

La production
d'électricité nucléaire

Française
en questions

LA PRODUCTION
D'ÉLECTRICITÉ **NUCLEAIRE**
FRANÇAISE **EN QUESTIONS**

Pourquoi l'énergie nucléaire a-t-elle une mauvaise image ?

La radioactivité est elle naturelle ?

Pourquoi la France a choisi la filière PWR ?

Comment s'est construit le parc nucléaire français ?

Comment sont exploitées les centrales nucléaires ?

Comment sont gérés les incidents / accidents ?

Qui fait la maintenance des centrales ?

Que fait on des déchets nucléaires ?

Quand arrêter définitivement les centrales ?

Quand et comment démanteler les centrales ?

Quel est l'avenir de la production nucléaire d'électricité ?

Nucléaire civil et militaire, même combat ?

Que dire aux opposants au nucléaire ?

Lobby nucléaire et manque de transparence - Parc surdimensionné - Le prix de l'électricité va augmenter – Dépendance vis à vis des ressources d'uranium -EPR compliqué, difficile à construire – Leçons tirées de Fukushima - Industrie dangereuse et risquée pour le public.

N'AYONS PAS PEUR !

Annexe : extraits du livre de Michel Rocard « Mes points sur les i », février 2012, Odile Jacob, préface de François Hollande.

*Copie et diffusion vivement encouragées,
pour créer une réaction en chaîne*

*TICO - LCQ
sans droits d'auteur
11 Mars 2012*

Pourquoi l'énergie nucléaire a-t-elle une mauvaise image ?

Qui se souvient aujourd'hui de la première utilisation que fit l'homme préhistorique lorsqu'il découvrit le feu ? Était ce pour se protéger de ses prédateurs ou pour faire cuire son steak de mammoth ? Sans nul doute a-t-il pensé d'abord à sa défense et à celle de sa tribu avant de maîtriser cette nouvelle technologie pour d'autres applications.

Plus près de nous, les débuts de la chimie se sont faits remarquer par les gaz de combats et la dynamite, l'aviation dans les bombardements et le mitraillage de civils en exode, les V1 sont les ancêtres des fusées plaçant des satellites qui rendent bien des services, la biologie a donné des armes de destruction massive (bactériologiques, chimiques) en même temps que des applications utiles pour la santé, etc

On l'aura compris, l'Homme et tout État qui a pour devoir premier de protéger ses concitoyens, se doivent d'utiliser toute nouvelle technologie pour leur défense et leur survie avant d'en développer des applications civiles plus douces, en améliorant la maîtrise, mais sans toutefois pouvoir annuler les risques associés à toute activité humaine. Le risque zéro n'existe pas.

Ainsi la découverte de la fission nucléaire et de la puissance qu'elle représentait a eu pour première grande application les bombes de Hiroshima et de Nagasaki, mettant fin à la seconde guerre mondiale qui avait déjà fait 50 millions de morts. La « guerre froide » qui s'en suivit a vu se multiplier le nombre de ces bombes dans les deux camps Est / Ouest, mettant une épée de Damoclès sur nos têtes, mais avec un effet suffisamment dissuasif pour finalement écarter tout nouveau conflit mondial. La mise au point de ces bombes s'est faite par le biais d'essais de surface puis souterrains contre lesquels se sont mobilisés des associations telles que Greenpeace. Ces essais se sont terminés à la fin des années 90 et les deux blocs ont décidé de réduire leurs stocks de bombes.

Très tôt des applications plus douces de l'énergie nucléaire se sont développées, dont la propulsion marine et sous marine pour déboucher sur les centrales de production d'énergie électrique. Mais l'énergie nucléaire reste marquée par ses applications militaires comme par un péché originel.

La radioactivité est elle naturelle ?

C'est en 1896 que le français Henri Becquerel découvrit la radioactivité naturelle de l'uranium contenu en particulier dans les roches granitiques ; il mit en évidence un rayonnement (Gamma) capable de traverser une certaine épaisseur de matière et d'impressionner une plaque photographique.

En 1898, Pierre et Marie Curie découvraient le polonium et surtout le radium, plus d'un million de fois plus réactif que l'uranium (rayonnement bêta et alpha). Ces découvertes mirent en évidence l'instabilité de certains atomes dont le noyau peut perdre des protons ou des neutrons et/ou émettre un rayonnement électromagnétique : ce sont des éléments radioactifs naturels.

D'autres éléments radioactifs existent naturellement :

- soit qu'ils sont présents depuis la formation de notre planète (Uranium 238 ; Thorium 232 ; Rubidium 87 ; potassium 40 et leurs descendants dont le Radon) et se sont maintenus en quantité significative grâce à leur très grande période de décroissance,
- soit qu'ils proviennent de l'action du rayonnement cosmique sur les noyaux de l'atmosphère pour créer des corps radioactifs (Tritium 3, Carbone 14, Sodium 22,),
- soit qu'ils sont présents dans le corps humain lui même. Ainsi un homme de 70 kgs présente en moyenne et naturellement de 9 à 10 000 becquerels (4500 de potassium 40, 3700 de carbone 14, 640 de rubidium 87, 220 d'uranium, thorium, radium, radon,). Un humain ingère annuellement de l'ordre de 30 000 becquerels (Bq).

Même les réacteurs nucléaires sont naturels. En effet, dans un gisement de minerai d'uranium à OKLO au Gabon on a découvert que des concentrations d'uranium associées à l'eau qui le traversait avaient constitué un véritable réacteur nucléaire comme en témoignent les produits de fission encore présents sur le site. L'analyse de la migration de ces produits de fission a d'ailleurs fourni des informations intéressantes pour la conception de centres de stockage de déchets radioactifs. On a depuis retrouvé des exemples de tels réacteurs dans d'autres gisements de par le monde. L'homme n'a fait que redécouvrir ce que la nature avait réalisé quelques millions d'années auparavant.

La terre étant le résultat d'une gigantesque explosion nucléaire, depuis son origine l'homme est exposé à une radioactivité naturelle qui va faiblement décroissant ; aujourd'hui elle est en France en moyenne de 2,4 millisieverts/an/homme. Elle peut varier d'un facteur 4 suivant l'altitude, la nature du sol et des matériaux de construction, l'accumulation de radon dans les bâtiments, la nature de l'alimentation,

Depuis les années 1950, il faut ajouter une radioactivité artificielle grandissante pour un peu plus de 1 mSv/an aujourd'hui, presque essentiellement d'origine médicale (radiographies, radiothérapie, imagerie médicale, scintigraphie,) ; à titre d'exemple un scanner apporte une dose de 20 mSv. Enfin l'industrie nucléaire ajoute 0,02 mSv/an soit cent fois moins que la radioactivité naturelle de 2,4 mSv/an.

Mais la question n'est pas de savoir si la dose reçue est due à la radioactivité naturelle ou artificielle car les effets sur l'homme des deux types de radioactivité sont strictement identiques.

Pourquoi la France a choisi la filière PWR ?

C'est en 1934 qu'Irène Curie et Frédéric Joliot découvrirent la radioactivité « artificielle » en bombardant par des particules alpha (noyau d'hélium formé de 2 protons et de 2 neutrons) de l'aluminium stable qui fut transmuté en phosphore radioactif. En 1939, Joliot (et autres) cassèrent un noyau d'uranium en le bombardant avec un neutron provoquant un dégagement de chaleur et l'émission d'autres neutrons capables de provoquer à leur tour d'autres fissions ; c'est la réaction en chaîne, base de l'énergie nucléaire (certains noyaux très lourds comme l'uranium 238 se fissionnent spontanément avec des périodes extrêmement longues).

La survenue de la seconde guerre mondiale empêcha Joliot de construire le premier réacteur nucléaire et ce sont des scientifiques européens expatriés aux USA dont l'italien Enrico Fermi, qui le construisirent à Chicago en 1942.

Dès la fin de la guerre, plusieurs types de réacteurs nucléaires ont été développés, d'abord à des fins militaires, puis civiles pour la production d'électricité :

- les filières à eau lourde ou au graphite plutôt favorisées pour la production de plutonium de « qualité militaire »,
- la filière à eau légère pour la propulsion sous marine (PWR), puis la production d'électricité (BWR et PWR).

En France, le CEA créé par le Général de Gaulle dès 1945 a étudié ces filières et construit plusieurs réacteurs, dont :

- à eau lourde, ZOE première pile française à Fontenay-aux-Roses, EL2 à Saclay et EL4 à Brennilis,
- au graphite G1, G2, G3 à Marcoule,
- à eau pressurisée pour la propulsion sous marine.

Ensuite EDF a été associée pour développer la filière graphite pour la production d'électricité sur les réacteurs de Chinon A1, A2, A3, St Laurent A1 et A2 et Bugey 1. Tous ces réacteurs sont aujourd'hui arrêtés et en cours de démantèlement.

En parallèle, EDF s'intéressait à la filière eau légère développée aux USA :

- eau pressurisée (PWR) par Westinghouse, BW et Combustion Engineering
- eau bouillante (BWR) par Général Electric.

En coopération avec les électriciens belges, il fut décidé de construire le réacteur PWR de SENA (240 MWe) à Chooz à la frontière franco-belge et un réacteur PWR de 900 MWe (Tihange 1) en Belgique. Puis EDF a poursuivi par les commandes des PWR de Fessenheim et Bugey avant de décider de développer massivement les réacteurs à eau légère pour faire face au choc pétrolier de 1973.

A cette époque, deux filières étaient encore en compétition :

- la filière BWR proposée par GAAA, filiale de la CGE, licence Général Electric
- la filière PWR proposée par Framatome, filiale de Creusot-Loire, licence Westinghouse.

