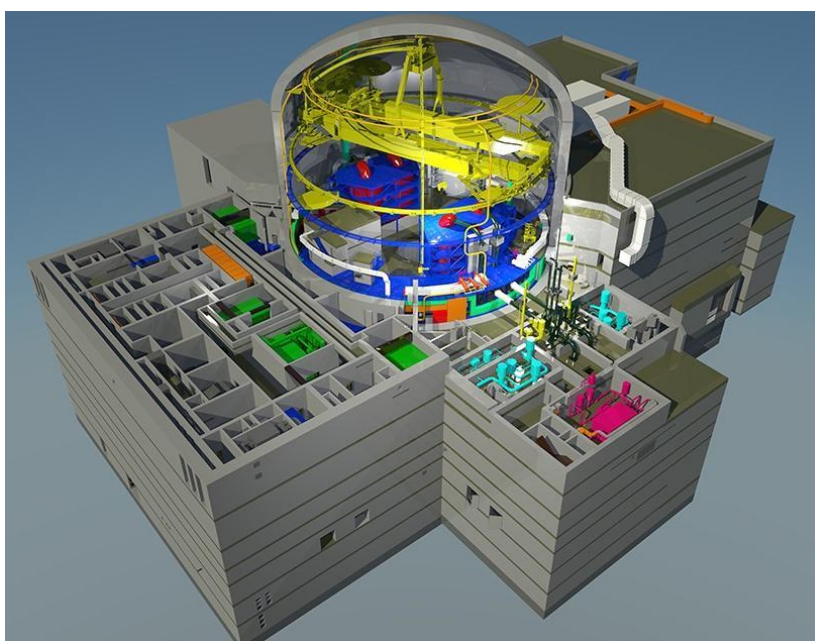


La famille EPR : des premiers EPR à l'EPR2 optimisé pour la production en série

Georges Sapy

La lutte contre le changement climatique passera nécessairement par un développement des usages d'une l'électricité décarbonée, en remplacement de combustibles fossiles représentant encore plus de 68 % de notre énergie finale. Disponible, souple d'usage, accessible en temps utile, cette électricité doit être pilotable et bien sûr non carbonée. Avec le réacteur EPR 2, optimisé et industrialisé, la France dispose d'un atout majeur, prêt à être construit en série, en France comme à l'exportation. PNC-France insiste sur la nécessité d'une relance de l'industrie nucléaire française, avec engagement immédiat d'une présérie de 6 réacteurs.



Les premiers EPR

L'EPR (European Pressurized Reactor, réacteur pressurisé européen en français) est un réacteur de troisième génération, développé en commun par la France et l'Allemagne. C'est un réacteur à eau pressurisée qui fonctionne exactement sur les mêmes principes que les réacteurs actuels de deuxième génération du parc nucléaire. C'est donc un réacteur *évolutionnaire* et non *révolutionnaire*, très optimisé et bénéficiant d'un considérable retour d'expérience.

* **Un niveau de sûreté renforcé dès la conception par rapport aux réacteurs actuels**, qui lui confère son appartenance à la troisième génération de réacteurs, notamment :

- Une résistance supérieure aux **agressions extérieures** (séismes, inondations, chutes d'avions, etc.)
- La prise en compte dès la conception des **accidents graves**, pouvant aller jusqu'à une possible **fusion du cœur**, et les parades pour y faire face en évitant les conséquences extérieures afin que le rejet de matières radioactives dans l'environnement soit exclu (enceinte de confinement du réacteur résistant à une pression interne supérieure à celle des réacteurs actuels et dispositif de recueil et refroidissement du « corium » - composants du cœur en fusion - pour éviter qu'il ne perce le radier en

béton de l'enceinte). C'est une avancée majeure en termes de sûreté et de radioprotection des populations et de l'environnement.

*** Des performances opérationnelles supérieures :** puissance plus élevée (1650 MW au lieu de 1450 MW pour le réacteur actuel le plus puissant) ; rendement porté de 34 % à 36-37 % ; disponibilité augmentée grâce à un enrichissement supérieur des éléments combustibles permettant de fonctionner jusqu'à 24 mois sans arrêt au lieu de 12 à 18 mois actuellement) ; manœuvrabilité (capacité à changer rapidement de puissance), essentielle pour le suivi de charge du réseau.

*** Actuellement, 4 réacteurs EPR sont en construction en Europe et deux fonctionnent en Chine :**

- Un réacteur est en fin de construction en France, sur le site de Flamanville (FLA3), dont le démarrage est annoncé pour fin 2022,

- Un réacteur en Finlande, sur le site d'Olkiluoto (OL3), vient d'obtenir en avril 2021 l'autorisation de chargement de son combustible nucléaire, ce qui marque le début des essais de démarrage et de mise en service prévus pour durer environ un an jusqu'à la mise en exploitation commerciale,

- Deux réacteurs sont en cours de construction au Royaume-Uni, sur le site d'Hinkley Point (HPC). Ils devraient démarrer en 2025,

- Deux réacteurs sont en Chine sur le site de Taishan (TSH1 et TSH2). Le premier est entré en exploitation commerciale en 2018 et le second un an plus tard. Ces deux réacteurs fonctionnent parfaitement, le premier a même battu le record mondial de production d'électricité dès sa première année complète de fonctionnement en 2019.

