

Bernard LAPONCHE
Polytechnicien,
Docteur ès sciences en physique des réacteurs nucléaires,
Docteur en économie de l'énergie
26 Rue Richer
75009 Paris

*

LE RECUPERATEUR DE CORIUM DE FESSENHEIM 1 :

UNE MODIFICATION NOTABLE

*

Expertise

Dr. Bernard Laponche

Polytechnicien, docteur ès sciences en physique des réacteurs nucléaires, docteur en économie de l'énergie, Bernard Laponche a travaillé au Commissariat à l'énergie atomique dans les années 1960 et 1970 et a été pendant plusieurs années le représentant de la France au Comité Europe-Amérique de physique des réacteurs. Il a été responsable syndical à la CFDT dans les années 1970, directeur puis directeur général de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME, aujourd'hui ADEME) de 1982 à 1987, cofondateur et directeur du bureau d'études ICE (International Conseil Energie) dans les années 1990 et conseiller technique de Dominique Voynet pour l'énergie et la sûreté nucléaire en 1998-99. Il a poursuivi de 2000 à 2012 une activité de consultant international dans le domaine de la maîtrise de l'énergie. Il est co-fondateur et membre de l'association Global Chance. Il a fait partie du groupe des experts du Débat national sur la transition énergétique de 2013.

*

1. DEMANDES DE L'ASN SUR FESSENHEIM 1

Le 4 juillet 2011, l'Autorité de sûreté nucléaire, ASN, a adressé au Gouvernement son rapport intitulé : « Poursuite d'exploitation du réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Fessenheim après trente ans de fonctionnement ».

L'ASN a conclu ainsi ce rapport :

« Sous réserve des conclusions à venir des évaluations complémentaires de sûreté (ECS) engagées à la suite de l'accident de Fukushima, l'ASN considère, au vu du bilan du troisième réexamen de sûreté du réacteur n°1 de la centrale nucléaire de Fessenheim, que le réacteur n°1 est apte à être exploité pour une durée de dix années supplémentaires après ce troisième réexamen à condition de respecter les prescriptions de la décision de l'ASN n° 2011-DC-0231 du 4 juillet 2011 et notamment les deux prescriptions majeures suivantes :

- Renforcer le radier du réacteur avant le 30 juin 2013, afin d'augmenter sa résistance au corium en cas d'accident grave avec percement de la cuve ;*
- Installer avant le 31 décembre 2012 des dispositions techniques de secours permettant d'évacuer durablement la puissance résiduelle en cas de perte de la source froide ».*

La présente expertise a pour objet de démontrer que la construction d'un « récupérateur de corium » dans le réacteur de Fessenheim 1, en réponse à la demande de l'ASN de « renforcer le radier du réacteur », constitue une « modification notable » de cette installation nucléaire de base, au sens des dispositions de l'article L 593-14 I 3° du Code de l'environnement (ancien article 29 II 3° de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité

nucléaire)¹.

En effet, cette modification sort du cadre du décret d'autorisation de Fessenheim du 3 février 1972 et constitue un précédent par rapport à tous les autres réacteurs nucléaires en fonctionnement : la modification relative au renforcement du radier va bien au-delà de la demande formulée par l'ASN. Par impossibilité de réaliser le renforcement lui-même de façon suffisante, la modification consistant en l'installation d'un « récupérateur de corium » en cas de fusion du cœur et de percement de la cuve par le corium, accident non pris en compte dans la conception de Fessenheim, constitue une modification très importante de l'installation vis-à-vis de la sûreté. Cette modification peut être considérée comme « notable » dans la mesure où ce concept de récupérateur de corium (ou « cendrier ») constitue l'innovation considérée comme la plus remarquable des réacteurs EPR, dits pour cette raison notamment, de « troisième génération »².

À l'appui de cette position, citons le directeur de la centrale de Fessenheim qui déclarait dans les « Dernières nouvelles d'Alsace » du 24 janvier 2013, à propos des travaux sur le renforcement du radier : « *C'est une opération très délicate qui n'a jamais, à ma connaissance, été réalisée ailleurs* ».

2. DE LA FUSION DU CŒUR A LA TRAVERSEE DU RADIER EN BETON PAR LE CORIUM

2.1 L'accident grave de fusion du cœur du réacteur

L'IRSN présente ainsi l'accident grave dans un réacteur nucléaire³ :

« Dans ce rapport, on appelle accident grave un accident au cours duquel le combustible est significativement dégradé par une fusion plus ou moins complète du cœur du réacteur. Compte tenu des mesures de prévention des accidents, mises en place par l'exploitant, ce type d'accident reste hautement hypothétique. Cependant, du fait des conséquences importantes qu'aurait le rejet de produits radioactifs dans l'environnement, et au titre de la défense en profondeur, des efforts significatifs sont consacrés à leur étude.

