se fait-il que seule, à notre connaissance, *La Voix du Nord* en ait fait état, ainsi que *Libération* par une très brève mention<sup>49</sup> ? Qu'aurait-on dit, dans tous les journaux, d'un fait analogue dans les annexes d'une installation nucléaire ?!

[Retour](#)

---

<sup>49</sup> également, paraît-il, une chaîne de télévision, que nous n'avons pas identifiée