

# Les défauts techniques sur la sûreté du réacteur européen à eau pressurisée (EPR)

Première évaluation – 9 décembre 2003

Par Henrik Paulitz

## Sommaire

1. Introduction \*

2. Évaluation des normes de sécurité de l'EPR \*

3. La mise en place d'un système numérique de contrôle-commande représente une dangereuse expérimentation en grandeur réelle d'une technique de conduite non encore rodée \*

4. L'EPR dispose principalement de systèmes de sûreté " actifs " au lieu de systèmes " passifs " \*

5. Avec l'EPR, un accident qui provoque la fusion du cœur du réacteur n'est pas impossible, en raison de sa forte puissance \*

6. L'EPR n'a pas d'" enceinte de confinement résistant à la fusion du cœur " \*

7. Le bassin de rétention du corium en provenance du cœur présente le danger d'explosions de vapeur dangereuse \*

Références bibliographiques

## 1. Introduction

Pendant la seconde moitié de l'année 2003, se sont dessinés des projets concrets de construction d'une nouvelle centrale nucléaire de type " réacteur européen à eau pressurisée " (EPR) en Finlande tout comme en France.

Le réacteur européen à eau pressurisée est développé depuis 1993 par la coentreprise Nuclear Power International (NPI), une société de participation composée de deux groupes nucléaires : **l'allemand Siemens** et **le français Framatome**. Dans le but de regrouper les départements nucléaires de Siemens et de Framatome à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2001 et de restructurer les parts de participation du côté français fut fondé **Framatome ANP**, leader mondial de la construction de centrales nucléaires, siégeant à Paris. Siemens participe à la nouvelle société à 34%. Les 66% restants sont tenus par la nouvelle société française de gestion AREVA.

Outre le siège social à Paris, Framatome ANP possède des filiales aux États-Unis et en Allemagne. La filiale allemande **Framatome ANP GmbH, basée à Erlangen (Bavière)**, gère la majeure partie de la filière nucléaire du département de production énergétique KWU de Siemens.

En mai 2002, le parlement finlandais a approuvé à une faible majorité la construction d'un cinquième réacteur en **Finlande**. Le 16 octobre 2003, Framatome ANP a été choisi comme " fournisseur favori " par **l'exploitant finlandais de centrales nucléaires TVO**, qui a choisi le " réacteur européen à eau pressurisée " comme type de réacteur pour le futur cinquième réacteur nucléaire du pays. Le lieu choisi est Olkiluoto, sur la côte finlandaise ouest, où deux réacteurs nucléaires sont déjà en activité.

Le gouvernement finlandais actuel considère la construction d'une nouvelle centrale d'un regard critique. Mais suite à la décision parlementaire (serrée) prise en 2002, le gouvernement a clairement choisi d'autoriser et de soutenir la construction de la centrale nucléaire.

Par cette décision, l'autre nouveau développement de réacteur de Siemens proposé par Framatome ANP, est hors course, à savoir le réacteur à eau bouillante " SWR-1000 ". En tout état de cause, ce type de réacteur, bien plus basé sur un système de sûreté dit passif que le réacteur européen à eau pressurisée, fut mis au rancart.

Même **EDF, l'exploitant français des centrales nucléaires**, a clairement opté pour la construction d'une centrale nucléaire du type EPR. Le gouvernement français soutient le projet. Cependant, la question de l'emplacement de la centrale en France reste encore ouverte.

En rapport avec la construction d'une centrale en France, des pourparlers sont en cours pour **une éventuelle participation des exploitants allemands de centrales nucléaires**.

La plus grosse part des coûts du **développement de l'EPR** a été supportée non pas par Siemens et Framatome, mais par les exploitants allemands et français. Les coûts de la mise en place du nouveau réacteur ont pu être ainsi transférés sur les dépenses courantes des ménages, bien que la majorité des clients particuliers soit, du moins en Allemagne, opposée à la construction de nouvelles centrales nucléaires.

