

Annexe 10

Comparaison des systèmes de sûreté d'EPR avec ceux des réacteurs de deuxième génération

Bertrand Barré

Les origines d'EPR

Au lendemain de l'accident de Tchernobyl, quelques leçons se sont dégagées dans les pays occidentaux et notamment en Europe de l'Ouest.

1. Le type d'excursion de réactivité à l'origine de l'accident (emballement de la réaction de fission en chaîne), caractéristique du type de réacteur concerné, est très peu probable dans les réacteurs à eau car et la surchauffe du cœur et l'ébullition excessive de l'eau étouffent la réaction en chaîne, tandis que l'ébullition excessive accélère la réaction dans les réacteurs RBMK.
2. Mais d'autres types d'accident grave ont une probabilité non nulle, notamment le défaut de refroidissement du cœur après arrêt de la réaction en chaîne.
3. *Quelle qu'en soit la cause, on ne peut plus accepter sciemment l'éventualité d'un accident qui conduise à un relâchement massif de radioactivité simplement parce que le risque qu'il se produise est très faible.*
4. Les dégâts internes au réacteur 2 de Three Mile Island (1/3 du cœur fondu et le reste dégradé) étaient du même ordre que les dégâts internes au réacteur 4 de Tchernobyl, mais l'impact externe de l'accident de TMI était zéro. Ceci illustre dramatiquement l'importance de la **troisième barrière**, et donc de la nécessité de la protéger des agressions de l'accident à son encontre.

Dès 1991, la DSIN, prédécesseur de l'ASN, notifiait par lettre EDF, Framatome et le CEA que les réacteurs N4 en cours de construction pourraient être achevés, mais donnait ses directives pour la prise en compte des accidents graves dès le stade de la conception des réacteurs du futur. En 1993, c'est conjointement que les autorités de sûreté française et allemande formulaient leurs prescriptions communes, en soulignant notamment l'importance qu'elles attachaient à la prise en compte du retour d'expérience acquis lors de la conception, de la construction et de l'exploitation des réacteurs en fonctionnement. C'était une indication claire de leur préférence pour des modèles « **évolutionnaires** » dont les innovations ne vont pas jusqu'à modifier tellement le réacteur qu'il ne puisse plus tirer parti de l'expérience acquise sur les modèles précédents. Les équipes de conception de Framatome et Siemens – depuis regroupées au sein d'Areva, ont travaillé en commun avec les équipes d'EDF et les électriciens allemands pour développer un nouveau modèle de REP conforme à ces prescriptions : l'EPR, décrit ci-dessous.

Les voitures modernes sont équipées d'ABS et d'airbags : en sécurisant le freinage, l'ABS réduit le risque d'accident, mais si l'accident se produit quand même, l'airbag évite les morts. D'une certaine façon, l'EPR est un REP analogue à ceux de 2^e génération, mais avec ABS (meilleure prévention) et airbag (mitigation).

2. Les améliorations dans la prévention des accidents graves

Pour évaluer la sûreté des réacteurs nucléaires, on réalise des études probabilistes approfondies, en étudiant les différents scénarios qui peuvent conduire à un accident de fusion de cœur, et en chiffrant leur probabilité en fonction des statistiques de fiabilité des différents composants et systèmes impliqués dans chaque scénario. On prend en compte, sans pouvoir chiffrer leur probabilité, les erreurs possibles des opérateurs qui viendraient aggraver ces scénarios. Quand aux événements naturels, on ne peut pas non plus chiffrer leur probabilité d'occurrence, mais on dimensionne la résistance des réacteurs à une valeur majorante des agressions naturelles survenues dans le passé sur le site considéré. On tire de ces études une probabilité globale de fusion du cœur.

Cette probabilité de fusion de cœur, déjà très faible avec le N4, est encore **divisée par 10** avec l'EPR. Ce gain est obtenu, d'une part, par la réduction de la probabilité des événements qui pourraient initier une situation de fusion de cœur et, d'autre part, par l'accroissement de la disponibilité des systèmes de sécurité destinés à enrayer le développement de telles situations. La cause de fusion de cœur qui a la plus grande probabilité d'occurrence vient du « dénoyage » des assemblages combustibles qui sont normalement recouverts d'eau.

