

STRESS TESTS NUCLÉAIRES : PENSER L'IMPENSABLE

Jean-François Fauconnier, *chercheur-associé à étopia*

Février 2012



etopia_

centre d'animation et de recherche en écologie politique

www.etopia.be

Si l'accident majeur nucléaire a toujours été décrété « extrêmement improbable », voire « impossible » par les défenseurs de l'atome, force est de constater que sur un parc de 450 réacteurs, cinq ont connu un accident grave : un à Three Mile Island, aux Etats-Unis (1979), un à Tchernobyl, en ex-URSS (1986), et trois à Fukushima (2011). Soit une statistique d'accident plusieurs dizaines de fois supérieure aux probabilités annoncées. La répétition de telles catastrophes quasi toutes les décennies est évidemment inacceptable.

Suite à la catastrophe de Fukushima, l'Europe a décrété que la sûreté de ses centrales devait être contrôlée sur base d'une analyse de risque baptisée « stress tests ». Comme précédemment pour les établissements bancaires, avec le peu de succès que l'on sait...

A la lecture des rapports remis par Electrabel à l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN), nous constatons que le niveau de protection des réacteurs est des plus préoccupant, particulièrement en ce qui concerne le risque de chute d'avion et l'aléa sismique. Le présent document se concentre sur ces deux des éléments cruciaux en matière de sûreté (risque sismique) et de sécurité (chute d'avion) des réacteurs nucléaires belges. Même s'il touche également mot du risque en matière d'inondations, il n'a la prétention ni de constituer une critique exhaustive du processus des « stress tests » nucléaires en tant que tel, ni des rapports remis par l'opérateur dans ce cadre, ni de leur évaluation provisoire par l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN).

Chute d'avion

En 1988 déjà, le rapport final de la « Commission Tchernobyl » du Sénat concluait que Doel 1, Doel 2 et Tihange 1 n'avaient pas été conçus pour résister à la chute d'un avion autre qu'un avion de tourisme. Il n'est donc pas surprenant qu'en ce qui concerne la chute d'avions sur les unités les plus anciennes, l'AFCN ait eu besoin de très peu de temps pour souligner (avec raison), dans son évaluation préliminaire des rapports de l'opérateur, que l'on ne peut exclure *"des dégâts importants de la structure externe en béton, avec possibilité de projectiles pénétrants à l'intérieur de l'enceinte"*.

C'est pour le réacteur de Tihange 1 que les épaisseurs de béton sont les plus faibles... Quant à Doel 1 et Doel 2, l'enceinte « intérieure » est une sphère en acier. Or, l'acier résiste mal à l'augmentation de chaleur causée par un incendie...

Dans son rapport, l'AFCN ajoute cependant à ce qui précède que ces dégâts *"n'impliquent pas nécessairement une atteinte du circuit primaire ni des systèmes de refroidissement et de sauvegarde"*, ce qui semble contradictoire. Les stress tests ont en théorie justement pour but de se mettre dans la situation la plus défavorable, sans considérations de « probabilités »... En réalité, l'atteinte du circuit primaire (ne serait-ce que les générateurs de vapeur) ne peut être exclue. Un rapport de la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN), l'homologue suisse de l'AFCN¹, publié peu après les attentats du 11 septembre 2001 est sans équivoque à cet égard² :

« La protection des centrales nucléaires contre des impacts externes ne tient compte, ni en Suisse, ni ailleurs dans le monde, d'actes de guerre et d'attaques terroristes depuis l'espace aérien. Le scénario d'un détournement à des fins terroristes d'un gros avion de ligne avec un plein de carburant servant de bombe n'a jusqu'à présent été pris en considération par aucun équipement technique ou construit par l'homme, ceci nulle part dans le monde. Les centrales nucléaires actuelles n'offrent pas une protection complète dans ce cas. »

En cas de crash d'avion grave dépassant massivement la conception actuelle de la protection des centrales nucléaires contre une telle éventualité, on ne peut pas exclure une défaillance de l'enceinte de sûreté, ni un endommagement des structures internes du bâtiment qu'elle abrite. On ne peut donc pas exclure non plus des endommagements du système de refroidissement du réacteur ou des piscines des assemblages combustibles. Cela

¹ www.contratom.ch/spip/IMG/pdf/dsn_chute_avion.pdf.

