

Quelques éléments de compréhension de l'accident d'éjection de grappe dans l'EPR

L'Association Sortir du Nucléaire a communiqué samedi 6 mars 2010 un ensemble assez disparate de notes d'études émanant d'EDF, assorti d'une synthèse de son cru selon laquelle notamment « *certains modes de pilotage du réacteur EPR peuvent provoquer l'explosion du réacteur à cause d'un accident d'éjection de grappes (qui permettent de modérer, d'étouffer la réaction nucléaire). Ces modes de pilotage sont essentiellement liés à un objectif de rentabilité économique, qui implique que la puissance du réacteur puisse être adaptée à la demande électrique. Ainsi, dans le but de trouver une hypothétique justification économique à l'EPR, ses concepteurs ont fait le choix de prendre le risque très réel d'un accident nucléaire. De plus, l'essentiel des arguments en faveur de l'EPR (puissance, rendement, diminution des déchets, sûreté accrue) s'avèrent faux* ».

Les notes d'EDF « révélées » par SDN sont pour l'essentiel antérieures à 2004 ; les plus récentes datent d'avril 2009 ; la synthèse SDN elle-même date de novembre 2009.

Le procédé consistant à diffuser des documents déjà anciens pendant un week-end et à la veille d'une grande conférence internationale sur le nucléaire civil, où la France avec l'OCDE accueille plus de 65 délégations internationales, ne serait pas relevé si les conclusions de Sortir du Nucléaire étaient fondées. Malheureusement, c'est un magma de contre vérités.

Nous rappellerons d'abord succinctement la nature de l'accident d'éjection de grappe qui fait l'objet de la polémique, et le contexte de la conception EPR à cet égard, puis nous ferons une analyse synthétique des contre vérités SDN, avant de faire un commentaire mot à mot de leur note de synthèse ci-annexée.

Rappel sur le pilotage et l'arrêt neutronique des réacteurs à eau sous pression

Les REP disposent de deux systèmes de pilotage et arrêt :

1. Les grappes de commande qui peuvent être introduites ou extraites rapidement du cœur du réacteur. Il y en a quatre vingt neuf dans l'EPR ; elles sont constituées d'un matériau absorbant les neutrons.
2. Le bore soluble, également absorbant, dont on peut faire varier la concentration (et donc l'absorption). Ces variations de concentration sont lentes, mais on peut aussi faire une injection rapide de bore pour étouffer la réaction en situation accidentelle.

Pour opérer des variations rapides de puissance, on utilise les grappes dont les mouvements sont rapides. Par exemple si, fonctionnant à pleine puissance, on veut passer à un régime à 50% de puissance, on insère des grappes. Et on les sort si on veut remonter en puissance.

Une combinaison de l'action sur les grappes et l'action sur la concentration en bore est également possible ; par exemple, on peut, après avoir réduit la puissance à 50% en insérant des grappes augmenter la concentration en bore ; pour rester à 50%, il faudra corrélativement remonter les grappes qu'on a initialement insérées. On restaurera alors une bonne distribution du flux neutronique (l'absorbant dissout dans l'eau étant distribué également partout, alors que les grappes agissent ponctuellement, et essentiellement dans la partie supérieure du cœur :

elles distordent le flux). Mais si on utilise cette stratégie, et ayant de ce fait ressorti les grappes, on ne pourra plus les sortir à nouveau si on souhaite faire une augmentation rapide de puissance : pour revenir à pleine charge, il faudrait baisser la concentration en bore ce qui est sensiblement plus long que l'action sur les grappes.

La plupart des pays utilisent leurs réacteurs exclusivement à pleine puissance (fonctionnement en base). En France, et du fait de l'importance relative du nucléaire dans la production d'électricité, les réacteurs ont été adaptés pour faire du « suivi de charge » et être capable de retour rapide à pleine puissance (« retour instantané en puissance » ou RIP). Pour y parvenir, Framatome a développé un concept de barres de commande dite « grises » car peu absorbantes, par opposition aux barres noires, plus absorbantes, exclusivement utilisées à l'étranger. Plus précisément, le concept français en œuvre jusqu'à l'EPR associe barres noires et barres grises, ces dernières étant utilisées pour le suivi de charge ; étant moins absorbantes, elles peuvent rester en réacteur sans perturber exagérément le flux, et leur extraction permet le retour rapide en puissance.

Spécificité de la conception EPR initiale

Parmi les améliorations de sûreté de l'EPR, il a été décidé de supprimer l'instrumentation interne pénétrant par le bas du réacteur. L'instrumentation « par le bas » était une solution simple, mais les pénétrations seraient très difficiles à remplacer si elles donnaient lieu à des fuites. Il a donc été préféré une instrumentation « par le haut ». Or la partie supérieure du réacteur (couvercle de cuve) est déjà encombrée par les grappes de commande ; il convient en outre de traverser les internes supérieurs. Il se trouve que les réacteurs allemands et notamment les Konvoi avaient déjà adopté cette conception plus difficile que la conception « par le bas », et il a donc été décidé de l'appliquer. En outre, et pour des raisons industrielles, il a été décidé d'adopter des mécanismes de commande de grappe du type utilisé en Allemagne. De proche en proche, et ces ensembles étant liés, il a été initialement décidé d'adopter le mode de pilotage allemand dont les performances paraissaient suffisantes utilisant exclusivement des barres noires, plus absorbantes, et non les barres grises françaises.

