



**ASSOCIATION DES RETRAITÉS DU GROUPE CEA**  
**GROUPE ARGUMENTAIRE SUR LE NUCLEAIRE**

**E.P.R.**

## 1. CONSOMMATION EN ENERGIE ELECTRIQUE

Selon AREVA, la consommation mondiale d'électricité devrait doubler d'ici à 2030, soit une progression moyenne de l'ordre de 2,5 % par an, portée par la croissance démographique et le développement économique. (Source : AREVA)

Selon l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) le taux de croissance annuelle de la demande d'électricité, en Europe, serait de 1,4 % par an jusqu'en 2030. La Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP) prévoit que la consommation d'électricité continuera de croître à un rythme de l'ordre de 2 % par an, nécessitant la mise en oeuvre d'une puissance additionnelle, chaque année, correspondant à celle d'un de nos réacteurs les plus récents

La statistique de la production d' électricité en France est donnée sur le site de RTE. En 2006, elle a été couverte à 78,1 % par l'électronucléaire, 11,1 % par l'hydraulique, 9,8 % par le thermique classique et 1% par les autres énergies renouvelables (dont 0,4% par l'éolien).

Le thermique classique est fourni par le charbon, le pétrole et le gaz, et très marginalement par la biomasse. Le nucléaire a donc permis d'économiser les importations de combustibles fossiles et de situer la France à la meilleure place des pays développés pour sa faible production de gaz à effet de serre.

## 2. LE PARC ELECTRONUCLEAIRE

Sur les 58 réacteurs REP actuellement en fonction, 34 avec une moyenne d'âge de plus de 20 ans ont déjà sauté une génération de la population française, le plus âgé a 30 ans (premier réacteur du palier 900 MWe entré en service en 1978 à Fessenheim), 20 ont un âge moyen de 20 ans et 4 de 10 ans. Sous réserve de la reconduction de l'autorisation d'exploitation par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), EDF table sur une durée de vie de ses réacteurs de 40 ans. Le remplaçant du réacteur le plus ancien pourrait donc n'être opérationnel qu'en 2018, ce qui, dans la simple hypothèse du maintien de la production électronucléaire actuelle, implique une mise en service rapide du 1er EPR. Ceci serait vrai dans l'hypothèse, vraisemblablement irréaliste, où les économies d'énergie et les énergies renouvelables compensent l'augmentation de la consommation évoquée ci-dessus. Par ailleurs, l'EPR représente une évolution importante par rapport au dernier des réacteurs du palier N4 (les réacteurs les plus récents) et qu'il conviendrait d'observer le comportement pendant deux ou trois ans avant de lancer sa réalisation en série. Pour satisfaire aux exigences administratives, industrielles et de sûreté, on obtient le calendrier suivant :

- décision de construction du 1<sup>er</sup> EPR en 2007, mise en service prévue en 2012,
- décision anticipée de réalisation du premier réacteur de série en 2008 pour une réalisation de l'îlot nucléaire dès 2014 et une mise en service au plus tard en 2018,
- ensuite, mise en service d'un EPR tous les 8 mois pour renouveler les 56 autres unités du parc en près de 40 ans.

Il n'y avait donc pas de temps à perdre pour la décision et ceci en supposant qu'il n'y aura pas de retard dans la construction de ce prototype (technique ou du fait d'actions antinucléaires ! Les arguments souvent avancés ne résistent pas à l'analyse :

- Prolonger la vie des réacteurs jusqu'à 60 ans. C'est possible grâce à la sélection de nouveaux matériaux, Des licences d'exploitation atteignant 60 ans ont été accordées aux USA.. Toutefois rien ne permet d'assurer que l'autorité de sûreté française acceptera de suivre les USA sur ce chemin. De plus la consommation d'électricité augmente, en moyenne, de 2% par an, soit l'équivalent de la production d'un EPR. C'est d'ailleurs parce qu'aucun nouveau réacteur n'a été mis en fonctionnement depuis 1998 que l'on doit remettre en marche d'anciennes centrales à gaz et charbon, malgré leurs émissions de CO<sub>2</sub> .