En 1975, le BWR a été définitivement écarté car présentant, outre des coûts et délais de construction 50 % supérieurs, des faiblesses en terme de sûreté aux yeux d'EDF et du CEA, entre autres :

- suppression d'une « barrière » à la radioactivité du cœur (les générateurs de vapeur) ce qui amène de la pollution radioactive à la turbine, donc à l'extérieur de l'enceinte réacteur,
- les barres de contrôle entrent par le fond de la cuve du réacteur et sont propulsées pneumatiquement lors d'un accident alors que dans le PWR elles chutent par gravité (système passif),
- l'architecture d'ensemble prévoit la piscine de stockage du combustible usé dans le bâtiment réacteur alors que le PWR dispose d'un bâtiment combustible indépendant et étanche.

Le choix définitif de la technologie PWR par la France se trouve d'ailleurs largement conforté par la comparaison des puissances électriques nucléaires aujourd'hui installées dans le monde ; la filière PWR (et VVER son équivalent russe) est largement majoritaire à 66 % contre 22 % pour la filière BWR.

En outre, le fait de ne retenir qu'un type de réacteur peut paraître aux yeux de certains comme un élément de faiblesse, mais en l'occurrence les effets positifs l'ont largement emporté, notamment par l'effet de série dont on verra plus loin les conséquences économiques, industrielles et surtout en terme de sûreté de l'ensemble du parc électronucléaire.

Comment s'est construit le parc nucléaire français ?

Pour simplifier, rappelons qu'une centrale nucléaire peut se diviser en trois parties :

- l'îlot nucléaire chargé de fournir de la vapeur (cuve, échangeurs, pompes formant le circuit primaire et les systèmes de refroidissement et de sauvegarde associés),
- l'îlot conventionnel chargé de transformer la vapeur en électricité (essentiellement le groupe turbo-alternateur, circuits secondaires et auxiliaires),
- le génie civil contenant l'ensemble, dont la salle de commande.

On ne traitera désormais que de l'îlot nucléaire, les deux autres parties se retrouvant aussi dans les centrales conventionnelles au charbon, fuel ou gaz, ne sont pas spécifiques aux centrales nucléaires.

Dans les années 70, les constructeurs d'îlots nucléaires à eau légère étaient tous américains ou licenciés des constructeurs américains (à l'exception des états soviétiques) et donc les normes applicables étaient américaines. Après l'accident de la centrale de Three Miles Island (TMI) en 1979, un brusque coup de frein a été donné à la construction de centrales aux USA et les normes américaines ont peu évolué depuis ou plutôt ont suivi l'évolution des normes adoptées par les pays ayant poursuivi la construction (France, Allemagne, Japon). En particulier, dès les années 1990 les sociétés Siemens / KWU et Framatome / Areva ont fusionné leurs ingénieries nucléaires pour :

- édicter des normes de sûreté communes pour la conception d'îlots nucléaires européens, ces normes ayant été approuvées par les autorités de sûreté des deux pays (Allemagne et France) et l'A.I.E.A,
- prendre en compte les accidents majeurs qui ont conduit à la fusion du cœur, TMI et Tchernobyl,
- concevoir et construire des réacteurs répondant à ces normes et en particulier l'EPR.

Par ailleurs des efforts de recherche importants ont été conduits dans le cadre de programmes communs mettant en œuvre les potentiels d'EDF, CEA, Areva et de leurs principaux partenaires : modèles physiques informatiques, tests à l'échelle, réacteurs de recherche, tests d'irradiation dans les réacteurs déjà exploités, Ces efforts ont été d'autant plus vite amortis qu'ils s'appliquaient à une série importante.

En effet, le parc nucléaire français est homogène, constitué de réacteurs de même technologie PWR, commandés et construits par séries, 34 réacteurs de 900 MWe, 20 de 1300 MWe, 4 de 1450 MWe, chaque « palier » étant une évolution du précédent avec prise en compte du retour d'expérience sur l'ensemble du parc en exploitation. L'effet de série s'est manifesté notamment par :

- l'amortissement d'une organisation adaptée à l'importance du projet,
- des tests de qualification grandeur nature,
- des procédures d'exécution très détaillées,
- des outillages spécialisés et automatisés permettant une grande fiabilité dans la fabrication,
- des méthodes de contrôle après réalisation très pointues,
- des délais respectés,
- et surtout un prix de revient optimisé.

Ainsi Framatome, a construit dès le milieu des années 70 une usine à Chalon-sur-Saône dédiée à la fabrication des gros composants primaires (cuves, générateurs de vapeur, et pressuriseurs) et à Jeumont pour les pompes primaires, le tout dimensionné pour 8 réacteurs / an (France et export).

Les équipes des constructeurs principaux et des sous traitants ont pris l'habitude de travailler ensemble pour favoriser l'avancement du chantier dans les conditions optimales de bonne fin.

La qualité des soudures entre tuyauteries et équipements primaires est essentielle et nécessite des formations spécialisées de soudeurs (MIG, TIG, soudures sous atmosphère inerte, « au plafond », automatisées, ...) et ces qualifications sont régulièrement vérifiées par des tests. Bien sûr chaque soudure est contrôlée par les moyens adéquats (radiographies, ultrasons, ressuage, ...) et fait l'objet d'une traçabilité exigeante, y compris au niveau des baguettes utilisées et des conditions de préchauffage éventuel. Le tout est contrôlé tant en usine que sur le site par le client (EDF), le service des Mines, la DRIRE, et les Autorités de Sûreté.

Mais plus généralement, de l'extraction du minerai d'uranium par Cogema, aux Autorités de Sûreté en passant par EDF, Alstom, Bouygues, Framatome, et tous leurs fournisseurs, c'est toute une filière nucléaire performante qui a été mise en place avec les financements correspondants aux ambitions du projet ; défi qui a été tenu puisqu'entre 1978 et 1989 près d'une cinquantaine de réacteurs ont été mis en service (sur 58 en service aujourd'hui), dont 6 en 1980, 8 en 1981, 5 en 1983, 6 en 1985.

Comment sont exploitées les centrales nucléaires ?

Dans certains pays ayant construit des centrales nucléaires (USA, Allemagne, par exemple) la centrale fait l'objet d'un contrat « clé en main » avec le constructeur principal (Général Electric, Westinghouse, Siemens) qui fournit à la fois l'îlot nucléaire et l'îlot conventionnel et s'associe à un génie civiliste pour le reste. De plus, en Allemagne, l'exploitant d'une tranche nucléaire remet « les clés » à Siemens pour effectuer la maintenance à chaque arrêt annuel et les reprend lorsque le réacteur a redémarré.

En France, l'organisation est toute autre. EDF, les principaux constructeurs (Framatome /Aréva, Alstom, Bouygues), les Autorités de Sûreté sont associées dès le début et sur toute la période de construction et de mise en service de la centrale. EDF maître d'œuvre assure la coordination de tous les intervenants et dispose donc d'une parfaite connaissance des installations par le biais de ses services d'ingénierie (SEPTEN, Régions d'Équipement, labos spécialisés,).

L'équipe qui sera en charge de l'exploitation arrive sur le site un an avant la première mise en service et venant bien souvent avec une expérience d'exploitation acquise sur une autre tranche. Les opérateurs reçoivent une formation correspondant à leurs responsabilités futures, doublée d'une expérience sur d'autres sites EDF ou étrangers, dans des organisations de sûreté françaises ou étrangères (AIEA, INPO), chez des fournisseurs d'équipements, etc.....

La standardisation et l'effet de série a permis à EDF de mettre à disposition sur chaque site un simulateur de fonctionnement grandeur nature de la salle de commande correspondant au type de réacteur exploité (900, 1300 ou 1400 MWe). Les opérateurs et le personnel d'encadrement ont obligation de s'y entraîner régulièrement et notamment avant de prendre de nouvelles responsabilités sur le site. Ces entraînements font partie des obligations de sûreté de l'exploitant vérifiées par les Autorités de Sûreté. Ces simulateurs sont aussi utilisés par des exploitants étrangers, notamment ceux des tranches vendues à l'export par la France.

Chaque centrale est reliée directement à un centre d'exploitation national appelé « dispatching » qui permet de réguler la production de chaque site en fonction de sa situation (technique, géographique, ...) de manière à répondre à la demande le plus localement possible. Ce centre dispose d'un outil informatique de prévision assez précis de la demande en fonction des événements qui peuvent l'influencer : conditions météorologiques, demandes étrangères, événements médiatiques régionaux ou nationaux (coupures économie d'énergie par exemple) Chaque centrale reçoit donc quotidiennement son programme de charge mais une certaine flexibilité reste possible pour palier aux imprévus (télé réglage par exemple). Si cette marge de manœuvre s'avère insuffisante il est fait appel à des moyens de production en réserve (turbines à gaz, hydraulique) ou procédé à des délestages et/ou à des appels de courant dans les pays limitrophes.

Ce fonctionnement « fluide » est possible par la présence d'un opérateur largement majoritaire, EDF, disposant de moyens de production suffisants et d'une gestion centralisée de son parc. Il est d'ailleurs à noter que la France n'a pas connu depuis longtemps des situations de « black out » comme il s'en produit encore assez souvent aux USA.

Comment sont gérés les incidents / accidents ?

Les incidents et les accidents sur les tranches nucléaires sont tous reportés à l'Autorité de Sûreté (ASN) avec un classement sur une échelle de gravité (INES) à 7 niveaux. Historiquement, cette échelle est inspirée de la première échelle à 6 niveaux mise au point en France suite à la réflexion lancée par le Conseil Supérieur de la Sûreté et de l'Information Nucléaire après l'accident de TMI. Ce classement est donné à l'origine par l'ingénieur de sûreté présent en permanence sur le site en cours d'exploitation. Il peut être revu, notamment en hausse par l'ASN après analyse des éléments constatés ou de leur évolution.