L'accident d'éjection de grappe

Rappels sur la démarche de sûreté

La conception des réacteurs est fondée sur la défense en profondeur, à un double titre :

1. On identifie l'ensemble des séquences accidentelles susceptibles d'affecter un réacteur ; on prend un certain nombre de mesures de conception (notamment qualité des composants ; redondance et diversification des systèmes) pour réduire l'occurrence de ces séquences, et cependant on fait l'hypothèse que ces séquences accidentelles, malgré les précautions prises, interviendraient et on vérifie que les conséquences sont acceptables
2. On interpose entre les produits de fission et l'environnement des barrières : le crayon combustible et sa gaine ; le circuit primaire ; l'enceinte de confinement du réacteur. Et on s'assure pour les diverses séquences accidentelles de la résistance de ces barrières. A noter cependant que certaines séquences prennent par hypothèse la rupture de la deuxième barrière : c'est le cas en particulier de la séquence « éjection de grappe ».

On évalue alors le comportement de la première barrière et on s'assure de l'intégrité de la troisième barrière.

Toutes ces études dites de dimensionnement, sont menées avec des hypothèses conservatives ; on prend l'état le plus pénalisant de la tranche comme condition initiale de l'accident ; et on suppose la perte des alimentations électriques, et des systèmes de sûreté s'ils ne sont pas redondants.

L'application à l'accident d'éjection de grappe (EDG)

L'accident d'éjection de grappe (EDG) est l'un des quinze accidents de la quatrième catégorie (accidents les moins fréquents et les plus graves). Dans la liste de ces quinze accidents figure « l'accident de référence » soit la rupture doublement débattue du circuit primaire : ce n'est pas parce qu'on se préoccupe des conséquences de ces accidents qu'on les considère comme probables. Leur étude relève de la défense en profondeur : on fait l'hypothèse qu'ils se sont produits malgré les nombreuses mesures prises pour qu'ils ne se produisent pas.

L'EDG serait la conséquence d'une rupture d'enveloppe de mécanisme de commande, qui entraînerait l'éjection quasi instantanée de la grappe de commande correspondante.

Alors que la plupart des accidents sont les plus sévères lorsque le réacteur est à pleine puissance, l'EDG s'étudie avec une grappe insérée, dont l'éjection entraînerait le maximum d'augmentation de réactivité. L'EDG est donc la plus sévère à puissance partielle, certaines grappes étant insérées, et donc quand on cherche à faire des retours rapides à pleine puissance.

Le nombre de configurations de conduite est quasi infinie ; et la physique de l'EDG est complexe : la grappe éjectée cesse d'absorber les neutrons et donc la réactivité augmente. Mais les effets Doppler (température) et de vide (ébullition) stoppent cette augmentation. Compte tenu de cette complexité, et grâce aux puissances de calcul des ordinateurs modernes, on effectue des Codes en cinétique et tridimensionnels : on calcule les paramètres physiques locaux du réacteur, et pendant tout le temps (très court), avec un pas de temps extrêmement bref.

On peut imaginer des dizaines et des centaines de situations initiales, et pour chercher la plus pénalisante, on fait des centaines de calculs.

Dans cet accident qui s'assimile à un petit LOCA (perte de réfrigérant primaire), l'objectif de sûreté est de montrer qu'il n'y a pas plus de crayons rompus que dans un gros LOCA (soit 10% du cœur dans l'EPR ; 100 % conventionnellement retenu dans les réacteurs antérieurs). Il n'y a pas de problème substantiel de prompt criticité et d'explosion, les contre réactions étant immédiates et fortes. En revanche, il y a sous refroidissement local de combustible et risque de rupture de gaine.

Il appartient à AREVA de faire les calculs et d'apporter les justifications, comme le rappelle l'une des notes citées par SDN (Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives Note 8 citée par SDN) ; le rôle d'EDF est de contrôler ces calculs et éventuellement de proposer des orientations.

Les conclusions des études d'Ejection De Grappe de l'EPR

Dès lors que des grappes noires étaient initialement envisagées, il était notoire que l'accident d'EDG serait plus difficile qu'en pilotage gris : c'est cette évidence que disent les notes EDF de 2004 et début 2007.

En effet l'éjection d'une grappe noire est plus pénalisante que l'éjection d'une grappe grise.

Mais la note du 25/10/2007 d'EDF indique qu'AREVA a proposé un nouveau schéma de grappes avec utilisation de grappes grises, dont les études préliminaires laissent penser qu'il permettra de respecter les critères.

Et la note EDF d'avril 2009 indique que les études sont en voie d'achèvement, et que les critères sont respectés.