À cette fin, l'EPR est doté de réserves d'eau importantes (cuve, pressuriseur, générateurs de vapeur) qui accroissent le temps disponible pour mettre en œuvre des actions correctrices et ses systèmes importants pour la sûreté sont simples, redondants (on suppose systématiquement qu'un système tombera en panne, mais qu'au moins un autre système viendra alors le remplacer) et diversifiés, de façon que la même cause de défaillance ne puisse affecter simultanément un système et celui qui doit lui venir au secours. En particulier, le système d'injection de sécurité et celui d'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur sont chacun divisés en 4 sous-systèmes ou « trains ». Chacun des 4 trains a la capacité d'assurer à lui seul l'intégralité de la fonction de sûreté et est séparé physiquement des 3 autres pour éviter qu'ils ne soient défaillants ensemble sous l'effet d'une même cause (agressions internes tels que l'incendie ou l'inondation interne).

L'EPR combine ainsi les avantages du Konvoi allemand (4 systèmes, mais moins bien séparés physiquement) et du N4 français (2 systèmes physiquement séparés).

L'alimentation électrique de secours est constituée par 6 diesels répartis en deux divisions géographiquement séparées, dont deux diesels d'un type différent (pour éviter les défauts de mode commun) seraient sollicités en cas de défaillance des diesels normaux (situation dite de « station blackout »).

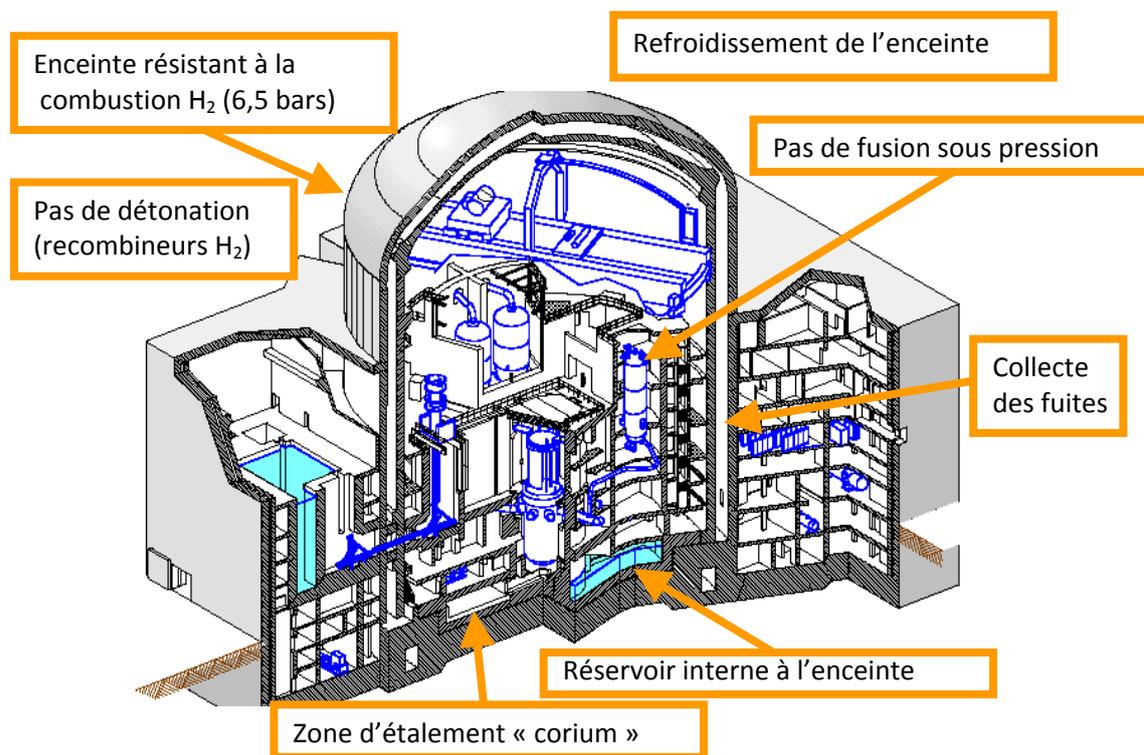
L'architecture d'ensemble de l'EPR le rend **résistant aux séismes** : les bâtiments auxiliaires nucléaires sont ramassés contre le bâtiment réacteur et l'ensemble repose sur un radier unique, très ferrailé et très épais. Le dimensionnement précis d'un EPR est ajusté, au cas par cas, aux caractéristiques sismiques du site où on veut le construire.