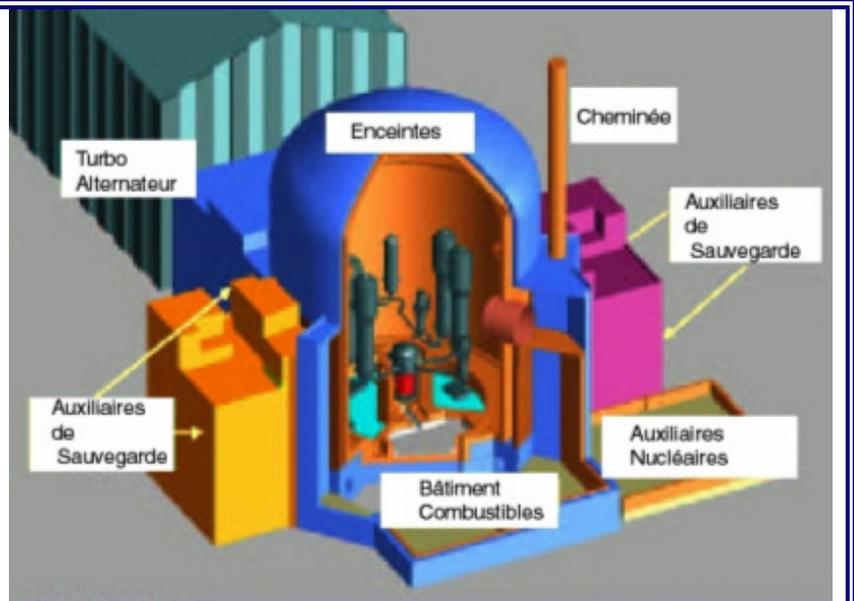
- Attendre les réacteurs du futur ! Les axes de R&D ont été définis dans le cadre du programme international "génération IV". Dans le meilleur des cas, l'optimisation d'une tête de série repousse à 2030 son industrialisation. Le G IV ne pourrait s'inscrire dans le renouvellement du parc qu'après le 25<sup>ème</sup> exemplaire.

### 3. L'EPR : UN CONCEPT "EVOLUTIONNAIRE"

- L'EPR résulte d'études franco-allemandes, menées à partir des réacteurs français de type N4 (1450 MWe) et allemand, de type KONVOI, tous deux des réacteurs à eau légère pressurisée actuellement en exploitation.

Il a bénéficié d'une triple collaboration franco-allemande exceptionnelle :

- l'alliance des constructeurs AREVA et SIEMENS regroupés au sein de la Société Framatome-ANP,
- la collaboration des opérateurs français et allemands (EDF, E.ON, EnB, RWE<sup>1</sup>),
- l'implication des autorités de sûreté (DSIN<sup>2</sup> et BMU<sup>3</sup>).



Vue éclatée de l'EPR. Le bâtiment Combustibles a la même hauteur que ceux des auxiliaires (D'après Framatome ANP)

La comparaison des caractéristiques principales du projet EPR et du REP/ N4 est donnée dans le tableau ci-dessous :

		EPR	N4
Puissance thermique	Mégawatts (MW)	4250-4500	4250
Puissance électrique	MW	1500-1600	1450
Rendement	%	36	34
Nombre d'assemblages		241	205
Taux de combustion	MW.jour par tonne d'Uranium	>60000	45000
Résistance sismique	g	0,25	0,15
Irradiation du personnel	homme.mSv/an/réacteur	0,4	1
Durée de vie	années	60	40

Pour une puissance électrique de 1500 Milliers de kilowatts, avec un taux de disponibilité prévu à 90 %, l'EPR produirait 11.800 Milliards de Kilowatt.heures chaque année.

#### 3.1. EVOLUTIONS DE SURETE

L'évolution du niveau de sûreté de l'EPR s'appuie sur le retour d'expérience des deux seuls accidents graves survenus sur la cuve d'un réacteur :

- Three Mile Island (USA 1978) dont la fusion du cœur a été contenue dans la cuve du réacteur et les sous-sols de l'enceinte réacteur, et n'a eu aucune conséquence significative pour l'environnement,

Tchernobyl (Ukraine, Ex-URSS, 1986), dont l'incendie et l'explosion du cœur, abrité sous un simple bâtiment standard, ont entraîné une grave contamination dans l'environnement. Mais l'on doit insister sur le fait que Tchernobyl n'est pas un réacteur REP et ne peut pas faire référence. Sa conception était issue d'une décision

<sup>1</sup> Compagnies allemandes de production d'électricité

<sup>2</sup> Direction Générale de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection, ex Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires

<sup>3</sup> Ministère de l'Environnement allemand

politique qui entraînait deux options contradictoires préjudiciables à la Sûreté : production d'énergie et production de plutonium militaire.

- La probabilité de graves dommages sur le cœur de l'EPR a encore été réduite d'un facteur dix par rapport aux derniers nés des REP (N4), déjà très "sécurisé". En particulier, le système d'injection de sécurité et celui d'alimentation de secours en eau sont reproduits en quatre "trains" ayant chacun la capacité d'assurer l'intégralité des fonctions de sûreté. Chacun de ces "trains" est séparé pour éviter qu'un incident interne ou externe ne les endommage simultanément et pour une même cause.