Ainsi SDN a le très grand talent de faire parler tout un week-end toutes les radios françaises d'un problème résolu.

Est-il besoin au passage de souligner que jamais dans ces études d'accident, la criticité prompte n'est un problème, car l'excursion de puissance est instantanément étouffée par des contre-réactions physiques. Le seul critère est celui du pourcentage de ruptures de gaines, sensiblement inférieur au seuil théorique de 100% (100% en LOCA de référence dans les réacteurs existants). En outre la brèche étant petite (la section de la traversée de la cuve par le mécanisme de commande de grappe), les conséquences sur la pression et la température de l'enceinte seront beaucoup plus faibles que pour le LOCA de référence : il n'y aura aucune conséquence dommageable pour l'enceinte.

Que ce serait-il passé si ce problème n'avait pas été résolu

SDN laisse penser que la non solution de ce problème eût été un drame.

Faut-il noter que le suivi de charge et l'exigence de retour rapide en puissance conduisant à fonctionner avec une grappe insérée sont une spécificité française.

Economiquement, et lorsqu'ils arriveront sur le réseau, les deux premiers EPR auront des coûts de fonctionnement (exploitation et combustible) sensiblement plus faibles que les réacteurs plus anciens, grâce à leur puissance plus forte, leur meilleur épuisement du combustible, et leur rendement accru.

Economiquement, il ne sera pas justifié d'exploiter l'EPR en suivi de charge, puisque son coût marginal de kWh sera inférieur à celui des autres réacteurs. Il aurait donc suffi en cas de difficultés de relaxer l'exigence de remontée rapide en puissance (par exemple 1% par minute au lieu de 5% par minute) : à charge partielle, les grappes auraient été moins insérées et l'EDG aurait été moins pénalisant.

Les conséquences sur la puissance de l'EPR

SDN prétend que l'EDG aurait eu des conséquences sur la puissance de l'EPR qui aurait été réduite. Il n'en est rien.

SDN feint d'ignorer que depuis l'origine, l'EPR de Flamanville est conçu pour 4500 MWth de puissance Cœur, comme le prévoit le Décret de d'Autorisation de Création. Et c'est la puissance de dimensionnement des composants.

Mais la puissance qui fait l'objet d'une demande d'autorisation d'exploitation est de 4300 MWth : c'est la puissance retenue pour le réacteur finlandais dont la source froide est ... très froide : une puissance plus élevée amènerait en butée pour les composants secondaires compte tenu du rendement particulièrement élevé lié à la source froide. Et il a paru plus simple de faire deux chaudières identiques.

Mais EDF a parfaitement prévu de passer la puissance à 4500 MWth, ou d'utiliser les marges pour d'autres gestions de combustible, selon le meilleur arbitrage économique : l'accident d'EDG n'y est pour rien.

Pour mémoire

On notera enfin que SDN développe quelques considérations sur l'étude de l'accident d'éjection de grappe sans arrêt d'urgence (EDG sans AAR).

Etant un accident de classe quatre, l'EDG s'étudie en postulant l'arrêt d'urgence ; ça n'est pas essentiel car l'AU n'intervient qu'après environ 3,5 s (temps de chute des grappes) alors que c'est la phase initiale de l'EDG qui est essentielle (quelques dixièmes de secondes).

L'AU intervient sur signal de haut flux, ou de haute variation de flux.

Conventionnellement, dans les accidents de classe quatre (rarissimes) ; on ne va pas postuler aussi un refus d'AU également rarissime on ne cumule pas l'accident avec le non AU (contrairement aux accidents de classe 2/Anticipated Transients Without Scrams - ATWS).

Cependant, il peut y avoir des éjections de grappe peu antiréactives, qui ne déclenchent pas l'AU. EDF se préoccupe de leur étude. Pourquoi pas : je présume que c'est cependant une innovation. Mais par hypothèse, ce sera un EDG peu sévère, introduisant peu de réactivité : l'injection de sûreté, qui introduit du bore très concentré, se mettra en route (par signal de perte de réfrigérant primaire) et le réacteur sera étouffé. Que l'étude soit faite par souci d'exhaustivité est utile, mais les conclusions sont faciles à anticiper.

Une technologie explosive: l'EPR

Le texte est de SDN ; les remarques en blanc sur fond noir sont de Hervé Nifenecker et Dominique Vignon

Un réacteur à puissance réduite

Le « *Rapport préliminaire de sûreté [RPS] de l'EPR Flamanville 3* » (version publique 2006) nous donne les caractéristiques de ce réacteur en les comparant à celles des réacteurs du « *palier N4* » (centrales de Chooz et Civaux). Cependant, une note d'étude d'EDF de 2004 [1] indique que la puissance de l'EPR serait, dans un premier temps, inférieure de 180 MWe à celle déclarée dans le Rapport préliminaire de sûreté.