## **2. Évaluation des normes de sécurité de l'EPR**

D'après la présentation d'Ulrich Fischer, responsable du développement de l'EPR chez **Siemens/Framatome**, une nouvelle philosophie de gestion de la sûreté a été développée pour l'EPR, selon laquelle – dans le but de la baisse maximale des coûts de production d'électricité – il est question d'une " conception mesurée " [Fischer 1997, p. 40] :

*" En fin de compte, tout le concept de sûreté a été redéfini afin de développer une nouvelle conception mesurée "*

Par cette simple déclaration, il devient clair que lors de la conception de ce réacteur, la sûreté n'est pas en tête des priorités. Il est davantage question de limiter autant que possible les frais de production d'énergie dans le cadre du renforcement de la libéralisation du marché européen de l'électricité.

L'EPR était en grande partie une réplique de Siemens faisant suite à " la phase B de l'étude allemande sur les risques des centrales nucléaires ", qui a mis en évidence le fait que les centrales nucléaires allemandes alors en activité présentaient un risque important d'accident majeur accompagné de rejets massif de matières radioactives.

Du point de vue conceptuel, l'EPR représente une combinaison et une légère évolution des applications techniques et sécuritaires entre le palier allemand Konvoi et le palier français N4.

Il s'agit d'un **développement qualifié d' " évolutionnaire "** de la technique des réacteurs et non d'un concept de réacteur dit à " **passivité renforcée** " ou " **révolutionnaire** ". Lors de la **construction d'autres réacteurs** on a développé des réacteurs intégrant davantage de sûreté passive (ex. : le réacteur à eau pressurisée AP600), voire un concept révolutionnaire (ex. : PIUS), où l'optimisation de la sûreté est nettement mis au premier plan.

En matière de sécurité, ces concepts de réacteurs sont de loin supérieurs à celui du réacteur européen à eau pressurisée. Ils prévoient, entre autres, des puissances bien moins élevées, un système de sûreté passive bien plus développé, et une maîtrise automatisée des incidents sans intervention du personnel de la centrale. [Hahn 1997, p. 10f.]

*" La plupart des éléments qui ont été intégrés, ont pour but d'écartier tout risque d'accident provoquant des rejets catastrophiques de matières fissiles et de parvenir à ce but, sans dispositifs actifs de sûreté, sans même nécessiter l'intervention du personnel de la centrale. C'est-à-dire que l'on entend par " révolutionnaire ", entre autres, l'application de concepts considérés comme " **intrinsèquement sûrs** " selon la définition d'Alvin Weinberg "*

Tel n'est pas le cas pour l'EPR. Le simple fait d'évoquer une puissance de 1600 Mégawatts démontre la prédominance des considérations économiques pour ce modèle de réacteur. Cet accroissement de la puissance vis à vis de celle des autres réacteurs a été critiqué énergiquement lors d'une **expertise de l'Öko-Institut datant de 1999 faite pour le Parlement Européen**. L'institut se demande laquelle des priorités, entre les considérations économiques et le souci de garantir la sûreté, doit prévaloir lors de la conception des centrales nucléaires.

L'Öko-Institut écrit que lors du développement de l'EPR, de **nombreux " changements significatifs "** ont été prévus afin d'améliorer la compétitivité face aux grandes centrales thermiques fossiles.

**L'évaluation provisoire de la sûreté de l'EPR faite par la commission finlandaise d'autorisation (STUK) à la demande du ministre finlandais de l'économie** était tout aussi éloquente. D'après cette évaluation, l'EPR – tout comme les autres modèles de réacteurs en concurrence – ne répondait pas aux normes de sûreté exigée en Finlande. Un certificat sans appel pour la prétendue sûreté à toute épreuve des nouveaux réacteurs signés Siemens-Framatome.

Non moins parlant est **le jugement au sein même de la société Siemens**. Ainsi, Adolf Hütl, un des directeurs de Siemens, admit à demi-mots, lors des premiers pourparlers en 1993 sur la stratégie énergétique, que l'EPR ne présentait pas d'avancée significative en matière de sûreté. Il avoua que la probabilité de fusion du cœur n'était pas plus faible que celle des autres réacteurs. Déjà en 1989, il avait exigé que la barre ne soit pas placée trop haute en matière de sûreté pour le nouveau réacteur. La sûreté coûtait en fin de compte, beaucoup d'argent.

Et pourtant, même revues à la baisse, les normes de sûreté définies par Siemens et Framatome n'ont pas, de leur propre avis, pu être atteintes en 1997. Ulrich Fischer, directeur responsable du développement du réacteur européen à eau pressurisée chez Nuclear Power International, a déclaré lors d'un groupe de travail du gouvernement régional du Schleswig-Holstein qui eu lieu à Kiel en 1997, que le réacteur était toujours en phase de développement et que des problèmes cruciaux en matière de sûreté n'étaient pas encore résolus.