Si malgré ces moyens de prévention mis en place, la fusion du cœur survenait ses conséquences seraient maîtrisables par les protections suivantes :

- zone d'épandage, en point bas avec protection réfractaire, des coulées provenant de la fusion du cœur et leur refroidissement par un dispositif de noyage passif,
- double enceinte de béton précontraint, chacune ayant 1,30 mètre d'épaisseur, résistant à la pression, peau métallique assurant l'étanchéité et "recombineur" catalytique d'hydrogène pour en éviter l'explosion,
- contrôle de la pression interne de l'enceinte et refroidissement des structures par aspersion,
- aspiration entre les deux enceintes en béton et filtration d'éventuelles fuites avant rejet à la cheminée.

La double enceinte du réacteur permet de résister à la perforation et aux vibrations provoquées par la chute d'un avion gros porteur ou à des agressions externes. De plus, les bâtiments abritant les auxiliaires de sauvegarde (alimentations de refroidissement de secours), eux-mêmes protégés par un mur de béton, sont au contact de l'enceinte de confinement qu'ils entourent pour en assurer la protection. Il convient de rappeler que, compte tenu des faibles dimensions de l'enceinte réacteur et de son profil sphérique, il serait extrêmement difficile sinon impossible, pour un pilote, de l'atteindre avec précision.

D'autres améliorations ont été apportées en ce qui concerne la résistance aux séismes et l'irradiation moyenne du personnel. Les calculs de sûreté montrent que les conséquences maximales d'un accident seraient faibles (un millième de celles de Tchernobyl) limitant les besoins d'une évacuation de la population à une petite zone (quelques km<sup>2</sup>) et de façon temporaire ; en outre, la probabilité qu'un tel accident se produise est dix fois plus faible qu'avec les réacteurs actuels.

### 3.2. EVOLUTIONS TECHNIQUES

Grâce à un enrichissement légèrement plus important (jusqu'à 5%) du combustible EPR par rapport à celui des derniers REP, il sera possible d'obtenir un taux d'épuisement 1,44 fois plus élevé que dans nos réacteurs actuels, ceci diminue d'autant le nombre de déchargements du cœur et le nombre de retraitements, d'où un gain sur le prix du cycle du combustible et une diminution des déchets de haute activité. L'EPR aura une meilleure capacité de recyclage du plutonium : il sera compatible avec une charge en MOx (Oxyde mixte de Plutonium et d'Uranium) de 100% contre seulement 33% dans les réacteurs actuels. Le choix d'un générateur de vapeur avec économiseur et turbine évoluée permet de porter la pression de vapeur à 78 bars et le rendement global à 36 %

La durée de vie du réacteur a été augmentée à 60 années de service grâce à la sélection de nouveaux matériaux et aux progrès dans leur mise en œuvre. Le remplacement d'un composant est plus rapide et à moindre conséquence radiologique, même lorsque le réacteur est en service.

Toutes ces avancées technologiques contribuent à réduire de façon efficace les déchets produits par l'EPR par rapport à ceux des REP du dernier palier.

### 4. EVOLUTIONS ECONOMIQUES

**Ce chapitre est reporté en annexe.** Les données qu'il contient pouvant être difficiles à comprendre pour un non initié dans le domaine économique. Et, sa lecture n'est pas indispensable.

### 5. CONCLUSION

La renaissance mondiale du nucléaire laisse prévoir une concurrence acharnée entre les principaux constructeurs de réacteurs. Areva est considérée, actuellement, comme le plus important de ces constructeurs. Il importe donc que notre pays conforte notre « champion » et lui confie la réalisation des réacteurs nécessaires pour faire face à l'augmentation de la demande d'électricité et pour préparer la relève éventuelle des réacteurs les plus anciens du parc.

## Annexe

### EVOLUTIONS ECONOMIQUES

Une diminution de plus de 10 % des coûts de production d'électricité par rapport aux réacteurs du palier N4, tout en intégrant les fortes avancées sur la sûreté, repose sur plusieurs améliorations :

- augmentation de la puissance thermique,
- amélioration du rendement du combustible,
- réduction du coût d'investissement par l'optimisation et la standardisation des composants ainsi que par le développement de la préfabrication en usine, à la fois plus économique et plus fiable et qui, en outre, réduit les temps de montage sur site,
- augmentation du taux de disponibilité de la centrale (> 90 % au lieu d'un peu plus de 82% actuellement) par allongement du cycle du combustible, simplification de la maintenance par la standardisation des équipements, une meilleure accessibilité et simplification de leur entretien pouvant être effectué en cours d'exploitation,
- réduction des coûts d'exploitation et de maintenance par un espacement des arrêts pour rechargement portée à 2 ans et réduction de leur durée à 16 jours.