Ce fonctionnement des réacteurs chinois valide la conception globale des réacteurs EPR. Cela n'a rien d'étonnant dans la mesure où leurs principes de fonctionnement sont les mêmes que ceux des réacteurs actuels. Les retards des réacteurs de Flamanville et d'Olkiluoto sont en effet dus à des difficultés de construction attribuables à une trop longue interruption du programme de construction de réacteurs en France, et non à des difficultés fonctionnelles qui remettraient en cause leur conception globale.

Les avancées en termes de sûreté de l'EPR ont largement inspiré les modifications retenues pour les 56 réacteurs en opération pour amener leur sûreté à un niveau très proche de celui de l'EPR.

L'EPR2 nouveau est optimisé pour une construction en série

Le concept d'EPR2 est né du retour d'expérience de la construction des premiers EPR, qui a mis en évidence un certain nombre de difficultés et complexités résultant, pour partie, du cumul des pratiques françaises et allemandes. Celles-ci proviennent en particulier des quantitatifs en génie civil et matériels électromécaniques à mettre en œuvre, très supérieurs à ceux des réacteurs actuels. Ils résultent par exemple :

- de choix techniques visant à augmenter le niveau de sûreté, notamment : la couverture des bâtiments contenant des systèmes de sûreté par une « coque avion » en béton armé destinée à les protéger contre les chutes d'avions de tous types,
- du passage à 4 systèmes redondants de sûreté au lieu de 2 pour les réacteurs actuels.

Des études approfondies ont été entreprises pour minimiser ces sur-équipements, générateurs de complexités et de délais de réalisation accrus, en simplifiant la conception et en développant la standardisation sans **réduire le niveau global de sûreté**. Fonctionnellement très proche des premiers EPR, l'EPR 2 bénéficie aussi du retour d'expérience de l'exploitation des deux EPR chinois. **Les EPR 2 sont donc fondamentalement des EPR, pas de nouveaux réacteurs, les principaux systèmes (chaudière nucléaire, groupe turbo-alternateur) sont les mêmes.**

Deux catégories d'évolution du concept introduites sur les EPR2, peuvent être distinguées :

*** Des simplifications et optimisations de conception, validées par l’Autorité de sûreté nucléaire (ASN), notamment pour les plus significatives :**

- le passage d’une double enceinte de confinement pour l’EPR à une simple enceinte avec peau d’étanchéité métallique interne pour l’EPR 2, comme sur les réacteurs 900 MW actuels. Ces enceintes ayant montré un excellent retour d’expérience en termes d’étanchéité dans la durée, cette modification a été validée sous réserve d’un accroissement de l’épaisseur de l’enceinte unique de l’EPR 2 pour retrouver la même protection globale contre les chutes d’avion qu’avec une double enceinte. L’intérêt de cette simplification est une plus grande facilité et rapidité de construction, sans réduction du niveau de protection du réacteur et des autres matériels contenus dans l’enceinte contre les agressions extérieures,

- le passage de 4 à 3 systèmes redondants de sûreté, ce qui ne réduit pas le niveau de sûreté global, le 4^{ème} système ayant été introduit à la demande des Allemands (co concepteurs de l’EPR) afin de pouvoir procéder à l’entretien de certains systèmes, y compris à l’intérieur de l’enceinte lorsque le réacteur est en fonctionnement. Mais cette pratique des exploitants allemands n’est pas retenue en France et cette 4^{ème} redondance n’a plus de raison d’être,

- l’intégration dès l’origine des dispositions complémentaires post-Fukushima, qui ont dû être ajoutées en cours de construction sur les premiers EPR, ce qui est toujours coûteux et générateur de retards,

- des simplifications diverses dans l’architecture et la géométrie de certains bâtiments afin de faciliter leur construction et de réduire les délais associés, ainsi qu’une standardisation beaucoup plus poussée des composants électromécaniques utilisés sur les nombreux systèmes auxiliaires, en diminuant le nombre de références requises et en recourant dans certains cas à des solutions industrielles éprouvées qui ont atteint des niveaux de qualité et de fiabilité excellents, rendant inutiles des équipements spécifiquement conçus.

*** Des méthodes de construction plus productives** faisant appel à des préfabrifications plus poussées en usine sous forme de modules, qui réduisent les activités et délais de montage sur sites. La productivité du travail y est en effet plus faible qu’en usine du fait de conditions de travail moins favorables.

Au total, les EPR 2, conçus pour une durée d’exploitation d’au moins 60 ans, devraient pouvoir être construits plus facilement, plus vite et pour moins cher que les premiers EPR en offrant le même niveau de sûreté et de performances opérationnelles. L’ASN devrait donner son accord final à la certification de l’EPR 2 au cours de l’été 2021, ce qui ouvrira la voie à sa construction. Celle-ci est prévue sous la forme d’une première série de 6 réacteurs afin de bénéficier des avantages considérables de la construction en série. Ces réacteurs seront en outre une référence pour l’exportation (Pologne, Inde, etc.).