C'est une note d'un sous département d'un service d'étude d'EDF, non signée par le Projet EDF ni par aucun responsable. De toute manière le fait même de fonctionner en suivi de charge (ce qui n'est pas obligatoire et ne sera probablement pas fait de façon systématique) implique que, pendant une certaine période, le réacteur travaille à des puissances inférieures à sa puissance nominale. Ce fonctionnement en suivi de charge est de plus en plus sollicité du fait du développement de l'éolien qui se traduit donc par une perte financière sur le fonctionnement des réacteurs, EPR ou non.

Paramètres du réacteur	Rapport de sûreté		Note EDF 2004	
	EPR	Palier N4	EPR	Palier N4
Puissance thermique (MWth)	4500	4250	4250/4500	4250
Puissance électrique (MWe)	1630	1475	1450/1550	1450
Rendement (%)	36	34,5	/	/
Rendement calculé (Pe/Pth)	36,2	34,7	34,1/34,4	34,1

La puissance du réacteur EPR sera donc équivalente à celle des centrales les plus récentes (palier N4). Quant à l'effarant saut technologique de 1,5% de rendement, il ne serait que poudre aux yeux et enfumage. En effet, avec les mêmes puissances thermique (Pth) et électrique (Pe), les deux types de réacteur ne peuvent avoir qu'un même rendement, de l'ordre de 34%.

Non ; même si l'EPR n'était exploité qu'à 4300 MWth, son rendement resterait de 36,2% versus 34,1% soit une augmentation de 6% du fait du seul rendement, toutes choses égales par ailleurs. Ce n'est pas la puissance qui fixe le rendement mais la pression et la température de sortie de l'eau des générateurs de vapeur. Le gain en rendement conduit à une économie d'environ 40 millions d'Euros par an, sans charge en face. Cela représente environ 40 millions d'Euros par an, sans charge additionnelle : c'est de la marge nette pour l'exploitant.

Un autre document explique que « *la vocation de l'EPR est de permettre le passage (à moyen terme) à un niveau de puissance de 4 500 MWth [mégawatt thermique]* » [2] (§4.10). La durée du « *moyen terme* » n'est pas indiquée. « *Toutefois, la puissance retenue dans les études accidentelles du rapport préliminaire de sûreté EPR est 4250 MWth* » [1] (§4.1).

Une énergie ruineuse

Cet écart de puissance est-il important ? Oui car il conditionne le coût de production du réacteur. Pour un même coût de construction, plus la machine est puissante plus elle produira de l'énergie, et moins chers seront les mégawatt-heures (MWh).

C. Pierre Zaleski et Sophie Meritet du Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (CGEMP) ont estimé en 2004 le coût du MWh EPR à 41 €, pour un coût de construction de 3 milliards d'€ et avec une puissance de 4 500 MWth [3]. Ce MWh serait désormais de l'ordre de 55 € compte tenu du surcoût de construction annoncé prudemment à 4 milliards d'€ [4]. Et la facture risque de s'allonger encore en fonction des aléas du chantier de construction, de la transparence du maître d'oeuvre sur le coût réel et de ce qu'on entend par « *moyen terme* » pour le passage de 4 250 à 4 500 MWth...

Il est alors intéressant de comparer les coûts de production nucléaire. Aujourd'hui, le MWh « *en base* » est vendu par EDF à 35 € sur le marché de l'énergie, pour un prix de revient de 33 à 34 € sortie des centrales REP actuelles.

Qui sont déjà amorties

L'EPR produira donc à perte l'énergie de « *base* » même si le prix de vente du MWh « *en base* » est légèrement relevé comme le souhaite EDF. Cependant, le coût du MWh « *en pointe* » de consommation peut dépasser les 100 € sur le « *Marché spot* » de l'électricité [5].

Les 100 €/MWh reflètent le prix de la production des centrales à charbon ou gaz allemandes. Elles sont évidemment bon marché ! Il suffit de demander aux industriels allemands ce qu'ils en pensent.

Rappelons que l'électricité éolienne est rachetée 82 €/MWh et l'électricité photovoltaïque 500 €/MWh, beaucoup moins ruineux que les 55 €/MWh cités plus haut.

Mais, l'EPR est conçu pour fonctionner en « *suivi de charge* » ainsi qu'en « *réglage de fréquence* ». Il est sensé réaliser des variations rapides de puissance grâce à son mode de pilotage révolutionnaire : le « *RIP* » pour « *Retour instantané en puissance* ».

Dans ce cas, EDF pourrait éventuellement envisager d'amortir son investissement.

Pour faire des « *sous* » il vaudrait mieux faire marcher l'EPR à pleine puissance constamment, et pas en suivi de charge. Le rédacteur ne semble pas avoir de biens solides notions en économie.

L'accident grave

Eventuellement... En effet, nous avons connaissance d'une note technique d'EDF [6] évoquant l'« *l'EDG FA3* ». Qu'est ce que c'est que ce charabia ? FA3 est le diminutif de Flamanville 3 et EDG est l'acronyme de l'accident « *Ejection de grappe* ». Les grappes servant à contrôler la puissance du réacteur, à le piloter. Ce sont à la fois l'accélérateur et le frein. L'accident d'éjection de grappe peut se comparer au blocage de l'accélérateur. A fond.