La comparaison entre les coûts de l'EPR et ceux de centrales à gaz et au charbon fonctionnant en base, donnée par la DGEMP est reproduite dans le tableau ci-dessous

Tableau – Coûts de production en base en 2015 hors coûts externes<sup>4</sup> (€2001/MWh, 1 \$ = 1 €)

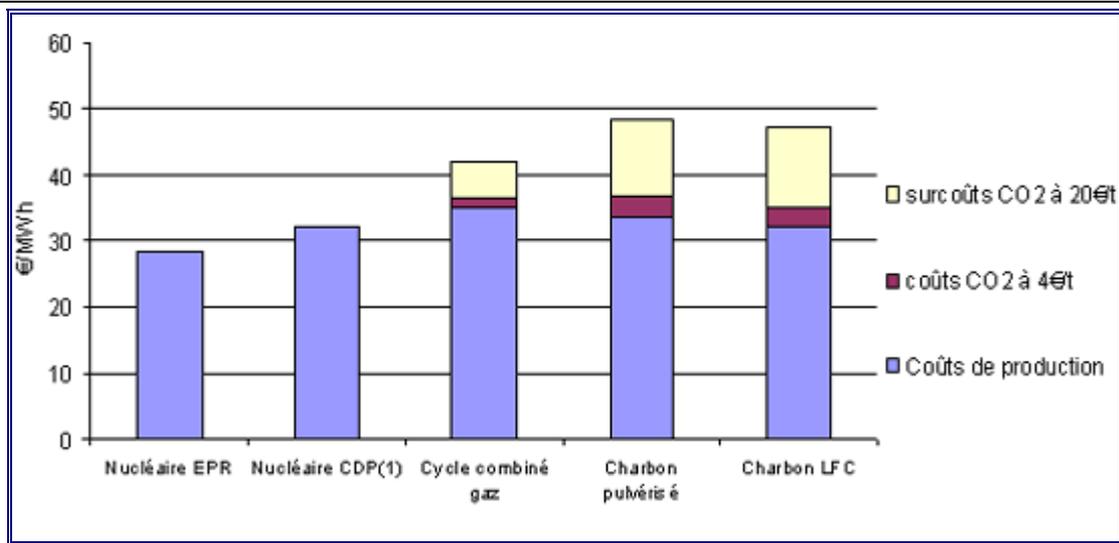
2015 – Valeur médiane	Nucléaire EPR	Cycle combiné gaz	Charbon pulvérisé	Charbon LFC
<b>Actualisation<sup>5</sup> à 8%</b>	28,4	35,0	33,7	32,0
<b>Actualisation à 5%</b>	21,7	33,4	29,5	28,1
<b>Coûts CO<sub>2</sub> (4 €/t-20 €/t)</b>		1,4-7,1	2,9-14,6	3-15

La Figure illustre aussi cette comparaison en incluant les surcoûts qui apparaîtraient si un coût du Carbone était introduit. On indique aussi le coût qui avait été estimé dans le rapport Charpin-Dessus-Pellat (CDP)

Figure : Coûts de production en base en 2015, actualisation à 8%, avec coûts CO<sub>2</sub>

<sup>4</sup> Les coûts externes sont ceux qui devront être supportés par la société, qu'ils soient environnementaux (émission de CO<sub>2</sub>, par exemple) ou sanitaires (émission d'oxyde de soufre ou effluents radioactifs non gérés). Ils ne sont pas compris dans le prix de l'électricité.

<sup>5</sup> On peut considérer que le taux d'actualisation correspond au gain annuel désiré par un investisseur plaçant son capital dans la construction d'une centrale électrique. Il désire obtenir une rémunération suffisante qu'on appellera taux d'actualisation. C'est ainsi que ce taux pourrait être égal à la somme de la rémunération des actions (dividende) et de la croissance moyenne annuelle de leur valeur.



Les réacteurs électronucléaires exigent un investissement important alors que les frais de fonctionnement sont relativement faibles. La situation est inverse pour les centrales à gaz. Il s'ensuit que la compétitivité relative des réacteurs nucléaires par rapport aux centrales à gaz est d'autant meilleure qu'ils sont utilisés sur un temps plus long. Il semble donc justifié, non seulement de rénover le parc nucléaire, mais aussi de prévoir l'augmentation de la capacité de production électrique.

.....