Les premiers niveaux (incidents) ne mettent en jeu que des matériels sans qu'il y ait impact radioactif sur des personnels de la centrale. A partir du niveau 4 on parle d'accident parce que l'impact sur les équipements est important mais surtout qu'il y a un impact sanitaire croissant par exposition à la radioactivité du personnel du site. Le haut de l'échelle correspond à des accidents où un impact sanitaire est constaté sur la population extérieure à la centrale. A titre d'exemple comparons les deux accidents de TMI et de Tchernobyl qui étaient identiques en terme de dégradation des équipements puisque les 2/3 du cœur du réacteur ont fondu dans les deux cas :

- l'accident de TMI a été classé au niveau 4 compte tenu du faible impact sanitaire sur la population, la radioactivité résultante étant restée contenue dans l'enceinte du réacteur en quasi-totalité,
- l'accident de Tchernobyl est classé au niveau 7 compte tenu des rejets radioactifs largement débordant le site de la centrale jusqu'aux pays voisins avec les irradiations de population associées ; il faut dire que le réacteur ne disposait pas d'enceinte de confinement digne de ce nom.

En France une organisation de crise accidentelle a été mise en place suite à l'accident survenu à la centrale de TMI en 1979. Dans ses grandes lignes :

- EDF a créé un Centre National de Crise (CNC) qui est directement connectable à chaque tranche du parc par des lignes dédiées, avec des pupitres de signalisation identiques à ceux de la salle de commande du site concerné,
- l'ASN, le CEA, l'IRSN, AREVA ont également un centre de crise relié chacun à celui d'EDF par des lignes dédiées,
- Tous disposent des données de sûreté mises à jour de chaque tranche et de modèles informatiques capables de prédire l'évolution de la situation en accéléré et donc de prévoir la réaction de la tranche à tel ou tel type d'intervention de manière à obtenir l'efficacité maximale,
- Le Préfet est relié à la centrale, aux Autorités gouvernementales, aux services de police, de gendarmerie, pompiers, SAMU, militaires, et unités spécialisées en radioprotection,
- Des plans d'évacuation ont été définis et mis en place (Plan Particulier d'Intervention et ORSEC - RAD),
- Des exercices de crise sont organisés régulièrement, généralement partiellement pour ne pas perturber exagérément la vie locale,
- L'analyse des résultats de ces exercices ou de toute autre crise accidentelle (nucléaires ou non) dans le monde peut amener une révision de cette organisation pour en améliorer l'efficacité.

Son fonctionnement est assez simple : à la survenue d'un accident, l'ingénieur de sûreté du site informe le PC de crise d'EDF et le Préfet. Le PC de crise EDF :

- alerte ses partenaires (ASN, Areva, CEA, IRSN),
- se connecte sur le site concerné et retransmet les informations à ces partenaires,
- envoie éventuellement un ingénieur sûreté supplémentaire sur site,
- mobilise ses experts qui viennent au PC de crise,
- informe ses partenaires internationaux (AIEA, INPO),
- met en place une cellule de communication pour les aspects liés au site.

Le Préfet :

- informe les autorités gouvernementales,
- alerte les services locaux sous son autorité (police, gendarmerie,),
- met en œuvre son réseau (y compris météo),
- met en place une cellule de communication pour les aspects extérieurs à la centrale ; évacuation, distribution d'iode, regroupements,

Cette organisation a bénéficié du retour d'expérience des accidents majeurs (TMI, Tchernobyl et prochainement Fukushima) et des exercices effectués régulièrement. Elle permet une gradation dans tous les moyens à mettre en œuvre en fonction de l'évolution des paramètres de la tranche et des conditions environnementales. Chacun a une mission prédéfinie, la communication est décentralisée au PC d'EDF et à la Préfecture. Les experts disposent dans leurs PC de crise des informations techniques en direct pour faire des prévisions et proposer des actions sans avoir à déranger l'opérateur ou les ingénieurs sûreté du site. Ceux-ci peuvent donc se concentrer sur les actions à mener.

Jusqu'à présent, cette organisation c'est montrée appropriée et efficace.

Qui fait la maintenance des centrales ?

En plus de la maintenance quotidienne propre à toute installation industrielle, une tranche nucléaire fait l'objet d'un arrêt de tranche (1 à 2 mois) tous les 14 à 18 mois, programmé en fonction de son utilisation précédente (usure de combustible), de la demande prévue et de la disponibilité des autres tranches. On remplace une partie (1/3 ou 1/4) du combustible et l'on profite de ce temps d'arrêt pour faire les vérifications des équipements et une maintenance plus approfondie, voire la mise en place d'améliorations décidées suite au retour d'expérience sur la tranche elle-même ou sur le parc dans son ensemble.

Tous les 10 ans, chaque tranche a une visite décennale à l'occasion d'un changement de combustible et les opérations de maintenance s'étalent alors sur des périodes plus longues pouvant aller jusqu'à 6 mois. Les vérifications, les contrôles sont plus exhaustifs et les interventions peuvent inclure des remplacements de gros équipements tels que les générateurs de vapeur sur les 900 MWe.

Ces opérations de maintenance annuelles ou décennales sont programmées en accord avec les autorités de sûreté et les sous-traitants qui interviennent sur les équipements sous la coordination de l'exploitant qui a la responsabilité de garder la tranche dans un état sûr.

Un point important à prendre en compte est la radioactivité des équipements sur lesquels on intervient et donc la dose que les intervenants sont susceptibles de recevoir. En France la dosimétrie du personnel est limitée à 20mSv/ an/homme. Encore une fois, l'importance et l'homogénéité du parc ont permis à EDF et à ses principaux fournisseurs de mettre au point des outillages largement robotisés, des méthodes d'intervention optimisées pour en réduire la durée et donc la dosimétrie globale et individuelle lors de ces opérations. A titre d'exemple, un centre d'entraînement à la maintenance (CETIC) a été créé très tôt à Chalon-sur-Saône avec des maquettes grandeur nature des équipements du circuit primaire permettant de tester les outillages/ robots, de développer et valider les procédures d'intervention et d'entraîner les opérateurs dans des conditions similaires à la réalité (hors radioactivité).

A priori tous les équipements primaires peuvent faire l'objet d'un remplacement y compris le plus gros, la cuve du réacteur (300 t) qui pourrait aussi bénéficier d'un traitement thermique in situ pour lui restituer ses qualités mécaniques, si nécessaire. La plus importante opération de ce genre effectuée jusqu'à présent concerne le remplacement de générateur de vapeur des 900 MWe. Ces équipements (3 par tranche) sont stratégiques car ils font une « barrière » radiologique entre le circuit primaire et le circuit vapeur qui passe à la turbine. Ils disposent d'une marge de puissance qui permet de boucher un certain nombre de tubes défectueux sans diminuer leur rendement. Mais au-delà d'un certain nombre de tubes bouchés, il est préférable, pour des raisons économiques et de sûreté, de les remplacer par des générateurs neufs. Au passage, le matériau des tubes qui était de l'Inconel 600 a été changé pour de l'Inconel 800 ou de l'Incaloy qui présentent une meilleure tenue à la corrosion sous tension (cette amélioration a profité aux paliers suivants dès leur conception).

Toutes les opérations d'arrêt de tranche font l'objet de contrôles, d'une traçabilité et d'une communication à l'ASN dont les représentants sont souvent sur site. C'est l'examen de ces comptes-rendus d'opérations et les résultats des essais de redémarrage qui permettent à l'ASN d'autoriser le fonctionnement de la tranche pour un nouveau cycle. Car en France, il n'y a d'autorisation de fonctionnement que pour un cycle, sachant que par ailleurs l'ASN a validé la conception, la réalisation des tranches et vérifié la qualification des opérateurs. Par exemple l'ASN a déjà ordonné l'arrêt de tranches sur la base d'incidents survenus suite à des avaries de matériels, mais aussi de mauvaises réactions d'opérateurs ou d'organisation générale défaillante du personnel de la tranche.

A contrario une prolongation de la durée de vie des tranches d'une série peut intervenir à titre générique à condition que chaque tranche démontre, comme auparavant et à chaque début de cycle, qu'elle dispose des qualités de sûreté définies pour ce type de réacteur.

Que fait-on des déchets nucléaires ?

Toute activité produit des déchets industriels partiellement recyclables ; en France ils représentent 2500 kgs par an et par habitant, dont 10% sont toxiques.

Les déchets nucléaires y contribuent pour 1 kg toutes sources confondues (production d'électricité, recherche, industrie, santé). Ils peuvent être caractérisés par :

- leur radioactivité, c'est l'impact potentiel sur l'homme et l'environnement mesuré en becquerels (Bq), soit une désintégration par seconde
- leur décroissance ou période, c'est le temps nécessaire à une diminution de moitié de leur radioactivité,

et classé en trois catégories principales :

1. déchets de faible activité à vie courte (période inférieure à 30 ans) 0,9 kg par an/habitant, issus principalement des opérations de maintenance (gants, chiffons, filtres, petit matériel,) et des laboratoires de médecine ou industriels. Généralement conditionnés sur le site de production dans des fûts en béton eux mêmes stockés dans des alvéoles en béton du site de surface de l'Aube. Après 300 ans, soit 10 périodes, la radioactivité ayant suffisamment décliné, le site peut être rendu au domaine public.
2. Déchets de moyenne et haute activité à vie longue (plus de 30 ans) 0,1 kg/an/habitant, issus du traitement des effluents et des combustibles. Conditionnés dans des matrices (bitume, béton, verre) ils sont stockés provisoirement sur le site de La Hague pour refroidissement et en attente de la mise à disposition d'un centre de stockage de subsurface (quelques centaines de mètres) de géologie adéquate (granit, argile)
3. il faudra ajouter ultérieurement les déchets de très faible activité provenant du démantèlement des installations nucléaires (béton, gravats, ferrailles,)

Les centres de stockage sont financés proportionnellement par les producteurs de déchets (EDF, CEA, industrie, labos,) construits et gérés par l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA). Chaque « colis » stocké fait l'objet d'une traçabilité importante. Pour réduire le volume de déchets et donc le coût de leur stockage, la France a décidé depuis l'origine de retraiter les combustibles usés dans l'usine de La Hague. Ce traitement permet donc d'en recycler 96 % en uranium et 1 % en plutonium, soit dans les combustibles Mox réintroduits dans les centrales existantes, soit dans les réacteurs rapides de la future génération 4. Les 3 % restant sont conditionnés et stockés sur le site de La Hague provisoirement. Un programme de recherche sur leur transmutation en déchets à vie plus courte est en cours.