Le paragraphe 15.2.4.e du « *Rapport préliminaire de sûreté* » décrit « *l'EDG FA3* ».

« *Cet accident conduit à une perte de réfrigérant primaire via la rupture de l'enveloppe du mécanisme de commande de la grappe éjectée* » et « *entraîne un transitoire très rapide avec un temps d'éjection [...] de 0,1 secondes* ».

L'éjection de la grappe provoque un « *apport de réactivité positif rapide suivi d'une excursion de puissance* ». Heureusement, « *la contre réaction Doppler* » et « *l'arrêt automatique (...) initié au pic de puissance* » arrêtent le phénomène. Normalement.

Cependant, il est écrit que le réacteur peut, en cas d'éjection de grappe à faible puissance, dépasser « *la prompte criticité* ».

La criticité prompt pourrait être atteinte localement, mais la contre réaction due à l'augmentation de température (celle-ci amène une augmentation marquée des captures sans fission dans l'uranium 238) arrête le phénomène avant tout endommagement du combustible. Il n'y a rien de spécifique à l'EPR, des évolutions de ce type pouvant se produire dans les réacteurs actuels.

Que désigne ce terme barbare ? Pour en avoir une idée, tapez « *prompte criticité* » sur votre moteur de recherche et allez sur le site de la très pro-nucléaire Société française d'énergie nucléaire. Vous y trouverez un compte rendu technique de l'accident de Tchernobyl. Sans qu'il y ait eu d'accident d'éjection de grappe, le réacteur s'est retrouvé « *en situation de prompte criticité et la puissance a pu atteindre en quelques secondes cent fois la valeur nominale* » [7].

« *Cependant il ne faut pas perdre de vue que l'accident survenu à Tchernobyl est un accident de criticité prompt sur un réacteur de puissance.*

C'est vrai que l'accident de Tchernobyl a commencé par une criticité prompte, mais la ruine de l'enceinte a été la conséquence d'une explosion hydrogène. Par ailleurs les réacteurs de type Tchernobyl utilisent du graphite pour ralentir les neutrons, l'eau de refroidissement jouant essentiellement, à leur égard, un rôle d'absorbant. La disparition de l'eau n'empêche pas le ralentissement des neutrons (les neutrons lents sont beaucoup plus « réactifs » que les neutrons rapides) mais diminue l'absorption, d'où sur-criticité possible. Dans les réacteurs REP la disparition de l'eau supprime le ralentissement des neutrons et éteint le réacteur, c'est à dire le rend sous-critique. Cette comparaison avec le réacteur de Tchernobyl montre simplement que le rédacteur ne connaît rien à la neutronique.

Comme le souligne l'IPSN [Institut de protection et de sûreté nucléaire], les accident de criticité présentent un danger particulier du fait que lorsque le milieu est sous-critique, la puissance neutronique est très faible et que si le milieu devient sur-critique pour une raison quelconque, il peut devenir le siège d'une excursion de puissance neutronique assimilable à une explosion »[8].

Lu sur l'encyclopédie en ligne « wikipedia » : la « *criticité prompte, c'est celle où opèrent les armes nucléaires* ».

Mais, justement toute la difficulté est de l'obtenir et de la maintenir à un niveau élevé. Demandez aux Iraniens ce qu'ils en pensent. Là SDN agite les fantasmes pour affoler les populations

L'EPR risque t'il exploser à son tour ?

On est en droit de se poser la question à la lecture des documents d'EDF.

Les seules explosions possibles dans le cas des REP et de l'EPR sont des explosions de type chimique (hydrogène) ou physico-chimique (explosion vapeur consécutive à la chute d'un corps très chaud dans de l'eau liquide). Ce type d'explosions sont prises en compte dans les calculs de résistance de l'enceinte de confinement.

Le réacteur s'emballé

Dans une étude [9], les ingénieurs d'EDF ont identifié « *l'accident d'éjection de grappe* » comme « *potentiellement problématique pour EPR* ». Il est question de « *dépassements très significatifs* » du « *critère de nombre de crayons [combustible] en crise d'ébullition* ». De « *20 à 30%* » du combustible pourrait alors se rompre en cas d'accident.

100 % est admis sur les réacteurs actuels. Les calculs de cette référence sont des calculs sommaires d'EDF, corrigés par les calculs ultérieurs. Les critères ont été rendus plus sévères dans le cas de l'EPR puisque on est passé de 100% à 10% de crayons endommagés.

En résumé, le réacteur s'emballé localement (excursion de puissance), le combustible chauffe, l'eau qui le refroidissait se met à bouillir (crise d'ébullition).

Un physicien pourrait faire le bilan entre l'effet Doppler et l'effet de température stabilisant la réaction sur-critique avec les effets du changement d'état du modérateur (eau/vapeur), de la moindre quantité de bore dans la vapeur et de la présence d'un « *réflecteur lourd* » qui limite le taux de fuite des neutrons rapides.