² Traduction du texte original en langue allemande.

pourrait au pire entraîner un grave accident de perte du caloporteur avec relâchement de matières radioactives alentour. Les installations sont toutefois conçues de sorte que même ce cas extrême peut être maîtrisé par le fonctionnement correct des systèmes de refroidissement de secours. En cas d'endommagement ou de défaillance des divers systèmes redondants de refroidissement de secours, on ne peut cependant plus exclure un accident de fusion du cœur. [...]

Les centrales nucléaires (du monde entier) ne sont pas protégées, du point de vue de la technique de leur construction civile, contre l'impact d'actes de guerre et d'attaques terroristes provenant de l'espace aérien. Il n'est pas possible de réaliser dans les centrales nucléaires actuellement en service des améliorations techniques qui garantiraient une protection à 100% contre les conséquences d'une attaque terroriste de la nature de celle dont a fait l'objet le World Trade Center. Si l'une des centrales nucléaires suisses subissait une telle attaque, on ne peut pas exclure qu'en cas d'impact direct d'un bloc moteur sur le bâtiment réacteur – quel que soit la conception de ce bâtiment –, les assemblages combustibles dans la piscine du combustible ou le système de refroidissement primaire soient touchés et qu'il en résulte une libération de matières radioactives.»

Il faudrait également tenir compte des risques élevés d'incendie : si l'impact endommage fortement l'enceinte, le kérosène provoquera un incendie important qui pourrait se propager aux huiles hydrauliques, aux câbles électriques, etc. et causer des relâchements de matières radioactives. Il est en tout état de cause nécessaire de considérer de manière séparée l'effet de l'impact et de l'incendie du carburant. Il faudrait aussi envisager les chutes d'avions sur les postes de haute tension, les bâtiments des diesels de secours, les piscines de combustibles usés, etc. Ces bâtiments sont séparés des réacteurs (ce qui est une bonne chose).

Les bâtiments réacteurs des unités les moins âgées (Doel 3 et 4, Tihange 2 et 3) sont eux, selon l'AFCN, « réputés résister à l'impact d'un avion de ligne et donc sans dommages pour le circuit primaire. » L'AFCN ajoute que « le relâchement de matières radioactives dans un tel scénario est très peu probable. »

Au-delà du manque de cohérence des conclusions en ce qui concerne les plus anciens réacteurs (cf. supra), il faut souligner que l'entière du raisonnement de l'opérateur, tant en ce qui concerne les plus anciens que les moins vieux réacteurs, est basé sur l'hypothèse de la chute d'un Boeing 767. Le problème posé par les plus gros porteurs (Boeing 747, Airbus A380) – plus lourds et contenant plus de kérosène – n'a tout simplement pas été pris en compte !

Un briefing de l'ONG WISE-Paris publié suite aux attentats du 11 septembre 2001³ montre pourtant que l'énergie cinétique libérée par la chute d'un Boeing 747 et un Airbus 380 est respectivement 1.690 et plus de 2.500 fois plus importante que celle d'un avion de tourisme de type Cessna, auquel sont censés résister les réacteurs de Doel 1, Doel 2 et Tihange 1. Il en ressort également que l'énergie cinétique libérée par la chute d'un Boeing 747 et un Airbus 380 est – à vitesse quasi égale – respectivement 2,5 et 4 fois plus importante que celle d'un B767, l'avion pris en compte dans le cadre des stress tests !

La justification avancée pour ne pas prendre en compte des avions plus lourds et contenant plus de kérosène – le fait qu'il y en aurait statistiquement moins en vol – est peu convaincante si l'on considère la possibilité d'attaques terroristes. L'approche « probabiliste » retenue ici n'a aucun sens. Signalons d'ailleurs que selon nos informations, il n'y aurait que deux Boeing 767 immatriculés en Belgique, opérant au départ de Zaventem. Il y a de temps en temps à Zaventem des Boeing 767 de compagnies américaines ou éthiopiennes, mais en tout cas il n'y en a aucun à Bierset (Liège) ou Deurne (Anvers). TNT utilise par contre des Boeing 747-400F cargo à Bierset...