Un accident grave a généralement pour origine un défaut de refroidissement du cœur dont la puissance résiduelle ne parvient plus à être évacuée. En une à quelques heures, suite à des défaillances multiples, humaines et, ou matérielles, incluant l'échec des procédures de sauvegarde, la structure des éléments combustibles se dégrade. Une suite de phénomènes nombreux et complexes se déroule alors, selon divers scénarios dépendant des conditions initiales de l'accident et des actions des opérateurs; ces scénarios sont susceptibles, à terme, de conduire à la perte de l'intégrité du confinement et à des risques de relâchements importants de produits radioactifs à l'extérieur de l'enceinte de confinement.⁴ »

Et,

« La recherche concerne les réacteurs en fonctionnement et les réacteurs futurs. Les phénomènes de base sont les mêmes pour les réacteurs à eau sous pression actuels ou en projet. Toutefois, dans le cas des centrales existantes, les accidents graves n'ont pas été

¹ Article 31 du décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 relatif aux installations nucléaires de base : "Constitue une modification notable d'une installation nucléaire de base au sens des dispositions du II de l'article 29 de la loi du 13 juin 2006 : 2° Une modification des éléments essentiels pour la protection des intérêts mentionnés au I de l'article 28 de la loi du 13 juin 2006, qui figurent dans le décret d'autorisation en application de l'article 16".

² Les 58 réacteurs en fonctionnement qui équipent les 19 centrales nucléaires françaises (dont l'exploitant est EDF) appartiennent à la filière REP (Réacteurs à eau sous pression) de réacteurs à uranium enrichi, modérés et refroidis par de l'eau sous pression. La première génération de ces réacteurs est celle des années 1960 (un exemplaire en France, Chooz 1 est maintenant arrêté et en cours de démantèlement), la seconde génération des années 1970, 80 et 90 est celle des 58 réacteurs en fonctionnement, la troisième génération est celle de l'EPR actuellement en construction à Flamanville.

³ Référence : « R & D relative aux accidents graves dans les réacteurs à eau pressurisée : bilan et perspectives », IRSN et CEA, La Documentation française, Paris, Janvier 2007.

⁴ On passe alors à un accident majeur si les dégagements de matières radioactives sont importants (comme à Fukushima).

considérés lors de leur conception. Les modifications envisageables de l'installation sont donc restreintes et les recherches menées dans ce cadre ont essentiellement pour objectif de trouver des moyens de limiter les conséquences d'un éventuel accident grave ».

Ceci est donc applicable aux réacteurs de la centrale de Fessenheim.

2.2 Le percement du radier par le corium

La demande de « renforcement du radier » formulée par l'ASN se place dans le cas d'un accident grave conduisant à la fusion partielle ou totale des combustibles constituant le cœur du réacteur nucléaire.

Cet accident grave de fusion du cœur s'est déjà produit sur des réacteurs de même type (refroidis et modérés à l'eau ordinaire et à combustible d'oxyde d'uranium enrichi à environ 3,5%) : un réacteur de la centrale de Three Mile Island aux Etats-Unis en 1979⁵ et trois réacteurs de la centrale de Fukushima Daiichi au Japon en 2011⁶.

L'IRSN présente ainsi la suite possible de cet accident que constitue la traversée du radier en béton situé en dessous du réacteur par le corium en fusion⁷ :

« La défaillance de la cuve après fusion du coeur entraîne la chute du corium formé sur le béton au fond du puits de cuve. Ce béton se décompose alors sous l'effet de la chaleur transmise par le corium. Cette chaleur est due à la puissance résiduelle dégagée dans le corium, augmentée, dans une première phase, par celle due à l'oxydation des métaux présents dans le corium comme l'acier de la cuve ou le zirconium. Ce phénomène porte le nom d'« interaction corium-béton ».

...

Dans l'état actuel des installations et des connaissances, ce phénomène peut aboutir à la percée totale du radier, dans un délai variable selon les caractéristiques du radier (nature du béton, épaisseur du radier), supérieur à 24 h, sauf pour la centrale de Fessenheim⁸. De plus, les différents gaz libérés par cette interaction entraînent une augmentation progressive de la pression de l'atmosphère de l'enceinte de confinement.

...

En cas de percée du radier par le corium, les gaz présents dans l'atmosphère de l'enceinte de confinement seraient poussés hors de l'enceinte par la pression interne régnant dans cette enceinte. Les rejets atmosphériques qui en résulteraient seraient cependant « filtrés » à travers le sol. Ces rejets atmosphériques entraîneraient alors des contaminations des cours d'eau par dépôt direct ou ruissellement.