A l'horizon 2020, pour la France, les déchets cumulés de moyenne et de haute activité conditionnés représenteront 60 000 m³, soit un cube de 40 m de côté ou l'équivalent de 2 piscines olympiques.

L'amortissement de La Hague est accéléré par le traitement de combustibles étrangers (dont allemands) qui après conditionnement sont retournés dans leur pays d'origine.

En conclusion, l'industrie de production d'électricité nucléaire s'est souciee très tôt de la gestion de ses déchets en recyclant (transmutant ultérieurement), en confinant et en stockant dans des sites gérés par une Agence indépendante.

Chaque année sont ainsi évitées :

- 280 000 000 tonnes de CO² (effet de serre)
- 2 500 000 tonnes de SO² (pluies acides)
- 700 000 tonnes de NO² (pluies acides)
- 50 000 tonnes de poussières diverses (fumées)

soit **283 250 000 tonnes** (deux cent quatre vingt trois millions de tonnes) de déchets toxiques qui se seraient retrouvés dispersés dans l'atmosphère en cas de production d'électricité par combustibles fossiles.

On notera au passage que la toxicité des déchets radioactifs décroît naturellement, contrairement à la toxicité des déchets industriels, que leur toxicité est d'autant plus faible que la période est grande, que le volume des déchets produits est inversement proportionnel à leur taux de radioactivité.

Quand arrêter définitivement les centrales ?

Europe Écologie Les Verts, Greenpeace, et autres associations écologiquement correctes réclament l'arrêt des réacteurs de Fessenheim au prétexte qu'ils sont les plus vieux de France. Voilà un réflexe « consumériste » qui n'est pas compatible avec un esprit de développement durable dont lesdits écologistes se targueraient d'être les champions.

En fait, il n'existe pas de « date de péremption » définie pour chaque centrale. Il est vrai que le rapport de sûreté établi par le maître d'ouvrage pour obtenir de l'Autorité de sûreté (ASN) la première mise en service, comporte une durée de vie de conception (30, 40, 60 ans pour les derniers modèles) ; il en faut bien une, ne serait ce que pour évaluer l'intérêt économique du projet. Elle sert aussi dans l'analyse du comportement des équipements pendant cette durée de vie prédéterminée, mais à chaque arrêt de tranche annuel et de manière encore plus approfondie lors des arrêts décennaux, les équipements sont évalués ainsi que la sûreté de l'ensemble de la centrale. C'est la condition nécessaire pour obtenir l'autorisation de redémarrer de l'ASN.

Si l'ASN conditionne cette autorisation à la mise en œuvre d'améliorations ou à des remplacements d'équipements suite à une inspection sur la centrale elle-même ou suite au retour d'expérience sur toute autre centrale française ou étrangère, l'exploitant évalue le coût de ces améliorations et juge de l'intérêt économique de les mettre en œuvre ou décide d'arrêter définitivement la centrale.

La question n'est donc pas de savoir si une centrale est vieille mais si elle est sûre pour continuer à fonctionner.

La sûreté des centrales est constamment améliorée par la prise en compte du retour d'expérience sur les parcs nucléaires français et étrangers dans le cadre d'accords et d'organismes internationaux (AIEA, INPO, WANO). La connaissance du comportement des équipements est sans cesse évaluée par des examens destructifs et non destructifs qui permettent d'affiner les modèles de calcul et de préciser les marges de sécurité en fonction du temps. A titre d'exemple, des « éprouvettes » métalliques placées près du cœur du réacteur informent en accéléré sur le comportement de la cuve sous irradiation et permettent ainsi d'étendre la durée de vie de cet équipement. Cette démarche adoptée sur l'ensemble de la centrale permet de démontrer à l'ASN la faisabilité d'une extension de vie ou de prendre en compte dès la conception des durées de vie plus importantes lors de la mise au point de nouveaux modèles.

En conclusion, il ne faut surtout pas arrêter les centrales au seul prétexte qu'elles sont « vieilles », mais les suivre avec attention pour mettre en évidence les effets du vieillissement et d'en tirer les enseignements pour prévenir les « maladies » qui pourraient survenir sur leurs plus jeunes sœurs, puisque nous avons la chance d'avoir un parc de centrales homogène déduit par extrapolation du 900 au 1600 MWe.

C'est tout l'intérêt du retour d'expérience (à condition bien sûr de bénéficier de cette expérience, ce qui n'a pas été possible dans le domaine des réacteurs « rapides » suite à l'arrêt prématuré de Superphénix).

Quand et comment démanteler les centrales ?

Après les périodes de construction puis d'exploitation, l'arrêt définitif de la tranche marque le début de la période de déconstruction, toujours sous la responsabilité d'EDF maître d'ouvrage et dans un cadre réglementaire très strict : après une enquête publique et avis de l'Autorité de Sûreté, un décret d'autorisation de déconstruction totale de l'installation est signé par le Gouvernement. Le contrôle de l'Autorité de Sûreté continue tant qu'il subsiste une radioactivité significative sur le site.

Dès 2001, EDF a créé une unité d'ingénierie dédiée à la déconstruction et l'environnement, le Ciden (600 salariés) qui a suivi les déconstructions à l'étranger, notamment aux USA et en France G1 et G2 à Marcoule. La déconstruction se déroule généralement sur une vingtaine d'années où l'on distingue 3 phases principales :

1. la mise à l'arrêt définitif qui consiste à ôter au plus tôt le maximum de radioactivité en déchargeant le combustible qui sera envoyé pour retraitement à La Hague, en vidangeant et en décontaminant les circuits, soit plus de 99 % de la radioactivité présente sur le site. Ce type d'opérations est couramment réalisé en exploitation normale, notamment lors des visites décennales,
2. Le démantèlement partiel qui concerne les équipements et les bâtiments conventionnels (groupe turbo- alternateur et circuits associés, équivalent à des friches industrielles) à l'exception du bâtiment réacteur, les déchets étant conditionnés sur le site et évacués vers les centres de stockage agréés.
3. Le démantèlement total des équipements à l'intérieur du bâtiment réacteur et le bâtiment réacteur lui-même, puis conditionnement et évacuation des déchets vers les sites agréés. 80 % des déchets conventionnels produits sont non radioactifs et recyclés.

Au final le site peut être rendu au domaine public mais généralement EDF préfère le garder compte tenu de sa situation géographique stratégique pour d'éventuelles utilisations ultérieures.

Actuellement, 9 réacteurs définitivement mis à l'arrêt sont en cours de déconstruction par EDF :

- Brennilis, réacteur à eau lourde de 70 MWe
- Chinon A1, réacteur graphite - gaz, 70 MWe transformé en musée
- Chinon A2, réacteur « « , 210 MWe
- Chinon A3, « « « , 480 MWe
- St Laurent A1, « « « , 480 MWe
- St Laurent A2, « « « , 515 MWe
- Bugey 1, « « « , 540 MWe
- Chooz A, réacteur PWR de 240/310 MWe
- Creys Malville, réacteur rapide de ,1200 MWe

Comme on peut le constater, ils sont de plusieurs technologies (4) et de taille /modèles différents, donc induisent un retour d'expérience limité.

Un centre de formation dédié aux métiers de l'environnement et de la déconstruction a été créé dès 2001 pour former les intervenants, jeunes ingénieurs ou personnel plus expérimenté ayant participé à la construction et à la maintenance des centrales, notamment chez les constructeurs.

Garantir la protection radiologique est essentielle dans les opérations de déconstruction avec pour objectifs :

- d'éviter la dissémination de produits radioactifs dans l'environnement,
- de réduire au maximum l'exposition des intervenants.

Depuis 1996, EDF s'est fixée la limite de 20 mSv par homme et par an, comme dans les opérations de maintenance. Ici encore l'homogénéité du parc dû à la standardisation des tranches par « paliers » permettra d'amortir facilement les travaux de recherche sur :

- l'optimisation des procédures,
- le développement d'outillage commandés à distance, outillages de décontamination poussée,...
- des ateliers de compactage des déchets, fusion des déchets métalliques stockés sous forme de lingots,
- l'exploitation du retour d'expérience, y compris international.

Le prix de KW/h facturé au client inclut une contribution au coût de la déconstruction des tranches nucléaires. Aujourd'hui, 10 milliards d'euros sont provisionnés dans les comptes d'EDF et cette réserve s'incrémente à chaque KWh vendu.

Quel est l'avenir de la production nucléaire d'électricité ?

EDF est aujourd'hui le leader mondial de la production d'électricité nucléaire avec 87 % de sa production totale en 2009 ; si l'on ajoute 9 % d'électricité fournie par l'hydraulique, c'est 96 % de l'énergie électrique produite sans émission de gaz à effet de serre. De plus cette énergie produite est compétitive puisque 30 % moins chère qu'en Belgique et 50 % de moins qu'en Allemagne, ce qui est un atout essentiel pour notre industrie. Comment s'explique cette compétitivité ?