Certains affirment qu'avec des gros avions, les moteurs seraient séparés et ne toucheraient pas tous les zones critiques avec un angle d'attaque dangereux. Si l'on considère les photos aériennes des réacteurs, on voit certes des pylônes, cheminées ... qui pourraient briser les ailes et donc les réservoirs de kérosène. Il faut cependant noter que le passage d'un avion semble encore possible. Même l'impact d'un seul moteur pourrait fortement endommager le béton d'une enceinte. Remarquons que si l'envergure d'un

³ www.wise-paris.org/francais/nosbriefings_pdf/010926BriefNRA-fr.pdf.

Boeing 747-400F, la version cargo du Jumbo qu'utilise TNT à Bierset, est de 65m, ses quatre réacteurs sont situés symétriquement à 10 et 20m de l'axe du fuselage. Il y a donc environ 20m entre les deux moteurs intérieurs, qui pèsent chacun un peu plus de quatre tonnes. A comparer avec le diamètre du bâtiment du réacteur, qui fait grosso modo une cinquantaine de mètres...

La difficulté d'atteindre les bâtiments des réacteurs avec un avion est réelle mais pas impossible pour un pilote entraîné⁴. Depuis les attentats du 11 septembre 2001, nous savons malheureusement que le risque du crash accidentel ou délibéré d'un grand avion de ligne sur une centrale nucléaire n'est pas nul... Dans une approche « déterministe », un tel scénario devrait à tout le moins être considéré.

Aléa sismique

La problématique de la chute d'avion n'est pas le seul élément inquiétant dans le cadre des « stress tests » nucléaires. Les aspects liés à l'aléa sismique sont tout aussi interpellants.

Lors de leur conception, aucun mouvement du sol n'a été pris en compte pour les réacteurs de Doel 1 et Doel 2 (en d'autres termes, ces deux réacteurs n'ont pas été construits pour résister à un tremblement de terre), tandis qu'une accélération maximale du sol (AMS)⁵ de 0,1g était retenue pour Tihange 1.

Lors de la construction des réacteurs moins anciens et lors de la révision décennale des trois plus vieux réacteurs, les niveaux d'accélération maximale au sol auxquels doivent résister les centrales belges ont été revus à la hausse. Pour les réacteurs de Doel 3 et 4, c'est la valeur minimale de la *Nuclear Regulatory Commission (NRC) des Etats-Unis qui a été appliquée : 0,1g*. Pour Doel 1 et 2, une AMS de 0,058g - inférieure à la valeur minimale de la NRC - a été retenue lors de la première révision décennale. Les quatre réacteurs sont pourtant situés au même endroit... Pour Tihange, c'est une AMS de 0,17g qui a été retenue lors de la réévaluation du risque sismique, ce qui a nécessité des améliorations en ce qui concerne le réacteur de Tihange 1 (pour lequel, pour rappel, une AMS de 0,1g avait été retenue au départ).

Dans le cadre des « stress tests », les caractéristiques des séismes de référence au niveau des sites de Doel et de Tihange ont été réévaluées sur la base d'une étude de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB) réalisée à la demande de l'opérateur et prenant en compte les connaissances et données les plus récentes. D'après cette étude, pour les valeurs moyennes ('mean' en anglais), l'AMS à prendre en compte pour une « période de retour » de 1.000 ans est de 0,07g à Doel et 0,11g à Tihange ; pour une période de retour de 10.000 ans, 0,17g à Doel et 0,28g à Tihange ; pour une période de retour de 100.000 ans, 0,36g à Doel et 0,55g à Tihange. Ces valeurs sont à comparer avec les valeurs actuelles (cf. supra), à savoir :

0,058g pour Doel 1 & 2

0,1g pour Doel 3 & 4

et 0,17g pour Tihange 1, 2 & 3.

Il est également important de garder à l'esprit que chaque période de retour donne une probabilité de dépassement différente. Ainsi, sur une durée de vie de 50 ans (si l'on ajoutait 10 ans à la durée de vie des réacteurs telle que prévue par la loi de sortie du nucléaire de 2003), la probabilité de dépassement

⁴ Communication personnelle du Vice-président de la *Belgian Cockpit Association*, 29 novembre 2011.