C'est ce qui est rapporté Dans sa dernière note, EDF indique avoir fait ses calculs, et conclut qu'il n'y aura en réalité pas de problème.

Le tableau 3 du document [9] présente les résultats de l'étude d'Areva qui montrent que le combustible pourrait atteindre la température de 2779°C pour une température de fusion de 2800°C. On est admiratif face à une telle précision. Curieusement, la température de la gaine n'atteindrait que 1458°C bien que contenant l'oxyde d'uranium à près de 2800°C.

Qu'il y ait une grande différence de température entre le centre des éléments combustibles et l'enveloppe n'est pas une surprise !

Par ailleurs, on sait que la température de fusion du combustible diminue en fonction de l'irradiation. De l'ordre de 40°C pour le combustible EPR à haut « burn-up ».

Le paragraphe 6.1.6 nous apprend que « l'origine des difficultés rencontrées en éjection de grappe étant essentiellement liée au mode de pilotage envisagé pour EPR et plus précisément dans l'exigence de maintien de la capacité de Retour instantané en puissance (...), la voie ultime d'amélioration de l'étude d'accident réside dans la modification de celui-ci ».

C'est bien de qui a été décidé en 2007 ...

Le « RIP » pose donc problème. La solution serait alors d'abandonner ce mode de pilotage plutôt contraignant. EDF sacrifierait la rentabilité sur l'autel de la sûreté ? Cela « ne pourrait toutefois être envisagée que de manière temporaire dans le meilleur des cas, le temps de faire accepter une voie de résolution pérenne ».

La décision de revenir aux grappes grises prise en 2007 rend caduque cette remarque. De plus ce serait l'abandon du mode de pilotage en suivi de charge qui serait rentable. Mais la gestion du parc éolien, avec ses fluctuations de production, serait rendue plus difficile.

Accepter à qui ? Le chapitre 7 évoque la possibilité de « remplacer les critères actuels » par une autre méthode « analytique ». Cette solution « devrait s'accompagner d'un dossier défensif montrant le respect des critères actuels moyennant la prise en compte de contraintes d'exploitation éventuellement applicables le temps de faire aboutir le dossier auprès de l'ASN ». L'Autorité de sûreté nucléaire, le « gendarme » de l'atome qui mange son chapeau plus souvent qu'à son tour. Il est même question dans le « Plan d'action » de préparer « la stratégie d'approche de l'ASN »...

Il est normal que les équipes d'EDF et AREVA préparent avec soin leur dossier pour l'ASN. Le contraire serait étonnant. Serait-il souhaitable de présenter n'importe quoi à l'ASN ?

A noter que « Areva ne semble pas rencontrer de telles difficultés dans le cadre des études réalisées pour OL3 (...). L'absence de prise en compte de pénalités, le recours à une méthodologie d'étude moins pénalisante, et l'absence d'étude haut burnup semble en être les explications principales » (chapitre 5). Là il est question de l'EPR en construction en Finlande « OL3 » où Areva rencontre d'autres difficultés : 4 années de retard...

Sûreté problématique

Revenons au document au titre évoquant les « voies de sortie de la problématique éjection de grappe » [2].

On admire la sémantique qui fait passer d'une problématique de sûreté à une sûreté problématique.

Cette note technique fait le tour des solutions envisageables pour sortir « de la problématique » et confirme « la mise en évidence de dépassements très importants et généralisés des critères de sûreté » malgré une modification du mode de pilotage. Cela a le mérite d'être clair...

On apprend également (§ 5. 3), que pour le palier N4, la gestion du combustible « Alcade » [10] conduit « à respecter sans marges les critères actuels de sûreté en éjection de grappe ». Ces réacteurs évolue donc déjà sur la corde raide car « sans marge » on n'est pas à l'abri d'une erreur de calcul.

Modification majeure

Modification qui consiste à se rapprocher de toutes les tranches françaises antérieures.

En fin d'année 2007, Areva revoit la conception du réacteur en projetant de remplacer un certain nombre de grappes de pilotage très absorbantes de neutrons (dites « *grappes noires* ») par des grappes moins absorbantes (« *grappes grises* »). Sans renoncer au mode de pilotage « *RIP* » à l'origine du problème. Le document [11]

Toujours un document de 2007, alors que le dernier document 2009 rectifie toutes ces assertions.

explique qu'il restera dans certains cas « *des marges d'arrêt faibles voire insuffisantes* », que « *des difficultés persistent* » et « *resteront présentes à fort niveau de puissance lors de la réalisation de l'étude d'éjection de grappe* », malgré le remplacement des grappes « *noires* » par des « *grises* ». Dans l'annexe 1 (page 24), le « *NCE* » (Nombre de crayons en Crise d'Ébullition) à puissance nominale se situe aux alentours de 10%.

On peut penser qu'un tel changement dans l'efficacité des grappes de pilotage d'un réacteur s'apparente à un modification majeure de conception qui pourrait mettre à mal la démonstration de sûreté accepté par l'ASN. C'est ce que suggère ce dernier document de l'année 2007 (§ 7): « *la reprise du schéma de grappes est une modification importante de conception par rapport au PSAR [Preliminary safety analysis report] qui a conduit au DAC [Décret d'autorisation de création] et que l'ASN pourrait y voir une raison de constat de perte d'actualité du dossier* ».