D'abord par la construction d'un parc de 58 tranches standardisées en « paliers » de 900 et 1300 Me principalement. Cette fabrication en série permet des coûts de fabrication réduits et le décalage de 12 à 16 mois des tranches sur le même site est idéal pour les constructeurs puisqu'ils ont une présence continue pendant 6 ou 7 ans pour une centrale de 4 tranches (locaux, équipements, fournitures diverses, coordination entre les équipes). Ainsi les coûts de construction étaient réduits d'un facteur 2 par rapport à l'Allemagne, de 60 % par rapport au Japon et de 45 % par rapport à la Belgique.

Ensuite il faut prendre en considération la mise en place de toute une « filière nucléaire », de l'extraction du minerai d'uranium au retraitement des combustibles en passant par le maître d'ouvrage/exploitant EDF, les principaux constructeurs Framatome et Alstom, les autorités de sûreté pour ne citer qu'eux. La volonté de tous ces acteurs de relever le défi de cette réalisation a notamment permis de tenir et même d'améliorer les délais de construction, donc de réduire d'autant les importations de pétrole à un prix très élevé à l'époque.

Un autre des avantages de la standardisation est le retour d'expérience qui permet de prévenir la survenue d'incidents sur l'ensemble du parc, d'améliorer les procédures de fonctionnement normales et accidentelles, d'accroître l'expérience, les compétences et la réactivité des opérateurs eux mêmes. Car en plus l'exploitant est unique, ce qui ne se rencontre dans aucun autre pays nucléarisé ; Victor Stelin, alors président des Autorités de Sûreté américaines résumait cette situation ainsi : « En France vous avez 400 fromages et un modèle de centrale nucléaire ; chez nous c'est l'inverse ! » On a aussi noté au chapitre de la maintenance la réduction des coûts et de la dosimétrie des intervenants associés à cette standardisation. A l'exception de quelques éléments qui ont d'ailleurs été remplacés sur les 900 MWe (générateurs de vapeur, couvercles de cuve) ce parc nucléaire vieillit plutôt bien et verra sa sûreté accrue après la prise en compte du retour d'expérience de Fukushima comme l'a demandé l'ASN. L'entretien et la sûreté étant correctement assurés, il est possible d'envisager une prolongation de la vie de ces tranches comme cela a été fait aux USA sur les tranches de référence.

Toutefois, il faut bien imaginer qu'il faudra un jour arrêter des tranches principalement pour des raisons économiques associées à un « acharnement » de remplacement d'équipements. En plus, il existe un nouveau modèle dit de troisième génération mis au point en coopération entre Areva, Siemens et les électriciens français et allemands. C'est l'EPR (European Pressurized Water Reactor) qui a reçu l'agrément des autorités de sûreté des deux pays et qui bénéficie des normes européennes approuvées par l'AIEA. Ses performances de sûreté sont accrues par rapport aux réacteurs actuellement en exploitation par la prise en compte du retour d'expérience de Tchernobyl :

- déjà très faible sur les réacteurs en fonctionnement, la probabilité d'un accident grave est réduite d'un facteur 10 notamment par redondance des circuits de sauvegarde,
- mise en place d'un récupérateur de corium (mélange de combustible et de ferrailles fondues) en cas d'accident grave,
- protection des risques externes par une coque en béton sur le bâtiment réacteur, bâtiment du combustible, salle de commande et systèmes de sauvegarde,
- Pas de rejet de radioactivité en dehors du site en cas d'accident grave.

Ces améliorations représentent évidemment un coût de construction supplémentaire qui a été partiellement compensé par :

- un effet de taille en augmentant la puissance à 1650 MWe,
- La durée de vie est de 60 ans.,
- Une disponibilité améliorée de 10 % par des dispositions permettant de faire une partie de la maintenance en fonctionnement,
- une meilleure utilisation du combustible (-17 % en consommation avec -30 % de déchets).

Elles résultent du bon fonctionnement du parc actuel, du retour d'expérience d'exploitation et des résultats des programmes de recherche qui ont permis d'améliorer les marges de sûreté.

EDF a pris la décision en 2006 de construire un prototype (Flamanville 3) et après instruction du dossier par l'ASN, le gouvernement a signé le décret d'autorisation de construction en avril 2007. Dans l'esprit d'EDF, cette nouvelle tranche sera la tête de série de nouveaux paliers en remplacement progressif des réacteurs actuels, comme les tranches de Thiange et Fessenheim l'ont été pour les paliers 900 MWe en fonctionnement aujourd'hui.

Cette nouvelle étape resserra les maillons de cette filière nucléaire un peu relâchés faute de constructions nouvelles. La gamme des modèles construits en France sera suffisamment large pour offrir à l'exportation ce qui convient à la demande du futur exploitant. Les succès passent par une organisation où EDF serait fer de lance, éventuellement avec des prises de participation aux cotés de l'exploitant local, associé à ses partenaires habituels, sans omettre la formation des exploitants, l'aide directe à l'exploitation et à la maintenance, un retour d'expérience commun (owners group) et la mise en place d'Autorité de Sûreté locale avec le concours de notre Autorité de Sûreté Nucléaire. C'est notamment ce qui se fait avec les clients chinois et qui aurait pu se faire avec le Qatar.

Mais on ne devient ni ne reste le leader mondial d'une technologie par hasard. Pour reprendre l'analogie de feu préhistorique du début de ce document, le bûcher a beau être bien préparé, il ne s'enflammera généralement pas spontanément (même en Provence ou en Corse quoiqu'on en dise). Encore faut il qu'une petite étincelle vienne toucher l'amadou et qu'un souffle ou une légère bise se lève pour l'activer et donner une belle flambée ; au petit matin il faudra de nouveau souffler pour ranimer la flamme.

Dans le sujet qui nous concerne, les esprits scientifiques étaient très en éveil à la fin du XIX^e siècle et début du XX^e siècle, en témoignent les progrès réalisés à cette époque. L'étincelle est venue de nos prix Nobel : Becquerel, les Curie, Joliot et autres chercheurs, en attendant le souffle, un esprit visionnaire qui donne un coup de pouce, une envolée pour placer cette industrie sur orbite. Avec du recul, on peut penser que le Général de Gaulle a joué un rôle de visionnaire, non seulement dans le domaine de la stratégie géopolitique (dissuasion nucléaire, décolonisation, Europe, reconnaissance de la Chine) mais aussi dans la production nucléaire d'électricité, en créant dès la fin de la guerre le CEA avec pour mission de développer TOUTES les formes d'applications de ces découvertes. Après les pionniers tel Blériot qui ont ouvert la voie, il a récidivé avec le Concorde qui a beaucoup apporté à l'aéronautique moderne dont Airbus est aujourd'hui le leader mondial.

En tout cas notre industrie nucléaire est devenue une belle pépite que bien des pays nous envient, eux qui n'ont que du plaqué or à opposer. Mais la France doit assumer ce destin nucléaire, maintenir cet héritage actif et efficace pour le transmettre aux générations futures pour leur bien et celui de la planète; l'énergie nucléaire est appelée à jouer un grand rôle dans la lutte contre les gaz à effet de serre et les dérèglements climatiques associés, mais il faudra régulièrement ranimer la flamme pour que super Phénix renaisse de ses cendres.

Nucléaire civil et militaire, même combat ?

« On peut concevoir que, dans des mains criminelles le radium puisse devenir très dangereux et ici, on peut se demander si l'humanité a davantage à connaître les secrets de la nature, si elle est mûre pour en profiter ou si cette connaissance ne lui sera pas nuisible [] . Je suis de ceux qui pensent avec Nobel que l'humanité tirera plus de bien que de mal des découvertes nouvelles ». Pierre Curie dans son discours d'acceptation du prix Nobel pour sa découverte de la radioactivité au début du XX^e siècle.

Frédéric Joliot-Curie aurait pu reprendre ces phrases à son compte avec un facteur mille après la découverte de la réaction nucléaire en chaîne en 1939. L'explosion quelques années plus tard de deux bombes atomiques sur le Japon, témoigne de la clairvoyance de Pierre Curie. Il faut toutefois admettre que cette explosion a mis fin à une guerre sanglante et fait espérer qu'on ne reverrait plus de tels conflits. Mais ce fut aussi la justification d'une course à l'armement atomique entre les deux blocs Est et Ouest dans le cadre d'une guerre dite « froide » qui a quand même réussi de justesse à éviter un nouveau conflit mondial. Des mouvements antinucléaires (tels que Greenpeace) sont apparus pour dénoncer, à juste raison, l'épée de Damoclès que constituaient ces nouveaux arsenaux ainsi que la réalisation d'essais atmosphériques puis souterrains pour qualifier des modèles de bombes de plus en plus puissantes et sophistiquées.