En parallèle, le corium pénétrerait dans le sol et s'arrêterait après un trajet de quelques mètres, la diminution de la puissance résiduelle et l'augmentation du volume du corium par addition de terre permettant alors son refroidissement, puis sa solidification, par conduction thermique dans le sol.

La lixiviation⁹ du corium pourrait alors polluer les nappes d'eau souterraines, à plus ou moins long terme. De plus, l'eau contenue dans le fond de l'enceinte de confinement, très chargée en produits

radioactifs, pourrait elle-même se déverser dans le sol à travers l'orifice créé dans le radier. Des produits radioactifs pourraient donc atteindre la nappe phréatique sous-jacente.

⁵ Le réacteur accidenté de Three Mile Island était de la filière REP, identique aux réacteurs français, notamment ceux de Fessenheim.

⁶ Les réacteurs accidentés de Fukushima étaient de la filière REB, réacteurs à eau bouillante. L'accident de perte de refroidissement était de même nature que sur les REP.

⁷ Référence IRSN : « Accidents graves des réacteurs à eau de production d'électricité ». IRSN-2008/98, 15 décembre 2008.

⁸ L'épaisseur du radier est de 4,20 m pour les tranches de 900 MW (sauf pour les centrales de Fessenheim et Bugey) et de 3m environ pour les tranches de 1300 et 1400 MW. Pour Fessenheim (2 réacteurs), l'épaisseur du radier est de 1,50 m.

⁹ Lixiviation : lavage des surfaces libres conduisant à l'extraction des produits solubles.

La contamination serait alors entraînée par l'écoulement de la nappe jusqu'à un exutoire tel qu'un cours d'eau ou un puits de captage d'eau. L'importance et les délais de transfert dépendent, entre autres, de la configuration hydrogéologique du site ; ils sont donc très variables d'un site à un autre (délais de transfert généralement de l'ordre de plusieurs semaines).

Dans un tel cas, il serait possible de limiter la contamination en construisant une enceinte géotechnique s'opposant aux écoulements d'eau pour empêcher la migration des produits de fission. Il faudrait alors pomper l'eau contaminée contenue à l'intérieur du sol, dans l'enceinte géotechnique, et la stocker ».

La fusion partielle du cœur du réacteur accidenté de Three Mile Island n'avait pas entraîné le percement de la cuve par le corium. Ce réacteur n'avait que trois mois de fonctionnement et n'avait donc pas une charge en produits de fission équivalente à celle obtenue en fonctionnement continu. La puissance résiduelle était donc beaucoup plus faible.

A Fukushima, d'après le rapport de l'IRSN, le réacteur n° 1 aurait connu une fusion totale du cœur, le percement de la cuve par le corium et la pénétration de celui-ci dans le radier (à une profondeur encore inconnue).

3. LE RECUPERATEUR DE CORIUM

3.1 Une innovation majeure de l'EPR

Dans le réacteur EPR en construction à Flamanville, lui aussi de type REP, une innovation destinée à améliorer la sûreté est constituée d'un « récupérateur » de corium situé au fond de l'enceinte de confinement, permettant de recueillir et de refroidir le cœur fondu (corium) après la rupture éventuelle du fond de cuve du fait de la fusion du cœur.

L'IRSN décrit ainsi de façon synthétique cette opération¹⁰ :

« Le « récupérateur » de combustible fondu est constitué d'une chambre d'étalement présentant une grande surface (environ 170 m²) avec un système d'injection d'eau permettant de refroidir le plancher métallique de cette chambre et de recouvrir d'eau le corium étalé. La chambre d'étalement n'est pas située directement sous la cuve pour éviter tout risque d'endommagement par les morceaux du fond de cuve et par le corium lors de la percée du fond de la cuve ; le puits de cuve communique avec la chambre d'étalement au moyen d'un canal de décharge dont les parois en zircone facilitent l'écoulement du corium.

Avant de s'écouler dans le canal de décharge vers la chambre d'étalement, le corium est collecté dans le fond du puits de cuve qui comporte un système d'ouverture, appelé « porte fusible », donnant accès au canal de décharge. Une fois la porte fusible fondue par le corium, le mélange corium-béton s'écoule dans la chambre d'étalement. Pour éviter une explosion de vapeur lors de cette coulée, la conception du réacteur EPR comporte des dispositions empêchant l'entrée d'eau dans la chambre d'étalement avant l'arrivée des matériaux fondus. La coulée de corium s'étale en quelques dizaines de secondes après l'apparition d'une brèche dans la porte fusible et active l'injection d'eau qui recouvre le corium après plusieurs minutes».