3. La « mitigation » des conséquences d'un accident avec fusion du cœur

Les situations accidentelles qui pourraient aboutir à un relâchement précoce et massif de radioactivité (accident avec fusion de cœur à haute pression, explosion hydrogène et explosion de vapeur) sont éliminées. Pour atteindre ce résultat dans le premier de ces cas, l'EPR est équipé, en plus des systèmes usuels de dépressurisation et d'extraction de la puissance résiduelle, d'une ligne de défense supplémentaire constituée d'un train de vannes motorisées commandé par l'opérateur (La protection contre les explosions est décrite ci-après).

De plus, la centrale est conçue pour qu'un **accident de fusion de cœur**, bien que hautement improbable, n'entraîne, hors du site, que des mesures très limitées dans le temps et l'espace : pas d'évacuation permanente, évacuation temporaire limitée au voisinage immédiat du site, pas de condamnation durable de terrains agricoles. La rétention nécessaire de la radioactivité est obtenue par l'extrême robustesse du confinement étanche qui renferme le réacteur (2,6 mètres d'épaisseur de béton au total) et les dispositions et systèmes qui protègent ce confinement contre tout type d'endommagement :

- une enceinte interne du bâtiment réacteur en béton précontraint, résistant à la pression due à la combustion de l'hydrogène et des recombinaisons catalytiques pour prévenir la détonation en faisant brûler l'hydrogène avant que sa concentration devienne critique ;
- une zone dédiée à l'étalement et au refroidissement du corium, cette lave qui provient de la fusion du cœur et des autres structures métalliques présentes dans la cuve, avec dispositif passif (fondé sur la gravité) de noyage et solidification du corium par l'eau du réservoir interne à l'enceinte de confinement, et protection réfractaire du béton de structure. Ce « cendrier est initialement sec pour éviter le risque d'explosion vapeur au contact du corium ;
- un système d'aspersion dédié au contrôle de la pression à l'intérieur de l'enceinte et au refroidissement du béton de structure pour en assurer l'intégrité à long terme ;
- une collecte des fuites éventuelles de vapeur contaminée dans l'espace entre enceintes interne et externe du bâtiment réacteur, et une **filtration avant rejet** à la cheminée.



En outre, la **protection** de l'EPR **contre les conséquences d'une chute d'avion** ou d'une agression externe est particulièrement robuste :

- l'enceinte externe en béton armé et les structures internes du bâtiment réacteur sont dimensionnées pour résister aux effets des vibrations induites et à la perforation ;

- les différents trains des systèmes de sécurité sont distribués dans 4 bâtiments distincts : 2 bâtiments contigus sont « bunkerisés » (protégés par une coque en béton armé) et les 2 autres sont géographiquement distants (de part et d'autre du bâtiment réacteur), de manière à garantir qu'au moins 1 train demeure toujours opérationnel ;
- le bâtiment abritant la piscine où est entreposé le combustible usé est également « bunkerisé » ;
- à noter aussi que sur les 2 sources froides existantes, une se trouve aussi dans un bâtiment « bunkerisé ».

À la suite des attentats du 11 septembre 2001, certaines de ces protections ont été encore renforcées par rapport au dessin initial, ce qui fait que l'EPR résisterait à des attaques de ce type et de cette violence. Ces dispositions conçues contre la malveillance augmentent également la sûreté, notamment en ce qui concerne le bâtiment combustible.

4. La question du « retrofit »

Certaines des améliorations de l'EPR ont pu être introduites après coup sur les réacteurs de génération 2, comme, par exemple, les recombineurs catalytiques d'hydrogène dans les bâtiments réacteurs. C'est ce qu'on appelle le « retrofit ». En revanche, les changements importants d'architecture comme le récupérateur de corium ne peuvent pas être introduites sur les centrales précédentes.