A la même époque, la production nucléaire d'électricité démarrait et cette coïncidence a provoqué une confusion de ces deux applications civile et militaire dans l'esprit du public. A tort car, indépendamment du fait que la réaction nucléaire en chaîne est utilisée dans les deux cas (comme la biologie est utilisée en médecine et aussi dans la production d'armes bactériologiques) ces deux activités sont bien distinctes lorsqu'elles coexistent et pour les raisons principales suivantes :

- L'enrichissement des matières fissiles est de 3 à 5 % pour la production d'électricité et de l'ordre de 90 % en application militaire.
- La mise en œuvre de la réaction en chaîne est instantanée et incontrôlée dans une bombe alors qu'elle est contrôlée dans un réacteur nucléaire, ce qui fait appel à des concepts très différents en particulier la configuration géométrique des matières fissiles.
- Certaines filières de réacteurs nucléaires sont proliférantes dans la mesure où elles permettent de produire du plutonium de « qualité militaire », mais les réacteurs à eau légère n'en font pas partie.
- Il est bien évident que les activités militaires sont classées « confidentiel défense », isolées à l'intérieur d'une Direction des Applications Militaires du CEA qui a ses propres sites et donc bien séparées des activités civiles car il est impensable d'habilitier « Défense » tous les personnels du CEA, EDF, Areva, Cogema, en gardant l'aspect « confidentiel ».
- Les pays disposant officiellement de l'arme nucléaire (USA, Russie, France, Grande Bretagne, Chine) n'ont pas attendu la construction des réacteurs de puissance (électrogènes) pour se doter d'un arsenal conséquent ; inversement les pays possédant officieusement cette arme (Israël, Corée du Nord ?, ...) ne disposent pas de centrales nucléaires de production d'électricité.

A contrario, les réacteurs nucléaires peuvent contribuer à brûler les réserves de plutonium « militaire » en le diluant dans des assemblages Mox, plutonium qui de toute façon se dégrade et perd sa qualité militaire avec le temps. De tels assemblages ont déjà été fabriqués par Areva avec du plutonium américain et cette application ne peut qu'être encouragée.

Avec la fin des essais nucléaires et un accord des deux Grands pour limiter les arsenaux d'armes atomiques, les mouvements antinucléaires ont vu disparaître leur principale et crédible cible de revendication et par là même leur raison d'être. D'ailleurs certains fondateurs historiques de Greenpeace ont changé de bord et soutiennent la production nucléaire d'électricité comme une énergie propre et apte à remplacer les énergies fossiles productrices de gaz à effet de serre, preuve de leur honnêteté intellectuelle (actuel président d'EFN-CANADA, Association Écologiste pour le Nucléaire).

D'autres, en assimilant les centrales nucléaires à des bombes, tentent de raviver la peur du nucléaire civil qu'ils ont fait naître dans l'esprit du public et s'accrochent comme à une bouée de sauvetage à chaque accident / incident quand ils ne les provoquent pas à la grande joie des médias, leurs plus fervents supporteurs (blocage des transports de déchets radioactifs, attaque commando de Greenpeace sur 8 sites simultanément, un seul ayant pu être forcé par surprise, ...). L'accident de Fukushima reste aussi une formidable aubaine dans cette entreprise de récupération.

Mais les Français ne s'en laissent pas conter car ils connaissent bien leur parc de centrales nucléaires qui depuis plus de 30 ans leur fournit une énergie abordable, sûre, sans gaz à effet de serre et maîtrisant ses déchets. Ils font confiance au savoir faire et à l'expérience sans cesse croissante de ceux qui l'ont construit, de ceux qui l'exploitent, de ceux qui contrôlent l'ensemble de la filière. Ils ne sont pas prêts à échanger cette pépite contre deux dizaines de députés à l'Assemblée (*). Ils sont dans la droite ligne de Pierre Curie en tirant plus de bien que de mal de cette formidable énergie nucléaire que nous offre la nature, sans oublier les bienfaits de notre soleil, lui même un immense réacteur nucléaire.

*Les socialistes ont coutume de donner des gages aux antinucléaires pour prendre les rênes du pouvoir : F. Mitterrand a annulé l'autorisation de construction de Plogoff, L. Jospin a arrêté et fait démanteler Creys Malville, F. Hollande demande l'arrêt de 20 tranches d'ici 2020, sous la pression de la direction de son parti. Cela ressemble un peu à la Grande Braderie de Lille, non ? Voir aussi annexe Michel Rocard « Les point sur les i », préfacée par François Hollande.

Que dire aux opposants au nucléaire ?

Lobby nucléaire et manque de transparence

On ne peut reprocher à quiconque de défendre ses idées et ce d'autant plus fort qu'existe une opposition avec des idées contraires. Qu'on appelle cela lobby, sphère d'influence, association pour, contre, c'est de la sémantique. D'autre part, la création en 1957 de l'European Atomic Energy Community (EURATOM) chargé de favoriser les échanges entre les 6 pays européens signataires dans l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire, a contribué à développer ce travail de réseau, ce qui a pu aussi faire penser à un lobby. Ce terme n'a pas dans ce cas la même connotation péjorative que lui prêtent souvent les opposants et les médias.

Depuis la fin du XIX^e siècle les découvertes scientifiques se sont accélérées dans les technologies, l'automobile, l'astronomie, l'aéronautique, la médecine, l'informatique,, si bien que le commun des mortels n'a pu suivre l'ensemble de ces évolutions et s'est trouvé coupé, isolé d'un monde de « spécialistes » qui ont développé un langage propre à chaque discipline. On peut alors qualifier cela de manque de transparence, mais n'oublions pas non plus que ces découvertes débouchent sur des produits industriels souvent brevetés et dans des domaines concurrentiels où chacun se doit de préserver ses avantages distinctifs.

En ce qui concerne l'industrie nucléaire civile, les principaux acteurs (CEA, EDF, AREVA, ANDRA, ADEME) ont fait un gros effort didactique depuis plus de 20 ans et mis une nombreuse documentation à disposition du public. Régulièrement des « portes ouvertes » sont organisées où des spécialistes répondent aux questions. Les sites Internet sont abondants et correctement alimentés, y compris par des écologistes favorables au nucléaire (www.ecolo.org qui a pour ambition de diffuser une information honnête et objective sur l'énergie). On peut cependant regretter que ces technologies nucléaires n'aient pas pénétré suffisamment le cursus scolaire et universitaire, sans doute à cause d'une opposition dogmatique du corps enseignant et plus généralement de l'Éducation Nationale.

Les commissions parlementaires émettent des rapports fort bien faits et objectifs à l'occasion des débats publics sur ce sujet (loi Bataille sur les déchets par exemple), des commissions locales d'information (CLI) ont été créées par EDF et les acteurs locaux (élus, associations, ...) autour de chaque centrale pour promouvoir et améliorer le dialogue entre le site et son environnement. L'Autorité de Sûreté Nucléaire met en ligne les résultats de ses investigations site par site ainsi que son rapport annuel sur la sûreté du parc nucléaire. Les opposants y puisent d'ailleurs généreusement pour alimenter le « buzz » dans les médias mais sans aller jusqu'à inciter le public à aller voir leurs sources pour constater que par ailleurs la sûreté du parc nucléaire n'est pas si mauvaise et en constante amélioration.

Comme « il n'est pas plus sourd que celui qui ne veut pas entendre », et la science n'étant pas infuse, il est nécessaire de prendre le temps d'assimiler l'information largement disponible avant de juger de la transparence de la filière nucléaire française. Ce document n'est, en fait, qu'un « digest » d'une partie de cette information.

Parc surdimensionné

Le pétrole peu cher d'avant 1973 avait donné de mauvaises habitudes de consommation et le premier choc pétrolier a eu de ce point de vue un effet bénéfique en poussant aux économies d'énergie et à la recherche d'une meilleure efficacité énergétique.

A posteriori on peut reconnaître que la décision de construire notre parc nucléaire était et reste une réponse adaptée et efficace qui a eu pour effets :

- une reconversion de certains procédés industriels vers l'électricité, donc moins polluants,
- le développement d'un chauffage électrique associé à une isolation renforcée,
- la récupération d'une certaine indépendance énergétique,
- une balance commerciale moins déséquilibrée
- le remplacement d'une production d'électricité émettrice de gaz à effet de serre par une énergie propre et bientôt renouvelable.

Les événements récents montrent que ce parc n'est pas surdimensionné. Début 2011 la puissance électrique totale installée en France était de 97 200 MWe et le record de consommation vient d'être battu (8 février 2012) à 101 700 MW, soit un déficit de l'ordre de 5 % comblé par nos voisins notamment anglais et allemands, au prix fort.

Heureusement cette situation ne se présente que de manière occasionnelle et spécialement en période de grand froid. Pour le reste de l'année les capacités excédentaires sont exportées vers nos voisins au bénéfice de tous :

- EDF vend plus cher qu'en France, amortit plus rapidement ses installations, évite la pollution venue de nos voisins (pluies acides des centrales au lignite), moins de déséquilibre de la balance commerciale,

- Les importateurs trouvent une électricité moins chère que leur production locale, pas d'investissements dans de nouvelles capacités, moins de pollution locale,
- c'est l'embryon d'une politique énergétique européenne.

D'ailleurs cette marge est décroissante et nécessaire à une bonne exploitation du parc. Elle permet de placer au mieux les périodes de maintenance et notamment les grosses interventions (remplacements de générateurs de vapeur par exemple). Elle permet aussi la construction sereine, et sans contrainte de délais exigeante du prototype EPR de Flamanville 3 qui servira de tête de série pour le futur palier en remplacement des premières tranches 900 MWe.

En fait EDF n'a pas découvert la problématique du dimensionnement et de la gestion d'un parc de production avec l'introduction du nucléaire, puisqu'elle exerce ses activités sur l'ensemble du parc français depuis sa création en 1946.

[Le prix de l'électricité va augmenter](#)

Les médias se sont faits récemment l'écho d'une rumeur (ils aiment ça) selon laquelle l'électricité augmenterait d'environ 30 % dans les 5 ans à venir. Est-ce un scoop ? Sûrement pas.