3.2 Le récupérateur de corium de Fessenheim

La construction d'un récupérateur de corium dans le réacteur n° 1 de la centrale de Fessenheim selon le même principe que celui de l'EPR¹¹ est présentée de la façon suivante par l'IRSN dans son Avis du 28 novembre 2012¹² :

¹⁰ Référence IRSN : « Accidents graves des réacteurs à eau de production d'électricité ». IRSN-2008/98, 15 décembre 2008.

« Le radier en béton situé sous les réacteurs de Fessenheim a une épaisseur de 1,5 m au niveau du puits de cuve (PDC). En cas d'accident grave conduisant à une percée de la cuve par le corium, composé notamment de combustible fondu, le radier des réacteurs de Fessenheim pourrait être à son tour percé par interaction corium-béton (ICB) dans un délai, pour certains scénarios d'accident grave, inférieur à 24 h, délai minimal retenu pour mettre en oeuvre les mesures de protection de la population figurant dans les Plans particuliers d'intervention (PPI)...

Dans la décision ASN 2011-DC-0231 du 4 juillet 2011 relative à l'autorisation de poursuite d'exploitation du réacteur n°1 de Fessenheim pour dix années, une prescription demande que le radier du bâtiment réacteur soit renforcé afin de retarder significativement la percée de ce radier en cas d'accident grave avec percement de la cuve.

La modification déclarée par EDF pour le réacteur n°1 de Fessenheim vise à répondre à cette prescription, par l'épaississement du radier de 50 cm dans le PDC et dans un local périphérique afin de créer une surface d'étalement supplémentaire à celle du PDC. Ces deux locaux seront reliés par un tunnel de transfert fermé par un « bouchon fusible » en béton côté PDC, permettant au corium natif d'accumuler une charge hydrostatique suffisante pour traverser le tunnel. La zone d'étalement est délimitée par des murets périphériques permettant de confiner le corium au sein de cette zone et de renforcer certains voiles latéraux en béton. Des batardeaux étanches placés sur ces murets interdiront à l'eau de submerger ce local, afin de ne pas perturber l'étalement du corium...

De manière générale, l'IRSN considère que la modification telle que présentée par EDF répond de façon satisfaisante à la prescription de l'ASN. En effet, en situation de « corium sec », l'IRSN évalue le gain apporté par la modification sur le temps de percement de ce radier à 44 h, soit presque deux jours ».

La mise en place de ce nouveau dispositif appelle deux principaux commentaires :

- On note la différence importante entre la conception du récupérateur de corium dans le cas de Fessenheim et dans celui de l'EPR : le récupérateur de l'EPR est conçu pour empêcher la percée du radier, tandis que celui de Fessenheim vise à ralentir cette percée. D'autre part, la situation de « corium sec » évoquée par l'IRSN est loin d'être assurée.
- Dans l'impossibilité de répondre à l'injonction de l'ASN de « renforcer le radier », la solution constituant à construire un récupérateur de corium impose de creuser un canal à travers le « puits de cuve », construction en béton entourant le bas de la cuve du réacteur et faisant partie de la structure de confinement du réacteur. La présence de ce canal modifie par conséquent la structure de confinement dans sa configuration initiale et en réduit la résistance.

On assiste donc à une opération totalement innovante sur un réacteur existant, qui ne correspond que très partiellement à la demande de l'ASN de « renforcement du radier » (celui-ci a vu son épaisseur augmentée de 50 cm, ce qui a été jugé très insuffisant) mais qui installe un dispositif nouveau dont le principe (mais non la réalisation précise) est celui du récupérateur de corium de l'EPR, lui-même encore en construction à Flamanville-

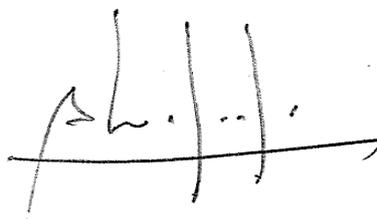
L'IRSN et l'ASN ont considéré comme répondant de façon satisfaisante à la demande de l'ASN la solution proposée par EDF d'un renforcement jugé insuffisant du radier et de l'installation d'un dispositif entièrement nouveau, le récupérateur de corium.

¹¹ Rappelons que quatre réacteurs de type EPR sont en construction dans le monde : un en Finlande, deux en Chine et un en France (Flamanville). Aucun réacteur EPR n'a encore démarré. Le dispositif « récupérateur de corium » n'est donc en fonctionnement sur aucun réacteur nucléaire au monde.

¹² Avis IRSN n° 2012-00519

Mais cette modification change de façon radicale le dispositif global de sûreté du réacteur de Fessenheim : elle constitue par conséquent une modification notable de l'installation.

A Paris, le 8 octobre 2013

A handwritten signature in black ink, consisting of a horizontal line with several vertical strokes and a small flourish on the left side.

Bernard Laponche