Il faut savoir que les maigres bénéfices obtenues en EDG avec des grappes grises moins absorbantes de neutrons deviennent défavorables en cas d'accident de Rupture de tuyauterie vapeur (RTV). C'est la quadrature du cercle.

Un problème insoluble

Et pourtant il a été résolu.

Nous avons donc vu que le « *NCE* » reste élevé malgré les diverses modifications apportées. La note EDF cité en [6] dresse le bilan sur le problème « *EDG* ». En 2009, les problèmes persistent et, au niveau de la radioprotection, d'autres semblent poindre (§8.2.1):

« *La principale évolution attendue sur EPR étant le passage à 4500MWth, si l'étude EDG du RdS [Rapport de sûreté] 4300 est réalisée avec peu ou pas de provisions, le bilan des marges (physiques) se dégradera forcément à 4500.*

Dans ces conditions, le choix de provisions faibles pour maximiser les marges physiques, au prix de contraintes sur l'exploitation, de calculs volumineux en recharge et de dégradation du bilan des marges lors d'évolutions ultérieures, ne présente que peu d'avantages.

Seule la crainte de difficultés à accommoder les calculs de rejets radioactifs vis à vis de la qualification du matériel (conception différente du parc) peut conduire à moduler cette position.

En effet sur EPR le matériel n'est classé que jusqu'à 1% de crayons cassés.

Phrase incompréhensible ; pas sûr que l'auteur EDF se soit bien relu.

Or si dans les études de rejets EPR on considère, comme c'est couramment le cas, que les crayons entrant en NCE en EDG sont cassés pour l'étude de rejet, on voit bien qu'il convient de minimiser ce NCE. On notera toutefois qu'il est absolument impossible qu'une étude d'EDG conduise à un NCE inférieur à 1%, le NCE EPR prévisionnel étant plutôt entre 6 et 9% ».

Rupture des deux premières barrières

En « *éjection de grappe* », le « *nombre de crayons en crise d'ébullition* » considérés comme « *cassés* » sera largement supérieur à 1%, valeur maximale à laquelle « *le matériel EPR est classé* » d'un point de vue radiologique. En clair, au delà de 1% de NCE, le matériel exposé aux fortes radiations risque de tomber en panne...

Mais non; le critère est 10%

Dans ce type d'accident, l'éjection de la grappe a créé une brèche par laquelle le circuit primaire en train de bouillir (crise d'ébullition) se dépressurise dans l'enceinte. La deuxième barrière de confinement est donc rompue. Et même si « *l'excursion de puissance* » est stoppée.

en quelques secondes par « *l'Arrêt automatique du réacteur* », l'eau à 155 bar du circuit primaire continuera à être pulvérisée dans l'enceinte de confinement (1 bar) sous forme de vapeur (300°C). Vapeur extrêmement radioactive du fait des « *crayons cassés* ». Crayons cassés signifiant rupture de la première barrière de confinement : la gaine du combustible d'une épaisseur de 0,57 mm seulement.

Le dégagement d'énergie mécanique lors de l'interaction combustible-eau n'est même pas évoqué alors qu'il risque de provoquer quelques désordres dans ce coin surchauffé du réacteur. Désordre tel que la déformation des assemblages combustible empêchant ainsi les grappes de sécurité de chuter pour stopper l'excursion de puissance. Si l'ordre d'arrêt automatique est donné...

Une illusoire troisième barrière

La santé des populations ne serait donc plus assurée que par la troisième barrière, l'enceinte de confinement, dont on sait qu'elle n'est pas complètement étanche.

Mais non; L'enceinte est calculée pour résister aux pressions et températures dans le cas d'une perte totale de refroidissement (LOCA), très supérieures à celles qui seraient obtenues dans le cas d'une éjection de grappe.

Sans oublier que le matériel, comme les vannes d'isolement enceinte par exemple, n'est pas classé en accident grave. Sans compter que l'« *accessibilité BR en fonctionnement* » est prévue : « *l'accessibilité au bâtiment réacteur tranche en marche (7 jour avant et 3 jours après l'arrêt de tranche) est une condition essentielle au respect de la durée d'arrêt de tranche de 16 jours* » [12]. Dans ce cas, la troisième et dernière barrière de confinement est béante !

Plus c'est gros, plus ça passe! On aura dépensé des sommes considérables pour réaliser une double enceinte de confinement complétée par une peau métallique pour laisser les portes ouvertes, réacteur en fonctionnement. Le lecteur appréciera le sérieux du rédacteur.