Cette augmentation est prévisible et inévitable :

- déjà une inflation annuelle de 1,5 à 2 % donne 8 à 10 % d'augmentation sur 5 ans.
- l'obligation faite à EDF d'acheter l'électricité produite par l'éolien et par le photovoltaïque, 8 fois plus cher que celle produite dans ses centrales est déjà sensible sur les factures d'électricité*.
- ce qui conduit EDF à faire des investissements elle-même dans ces moyens de production pour respecter les engagements du Grenelle de l'Environnement.
- l'amélioration du réseau de distribution, retardée par les opposants au passage de lignes HT ou affaibli par défaut de production locale en Bretagne.
- la prise en compte des améliorations de sûreté demandées par l'ASN suite au retour d'expérience de Fukushima
- le financement de la construction du prototype de l'EPR à Flamanville.
- le remboursement de la dette de construction restant au bilan d'EDF.

Mais qui aujourd'hui peut dire quelle sera dans le même temps l'augmentation du prix du baril de pétrole, du fuel à la pompe, du gaz indexé sur le pétrole ? (Souvenez vous des récentes augmentations du gaz heureusement limitées par le Gouvernement). Est-ce que l'on n'aura pas un nouveau choc pétrolier dû à une guerre Iran / Israël qui enflammerait le Moyen Orient, ou les pays de l'OPEP toujours plus avides de pétrodollars, ou la Russie de l'ami Schröder laminant sa livraison de gaz pour faire pression sur l'Allemagne et donc sur la construction d'une Europe politique prise en étau entre l'ex bloc soviétique et le monde Anglo-saxon ?

Avec cette dépendance on est pieds et poings liés, on ne peut rien prévoir et surtout pas le prix de ces énergies compte tenu de la demande des pays asiatiques. Tout est possible, il suffit d'un peu d'imagination.

Sur cette période de temps, les économies d'énergie cumulées aux énergies renouvelables ne sont pas capables de remplacer l'arrêt de quelques centrales 900 MWe. Mais avec la production d'électricité nucléaire nous sommes totalement indépendants et nous savons où nous allons en terme de coût du Kw/h (qui, rappelons le, inclut une contribution à la déconstruction et au stockage de déchets) : nous sommes et resterons de 30 à 50 % moins chers que nos voisins.

[Dépendance vis à vis des ressources d'uranium](#)

L'uranium est un élément largement répandu sur la croûte terrestre (et dans les océans mais son exploitation, expérimentée par le Japon, est encore aujourd'hui trop coûteuse). La France a découvert l'uranium dans le Massif Central et y a exploité ses premières mines fermées depuis. En effet, des gisements de teneur et de capacités plus importantes ont été découverts qui ont permis à Cogema / Areva de diversifier ses sources d'approvisionnement ; elle exploite des mines au Niger, Gabon et Canada, l'Australie est exportatrice ainsi que les USA et la Russie. De plus le retraitement des combustibles usés permet de recycler 1 % de plutonium et 96 % d'uranium qui contient encore plus de 1 % d'uranium 235 alors qu'à l'état naturel il n'en contient que 0,7 %. On peut facilement stocker ces matériaux fissiles dans un faible volume et pour plusieurs années, voire une décennie de production, ce qui permet de s'affranchir de coupures d'approvisionnement ou de spéculations sur le minerai (1 g. de plutonium produit la même énergie qu'1 tonne de pétrole).

D'autre part, la filière des réacteurs à neutrons rapides ou surgénérateurs peut fournir de l'électricité tout en produisant plus de matériau fissile qu'elle n'en consomme. Le CEA a étudié cette filière et exploité le

* Les surcoûts des énergies renouvelables font froid dans le dos en cette période de rigueur budgétaire : 1 milliard d'euros pour l'éolien terrestre, 2 milliards d'euros pour l'éolien offshore, 2,5 milliards d'euros pour la filière photovoltaïque, 1 milliard d'euros pour la filière biomasse, et 450 millions pour la cogénération, soit 7 milliards d'euros au total par an (IRENE INFOS/ACTU ENVIRONNEMENT/Energies renouvelables : 7 milliards par an pour les Français).

réacteur prototype Phenix d'une puissance de 233 MWe. EDF a construit un surgénérateur industriel de 1200 MWe, Superphenix, qui après sa mise en service industrielle a été arrêté et démantelé suite à un accord électoral passé entre Les Verts (D. Voynet) et le Parti Socialiste (L. Jospin) à l'occasion des élections législatives de 1997 et la cohabitation qui s'en suivit. A cette occasion la France a perdu l'avance considérable qu'elle avait prise dans la connaissance de cette filière qui depuis fait partie des types de réacteurs de génération 4 actuellement en cours d'évaluation par un panel international d'experts.

Enfin le Thorium est un élément fertile encore plus répandu que l'uranium sur la croûte terrestre. Ce matériau peut devenir fissile après bombardement neutronique lorsqu'il est mis en périphérie d'un réacteur, notamment à neutrons rapides. Un réacteur expérimental a fonctionné avec des combustibles au thorium aux USA (Shippingport, conçu et réalisé par l'Amiral Rickover, par ailleurs concepteur et réalisateur du premier sous-marin nucléaire américain de technologie PWR).

Il n'y a donc aucun risque de pénurie de matériaux fissiles pour alimenter les centrales nucléaires, contrairement aux sources d'énergies fossiles, charbon, pétrole, gaz et bois.

EPR compliqué, difficile à construire

Inévitablement, l'amélioration de la sûreté du réacteur EPR s'est traduite par une plus grande complexité des systèmes de sauvegarde, par des redondances de ces circuits, par une protection de l'ensemble de la partie nucléaire contre les agressions externes qui rejaillit sur le génie civil, etc..... C'est un prototype et les ingénieries tant d'EDF que des constructeurs principaux ont l'habitude de traiter ce genre de difficultés, parfois au prix de délais supplémentaires.

L'erreur a été de vendre ce modèle à l'étranger, la Finlande, sans avoir de référence en France et sans le support d'EDF, contrairement à ce qui se faisait antérieurement dans ces contrats à l'export. Mais on peut plaider des circonstances atténuantes en ce sens que le modèle conçu par Framatome / Siemens était prêt et n'attendait qu'un client d'un coté ou l'autre du Rhin ; EDF jugeait son parc suffisant alors que les électriciens allemands tergiversaient. Face à cette pénurie de clients et une traversée du désert qui s'annonçait, la demande du client Finlandais pour la construction d'un réacteur offrait une porte de sortie ; mais il n'aurait pas fallu lui proposer l'EPR alors qu'un 1450 MWe type Civaux pouvait correspondre à son besoin. Il s'est toutefois laissé convaincre par l'EPR mais avec des conditions de délais et de pénalités de retard incompatibles avec la construction d'un prototype, de surcroît dans un environnement inconnu pour ne pas dire hostile.

Mais encore une fois faisons confiance à nos ingénieurs qui sauront trouver une solution à ces aléas de mise au point et nous aurons bientôt un modèle qualifié et opérationnel pour d'autres projets à l'exportation.

Leçons tirées de Fukushima

Certains réacteurs étaient à l'arrêt, pour maintenance, les autres ont été arrêtés automatiquement suite à l'onde de choc du séisme survenu au large de Fukushima. A ce stade, les réacteurs ne demandent que quelques pourcents du débit à pleine puissance pour refroidir le cœur ; tout était donc normal, jusqu'à l'arrivée du tsunami sous la forme d'un vague de 15 à 20 mètres de hauteur. Il s'ensuivit une inondation des bâtiments avec perte de l'alimentation électrique des pompes de secours chargées du renoyage du cœur des réacteurs, ainsi que du refroidissement des assemblages usés situés dans des piscines au dessus du bâtiment réacteur.

Le bilan actuel fait état de 20 000 morts ou disparus, dont la moitié sont imputables au séisme lui-même, et l'autre moitié à la vague du tsunami. Par contre, sur le site nucléaire, les informations reçues par l'IRSN indiquent que l'on ne déplore, à ce jour que 6 décès, 2 le 11 mars des conséquences du séisme et du tsunami, 2 d'un arrêt cardiaque et les 2 derniers présentaient déjà un système de défense immunitaire déficient. La population locale environnante a été massivement évacuée et traitée préventivement avec des pastilles d'iode de sorte qu'aujourd'hui les autorités locales ne s'attendent pas à une menace sanitaire liée à l'irradiation.

Si les autorités locales ont montré une bonne réactivité, il semble que les responsables du site aient fait preuve d'impréparation tout en admettant que la tâche était multipliée par le nombre des réacteurs à refroidir. En outre, le Japon a choisi de diversifier ses types de réacteurs en PWR et BWR, le premier fonctionnant par conception a une pression de plus de 150 bars nécessite une cuve plus épaisse (de l'ordre de 22 cm) alors que le deuxième fonctionne à quelque 70 bars avec une cuve moins épaisse et de volume trois fois plus grand (la densité de puissance par litre de cœur étant 50 % plus faible). On comprend que la cuve du BWR est donc plus fragile lorsqu'il s'agit de contenir le corium produit lors d'un accident majeur que la cuve d'un PWR dans les mêmes conditions. Or, les réacteurs de Fukushima sont des BWR. Encore une fois, on ne peut que se féliciter du choix du PWR par la France dans les années 1970.

En France, le risque sismique est infiniment plus faible que celui qui s'est produit au large de Fukushima (l'échelle de Richter étant exponentielle) et de toute façon ce n'est pas le séisme qui a posé problème, mais le tsunami qui s'ensuivit. Ce dernier risque n'existe pas en France, même si d'éventuels risques de rupture

de barrage ou de forte tempête cumulée avec une marée haute (Blayais en 1999) mis en avant par les antinucléaires, ont montré l'efficacité des dispositions prises après l'accident de TMI. En effet, cet accident grave reste l'accident majeur de référence pour la filière PWR adoptée en France. Comme pour Tchernobyl et probablement Fukushima, il y a eu fusion des 2/3 du cœur du réacteur, mais sans dispersion de corium hors de la cuve ni de matière radioactive hors de l'enceinte, contrairement aux deux autres accidents classés au niveau 7 de l'échelle INES (TMI est classé au niveau 4).