⁵ PGA (« *peak ground acceleration* ») en anglais. Pour caractériser le risque sismique, les sismologues déterminent l'accélération maximale que le sol est susceptible de subir lors d'un tremblement de terre. Cette accélération est en général exprimée en fonction de l'accélération de la pesanteur qui vaut environ 9,8 m/s². Il s'agit d'une simplification vu que les tremblements de terre ont des fréquences différentes, avec des effets variables sur les structures et bâtiments.

est de 1/20 (5%) pour une période de retour de 1.000 ans, 1/200 (0,5%) pour une période de retour de 10.000 ans et 1/2000 (0,05%) pour une période de retour de 100.000 ans.

Au vu des conséquences potentiellement catastrophiques d'un accident nucléaire dans deux des régions parmi les plus densément peuplées au monde, il eut été prudent de prendre en compte – d'autant plus qu'elles sont dorénavant disponibles, ce qui n'était pas forcément le cas auparavant – les valeurs donnant une probabilité la plus faible possible d'être dépassées, à savoir pour une période de retour de 100.000 ans.

Pourtant, l'opérateur base ses rapports sur une période de retour (c.-à-d. le plus gros tremblement de terre présumé possible sur cette période) de 10.000 ans, qui correspond à une probabilité de dépassement de 1/200 (0,5%) pour une durée de vie de 50 ans, un chiffre loin d'être négligeable et difficilement acceptable en ce qui concerne une centrale nucléaire.

Il est intéressant de savoir d'où vient ce chiffre de 10.000 ans : lors de la conception des premières centrales dans les quelques pays qui ont recours à l'atome pour produire de l'électricité, on utilisait des méthodes déterministes et pas des probabilités. A un moment donné, les autorités des Etats-Unis ont voulu introduire des probabilités. On a alors regardé les centrales existantes (aux Etats-Unis) et on a calculé à quoi elles résisteraient en termes de probabilités.

Et on a abouti au chiffre de 10.000 ans... Ce chiffre est ainsi devenu la « norme internationale », sans véritable justification autre que le fait d'être équivalent au niveau de risque accepté par la population étasunienne...

Toujours à ce sujet, il est intéressant de remarquer que la *Commission allemande* sur la sécurité des réacteurs nucléaires a défini quatre niveaux de « robustesse » des réacteurs : un niveau de base et trois niveaux supérieurs. Dès le niveau de base, c'est une période de retour de 100.000 ans qui est prise en compte...

Une chose semble sûre : la prise en compte d'une période de retour de 100.000 ans (0,36g pour Doel et 0,55g pour Tihange) aurait vraisemblablement « condamné » l'ensemble des réacteurs...

De plus, même pour une période de retour de 10.000 ans (dont nous venons de souligner le caractère critiquable), l'opérateur s'écarte inexplicablement des chiffres avancés par l'ORB. En ce qui concerne Tihange, alors que l'ORB avance une AMS *moyenne* de 0,28g, l'opérateur – qui se réfère pourtant à l'étude de l'ORB – retient une valeur inférieure, à savoir 0,21g⁶ ! La différence est tout sauf négligeable, lorsqu'on sait que la valeur actuelle est de 0,17g...

En outre, pour Tihange, figure dans le rapport de l'opérateur⁷ « [qu']une étude détaillée de l'aléa sismique du site de Tihange sera menée et permettra de conclure quant à l'adéquation du [Design Basis Earthquake]. » Le chiffre de 0,21g, qui est plus élevé que le 0,17g de la première révision décennale, mais largement inférieur au chiffre de 0,28g figurant dans le rapport de l'ORB, ne sera-t-il donc justifié qu'a posteriori ?

Dans son rapport, l'opérateur semble optimiste en raison des « études des marges ». Mais la prise en compte éventuelle de la « ductilité » (la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre) dans le cadre des stress tests pose clairement question, puisqu'elle amènerait potentiellement à l'extrême limite avant la rupture totale des matériaux.

En ce qui concerne Doel, d'autres éléments posent aussi clairement question. En page 50 de son rapport, l'opérateur écrit que l'AMS pour le site de Doel équivaut à 0,058g. Il s'agit en effet de la valeur retenue lors de la première révision décennale, au début des années 1980, mais aucune indication n'est fournie quant au caractère « conservateur » de cette valeur, ni sur la probabilité de la dépasser sur une période de temps donnée. Il faut également remarquer que cette valeur est (largement) inférieure au minimum imposé actuellement dans les textes de l'AIEA ou de la NRC étasunienne (0,1 g).