Le réacteur ne s'arrête pas en cas d'accident

Mais au fait, l'« *Arrêt automatique du réacteur* » (AAR) va-t-il fonctionner en EDG ? La note [6] y répond au chapitre 9, « *Transitoire d'EDG sans AAR* »:

« *Nous rappelons au projet une problématique connexe à l'étude d'EDG, il s'agit des cas d'EDG qui sont trop faibles pour conduire au déclenchement de l'AAR (...)* »

Il n'y a pas lieu d'être particulièrement préoccupé d'un accident qui hypothèse est tellement faible qu'il ne déclenche pas l'AU par haut flux. Il le déclenchera par dépressurisation rapide.

Ces cas ne figurent pas au RdS et leur étude n'est pas prévue à ce jour dans le cadre des études EPR avec AREVA (contrat C). Par ailleurs il n'existe pas de méthodologie pour traiter cette problématique spécifique ».

« *A l'heure actuelle il semblerait qu'aucune démarche n'ait été entreprise et le dimensionnement de protections EPR semble succinct (...)* ».

Sans oublier « *des temps de chute des grappes trop élevés sur l'EPR en particulier en cas de séisme* » [1] (4.1.2) avec une « *vitesse des grappes environ deux fois moins élevée sur EPR que sur le parc en particulier* » [9] (6.1.6).

Trop élevés ou trop faibles ? : on admire la qualité de ces études, ou de cette synthèse.

« *Concernant plus spécifiquement l'EDG et ses cas sans AAR, un dossier défensif paraît nécessaire pour éviter toute lacune dans la démonstration de sûreté* ».

Mais attention, il s'agit de rester discret sur cette recommandation « *de préparer correctement un dossier présentant la démarche de dimensionnement des protections dans un document interne non transmis à l'ASN* » [6].

Car il n'y a pas de problème de sûreté.

Le « dossier défensif » a intérêt à être en béton car au chapitre 3.6 du « Rapport préliminaire de sûreté (RPS) de l'EPR Flamanville 3 », à propos des « exigences de sûreté » des « mécanismes de commande des grappes », il est écrit : « la chute de chaque grappe de commande doit être garantie dans toutes les situations accidentelles ». En « cas d'EDG », il est possible qu'aucune grappe ne chute ! Ou qu'elles se bloquent en cours de descente.

Ce n'est absolument pas ce que dit l'étude; elle envisage que la hausse du flux soit tellement faible que les protections n'initient pas l'AU sur haut flux. Il sera initié sur d'autres signaux. Accélérateur bloqué à fond et frein inopérant : Tchernanville 3...

Pour information, sur l'étude EDG du palier N4, l'éjection de la grappe à lieu en 0,1 s et le pic de l'excursion de puissance est prévu 0,2 s plus tard. Le début de la chute des grappes n'a lieu que 0,6 s après la détection « haut flux nucléaire seuil haut ».

Et les grappes mettent 3,5 secondes à chuter; l'EDG est un accident à cinétique très rapide, dans lequel la chute de grappes est accessoire.

Conclusion

L'EPR d'Areva est un réacteur inexploitable sans de notables impasses sur la sûreté. Il n'est pas conforme au Rapport de sûreté concernant la chute des grappes (AAR) en cas d'accident grave (EDG) ; le matériel n'est pas classé pour les accidents induisant plus de 1% de crayons combustible cassés. Pourtant, un récupérateur de corium est censé collecter la fusion de 100% du cœur...

Malgré des modifications majeures du pilotage réalisées sans aucune transparence, EDF va prendre des risques inconsidérés pour tenter de rentabiliser à tout prix son investissement. Sans « RIP », l'EPR pourrait être exploité à perte. Avec « RIP », l'EPR pourrait conduire à notre perte.

RIP : « Repose en paix »...

Références

- [1] Présentation synthétique de l'EPR – EDF, avril 2004
- [2] EPR FA3 – Synthèse des voies de sortie de la problématique éjection de grappe – EDF, mai 2007
- [3] <http://www.asn.fr/index.php/S-informer/Publications/La-revue-Contrôle/Dossiers-de-Contrôle-2005/Le-reacteur-EPR>
- [4] Actu énergie – 09/11/2009, information interne EDF
- [5] RTE – Statistiques de l'énergie électrique en France – 2008
- [6] Bilan de la phase préliminaire de l'étude d'EDG FA3 et perspectives – EDF, avril 2009
- [7] <http://www.sfen.org/fr/societe/accidents/tchernobyl/1.htm>
- [8] Marges disponibles pour les activités d'exploitation du REP par rapport aux risques de criticité – EDF, décembre 1999
- [9] EPR FA3 – Synthèse de l'étude de faisabilité de l'accident d'éjection de grappe – EDF, février 2007
- [10] Pour des précisions sur la gestion « Alcade » voir la Décision n° 2007-DC-0066 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 19 juillet 2007 relative à la mise en oeuvre de la gestion du combustible dite « ALCADÉ » dans les réacteurs des centrales nucléaires de Chooz B et Civaux.
- [11] EPR – Gestion combustible – Lot 1 – Revue de conception du schéma de grappes FA3 du 25/10/2007 – EDF, novembre 2007
- [12] Note de présentation de la deuxième revue de projet radioprotection EPR – EDF, mars 2004