Rappelons l'essentiel des leçons tirées de cet accident de TMI et les mesures prises par le constructeur et exploitant français dès 1981 :

- mise en place d'une aide informatique à l'opérateur,
- augmentation des capacités de renoyage et redondance des circuits de sauvegarde,
- protection contre le risque hydrogène et de surpression dans l'enceinte,
- mise en place d'une organisation de crise entre EDF, AREVA, les autorités de sûreté et locales (voir nationales si nécessaire),
- doublée d'une organisation de retour d'expérience sur les incidents / accidents nationaux ou internationaux (WANO).

Certains paliers ont bénéficié d'une double enceinte et l'EPR est doté d'un réceptacle de corium capable de préserver les nappes phréatiques en cas d'accident grave, ainsi que d'un système d'ultime secours de refroidissement, d'une enceinte en béton pour le bâtiment combustible et la salle de commande.

De Fukushima on peut retenir en plus :

- l'aménagement de ressources en eau suffisamment importantes pour prendre en compte le refroidissement simultané de plusieurs réacteurs sur un même site,
- la mise en place d'une force d'intervention rapide au niveau national, sur la base de l'embryon qui existe déjà chez EDF.

Industrie dangereuse et risquée pour le public

Le mécanisme de perception des risques a fait l'objet de nombreux travaux faisant ressortir quelques idées fortes qui tombent sous le sens mais bénéficient d'être rappelées :

- la peur que suscite un risque n'est pas liée à sa réalité vérifiable mais à la fréquence avec laquelle on en parle. Peut être est-ce une coïncidence, mais la médecine qui utilise des substances radioactives dans les diagnostics et certaines thérapies ne prononce jamais le terme « nucléaire » mais radio-graphie-thérapie-biologie, scintigraphie, curiethérapie, scanner, IRM, Et si c'était seulement le mot « NUCLEAIRE » qui faisait peur ?
- Un risque nouveau ou imposé de l'extérieur est bien moins accepté qu'un risque plus grand mais consenti (tabac, alcoolisme, automobile,). Pour l'instant on ne déplore pas de mort dû à la production d'électricité n.....* en France. On peut rappeler que la dose reçue annuellement par un Français moyen et provenant de l'industrie n..... est de 0,02 mSv, et de source médicale 1 mSv soit 50 fois plus. De même cette exposition lors d'un scanner peut s'élever instantanément à 20 mSv, soit 1000 fois plus que celle due à l'industrie n..... et équivalente à la limite de dose annuelle respectée par les travailleurs du n..... (Sans vouloir être alarmiste, restons prudents dans l'utilisation de ces méthodes d'investigation, en plus cela fera des économies pour la Sécurité Sociale).
- Freud a par ailleurs montré que l'insatisfaction individuelle se transforme en critique de la société et de ses incarnations, gouvernement, administrations, technologie,..... plus que jamais il faut un coupable.
- La difficulté d'assimilation d'une science trop complexe par un non-spécialiste accentue la tentation de rejet. Sans vouloir faire de nos chères têtes blondes des spécialistes du n....., donnons leur les rudiments indispensables à une meilleure compréhension de cette technologie et une appréciation des risques consentis. Il y a de nombreuses barrières à lever.

L'énergie n..... cumule donc tous ces facteurs de crainte et comme on l'a vu précédemment, les opposants en usent habilement. Ils reçoivent maintenant le concours de certains milieux politiques qui d'ailleurs font alliance d'intérêts non seulement avec Les Verts mais plus sournoisement avec le monde journalistique. Le summum est atteint quand un journaliste de formation se convertit à l'écologie et à la politique.

Mais peu à peu cette peur du n..... s'estompe parce que le public côtoie les centrales n..... depuis plus de 30 ans, qu'elles sont de plus en plus sûres et que donc on en parle de moins en moins. Elles sont correctement exploitées et contrôlées par des organismes publics indépendants et des experts internationaux.

Relativement à d'autres sources d'énergie, l'électricité produite reste encore la moins chère (surtout par comparaison à l'étranger), plus facile et moins risquée d'utilisation (elle n'explose pas comme le gaz), permet de réduire les gaz à effet de serre et de jouer le bon élève dans les conférences internationales sur les aléas climatiques car la production d'électricité n..... a une des plus faibles empreintes CO² sur l'environnement.

* n.....=nucléaire, mais chut !

Déjà la médecine n..... ne fait plus peur.

D'ailleurs ne dit-on pas que la peur est mauvaise conseillère ? D'autres vont plus loin en disant « qu'une société qui a peur est une société qui se meurt » ou encore « une société qui n'assume pas les risques est vouée à la mort, car seule la mort est sans risque ». En effet un peuple qui a peur du lendemain, peur de l'autre, peur du progrès, peur de l'inconnu, ne voudra pas de cette même peur pour sa progéniture et donc n'aura pas de progéniture et c'est bien ce que l'on constate dans certains pays européens. Et le « principe de précaution » mis à toutes les sauces ne fait qu'aggraver la situation.

Heureusement les dernières statistiques françaises démontrent que les naissances sont au rendez vous, que les demandeurs d'asile se pressent à nos portes, que l'aide sociale est maintenue malgré la crise, que les retraités n'ont jamais été aussi actifs, que l'espérance de vie continue d'augmenter et que nos petits enfants ont de grandes chances d'être centenaires.

Mais pourquoi les mêmes statistiques disent que le peuple français est un des plus pessimistes du monde, bien qu'individuellement chacun reste plutôt confiant dans son avenir ? Ne sommes nous pas là encore victimes de la manipulation de ces médias qui :

- nous débitent des catastrophes au long de leurs informations
- dénoncent nos retards dans l'éolien et le photovoltaïque qui ne feraient qu'augmenter notre facture d'électricité, le chauffage électrique, le prix du pétrole (on n'en a pas mais il nous reste quand même les idées)
- jalouent les salaires et les profits « scandaleux » de ceux qui travaillent alors que leur propre niche fiscale n'a jamais été rabotée (qui osera un jour toucher à l'abattement spécial des journalistes sur leurs revenus).
- se moquent de la présomption d'innocence au titre du droit à l'information
- torturent les faits pour coïncider avec l'opinion qu'ils veulent présenter, colportent les rumeurs (pour faire le buzz)

En tout cas la production d'électricité n..... ne doit pas faire peur et si un seul pays au monde devait poursuivre dans ce domaine c'est bien la France qui a un DESTIN NUCLÉAIRE, compte tenu de son histoire et sa culture de sûreté n....., la capacité de son industrie, la compétence, la rigueur et l'expérience de ses ingénieurs, la transparence et la déontologie de l'information concernant ces activités.

Nous approchons du risque 0, et si certains ont coutume de dire que « Dieu seul est parfait », d'autres, avec nous, affirment :

N'AYONS PAS PEUR !

Alors que nous passions près d'un champ d'éoliennes mon petit fils me demande pourquoi elles ne marchent pas. Je lui réponds qu'elles ne fonctionnent pas les 2/3 du temps par manque de vent. « Eh bien moi, quand je serai Président de l'école-au-lit, je mettrai un grand ventilateur devant chaque éolienne ». Je l'ai vivement encouragé et aussi félicité de m'avoir montré que, finalement, on pouvait faire de l'Écologie à tout âge.

Merci d'avoir eu le courage de lire ce texte jusqu'à sa

FIN

Annexe

Michel Rocard « Mes points sur les i », préface de François Hollande, Odile Jacob, février 2012, extraits :

Préface de François Hollande :

« Nous avons une industrie nucléaire remarquable, et je veux la conforter ; pour autant, dans le contexte de la transition énergétique qui s'annonce à nous (pic pétrolier, pic gazier, ...), nous devons progressivement réduire notre dépendance. Je veux que les énergies renouvelables prennent une place croissante. De même, sur la réduction du temps de travail. Je ne crois pas qu'il puisse s'agir là d'une option réaliste pour notre pays dans le cadre d'une compétition mondiale accrue ».

Chapitre 6 : Croissance et énergie : le monde de demain

« On comprendra donc la nécessité de préserver une salubre méfiance devant quiconque souhaite voir réduire ou supprimer la part du nucléaire civil dans notre production électrique tout en restant indifférent au nucléaire militaire ; ce quelqu'un là a dans la tête autre chose que la pure et simple protection contre la menace de mort la plus urgente. ...

... La sortie anticipée du nucléaire aggraverait les conséquences sociales et économiques du passage des pics énergétiques {pétrolier, gazier et charbonnier}. C'est un risque que l'humanité n'a pas le droit de courir.....

A moyen terme, elle {l'énergie nucléaire} constitue néanmoins un instrument irremplaçable de sortie de crise...

L'irrationalité des positions de certains antinucléaires se manifeste aussi dans la question des déchets... L'enfouissement apparaît comme une solution préférable.... »

A propos de Superphenix : « avoir interrompu les recherches sur l'un des moyens les plus sûrs de détruire les déchets nucléaires est une erreur coûteuse que nous continuerons à payer longtemps....

La politique nucléaire est une politique de production massive. La politique du renouvelable n'est, pour le moment, qu'une politique de recherche et de développement.

Il ne peut être question de se débarrasser du nucléaire comme on l'entend trop souvent chez nous. Il est presque inepte de demander la fixation d'une date, lointaine ou rapprochée, pour la sortie du nucléaire. ...

Si on pose la bonne question, la bonne réponse est évidente : relançons le nucléaire, à la face de la planète, avec toutes les précautions de radioprotection nécessaires ».