⁶ Electrabel, Centrale nucléaire de Tihange, Rapport des tests de résistance, 31 octobre 2011, page 57.

⁷ Electrabel, Centrale nucléaire de Tihange, Rapport des tests de résistance, 31 octobre 2011, page 58.

De plus, en page 51, le rapport de l'opérateur indique que le tremblement de terre ayant eu le plus gros impact à Doel est celui de Zulzeke-Nukerke, en 1938, dont l'épicentre se situait à 75km du site de la centrale. Cet épisode sismique a eu une magnitude de 5,6 sur l'échelle de Richter et une intensité (à Doel) de V sur l'échelle MSK. L'opérateur retient ce tremblement de terre comme « *le plus relevant d'un point de vue historique* ». En quoi est-il raisonnable de se limiter ainsi au séisme le plus important du 20^{ème} siècle ? En réalité, il ressort clairement de l'étude de l'ORB que l'intensité la plus élevée historiquement à Doel est de VI sur l'échelle MSK, suite à un séisme en 1692. D'autres séismes, en mer du Nord, aux 14^{ème} et 15^{ème} siècles, ont pu entraîner une intensité de même grandeur à Doel. Il faut également savoir qu'un séisme de magnitude 6 est possible partout en Belgique et qu'un séisme de magnitude 7 ne peut être exclu dans le graben de la Roer⁸.

Le rapport se contredit d'ailleurs lui-même. En page 50, la procédure à suivre est expliquée : on part d'un « zonage ». Si on est dans une zone différente de celle de la centrale, on déplace le séisme maximal de la zone le plus près possible de la centrale (tout en restant dans la zone initiale). Par contre, si on est dans la même zone que la centrale, on déplace le séisme maximal de cette zone sous la centrale⁹. En observant la figure 2 de la page 52, on constate assez aisément que le séisme le plus important de la zone de Doel s'est passé dans la Manche et pas à Zulzeke-Nukerke ! C'est donc ce séisme (d'une magnitude de 6-6,3 sur l'échelle de Richter) qu'il faudrait « placer » sous la centrale. Cette contradiction entre les pages 50 et 52 est plus qu'interpellante et ne fait en tout cas pas très « sérieux »...

Inondations

Et en matière d'inondations, on n'est pas plus rassurés : Tihange 1 ne résiste actuellement qu'à une inondation avec une période de retour de 400 ans. Cela signifie que sur une période de 40 ans la probabilité de dépassement de la limite à laquelle peut résister la centrale est de 10% ! Pas étonnant donc que des travaux d'ampleur doivent être réalisés sur le site... mais ceux-ci ne sont prévus par Electrabel que pour 2014 !

Conclusions

Même en faisant abstraction des faiblesses intrinsèques de l'exercice¹⁰ réalisé par les opérateurs eux-mêmes, sur base d'études existantes et par des ingénieurs à la fois juges et parties, les rapports des « stress tests » soulèvent *in fine* plus de questions qu'ils n'apportent de réponses concluantes.

La leçon la plus évidente de la catastrophe de Fukushima est que des accidents nucléaires peuvent se produire, même dans des pays industrialisés où la culture de la sûreté est élevée. Chaque réacteur nucléaire fonctionne avec une probabilité non nulle d'accident grave.

Si l'intention de réévaluer la sécurité de nos réacteurs nucléaire était louable, les rapports publiés laissent craindre qu'il ne s'agissait que d'un écran de fumée visant à rassurer – par tous les moyens – l'opinion publique.

Notre évaluation des documents disponibles plaide en tout cas clairement en faveur de la fermeture des plus vieux réacteurs au plus tard en 2015, conformément au calendrier prévu dans la loi de sortie progressive du nucléaire votée en 2003.

⁸ seismologie.oma.be/dir1600/pdf/d0399_0370.pdf

⁹ A remarquer : on ne dit pas à quelle profondeur, or c'est important...

¹⁰ L'effet de la dégradation et du vieillissement des centrales et du matériel n'est pas pris en compte ; les plans d'évacuation ne sont pas inclus dans les tests ; la caractère « obligatoire » des améliorations à réaliser et leur délai ne sont pas précisés à ce stade ; une partie des rapports n'est pas rendue publique ; l'examen par les pairs européenne se fera sans possibilité d'avoir accès à une version en anglais des rapports de l'opérateur, etc..