Il s'agissait notamment des difficultés du refroidissement du cœur en fusion. Depuis, rien n'a laissé entendre qu'une solution aurait été trouvée pour surmonter ces problèmes techniques. Pourtant, on prévoit de construire un réacteur en France ainsi qu'en Finlande.

### **3. La mise en place d'un système numérique de contrôle-commande représente une dangereuse expérimentation en grandeur réelle d'une technique de conduite non encore rodée**

Selon Siemens, le réacteur européen à eau pressurisée est censé être composé d'environ **300 000 pièces avec de nombreux raccordements entre elles**.

Des ordinateurs doivent coordonner 17 000 conduits de tuyauterie d'une longueur totale de 150 000 m avec 30 000 points de fixation, 20 000 armatures, 1 000 appareils et agrégats de procédés techniques et 5 000 appareils électriques dans un volume de 850 000 m<sup>3</sup>.

**En raison d'une telle complexité, on ne peut pas exclure l'éventualité de dysfonctionnements et d'accidents majeurs.**

**Avec une structure aussi complexe, l'EPR manque gravement aux exigences actuelles quant à la conception des nouveaux réacteurs.**

La conduite de l'EPR – y compris des systèmes de sûreté – est basé sur un système numérique de contrôle commande (SNCC). L'EPR incarne ainsi l'abandon systématique du pilotage analogique câblé.

Un **événement survenu le 10 mai 2000 dans la centrale nucléaire allemande de Neckarwestheim-1** montre à quel point un SNCC peut s'avérer dangereux. Dans cette centrale, des composants majeurs du système de conduite furent remplacés en 1998, passant d'un système câblé au **SNCC " TELEPERM XS " de Siemens**.

Cette mise à niveau au SNCC de Siemens a finalement été à l'origine d'une panne du système central de sûreté de la centrale nucléaire survenue le 10 mai 2000 pendant un court laps de temps : **la descente des barres de commande d'arrêt d'urgence du réacteur était bloquée**. [RSK 2000].

**La Société de Sûreté des Réacteurs (Gesellschaft für Reaktorsicherheit - GRS) a attribué la cause de cette défaillance à la " complexité du système " [RSK 2000].**

La Commission de Sûreté des Réacteurs (Reaktorsicherheitskommission - RSK) déclare dans sa prise de position que " les fonctions à l'origine de cette défaillance " provenaient toutes du SNCC TELEPERM XS de Siemens. La RSK trouve nécessaire de porter un regard critique sur les expériences en fonctionnement réel du SNCC [RSK 2000] :

*" La RSK entend délibérer régulièrement sur l'évaluation du fonctionnement du SNCC " .*

Ce qui paraissait alors moderne et sans conteste être un progrès en matière de sécurité, à savoir la mise en place d'un SNCC et notamment de sûreté informatisée, se révèle en fin de compte, être une aggravation du risque dans le fonctionnement des centrales nucléaires.

Quiconque a déjà subi une panne d'ordinateur, est bien placé pour savoir que la mise en place d'une telle technique dans une centrale nucléaire peut s'avérer dangereuse. Quiconque a programmé un simple script sait qu'il suffit de la combinaison de quelques facteurs pour que des erreurs apparaissent, que l'on peut néanmoins corriger. Cependant, même un programme ayant fonctionné sans problème pendant des mois, voire des années, et qui, d'un certain point de vue, peut passer pour un programme sans erreur, peut, alors qu'il semble avoir été testé, cesser subitement de fonctionner dans des cas non prévus.

Tel a aussi été le cas de Neckarwestheim-1. Avant la mise en place du SNCC, des examens complets avaient été menés [RSK 2000] :

*" [Le TÜV] a remis à la commission RSK les examens menés sur la planification, la fabrication et la mise en place du système TELEPERM XS [TXS] depuis l'étude de faisabilité et la demande d'autorisation jusqu'aux examens des plans de test, sur banc de test, sur le site, avant et pendant la mise en service et lors du fonctionnement de l'installation ainsi que, parallèlement, les examens menés indépendamment de l'installation au niveau matériel et logiciel et le test du système indépendant de l'installation ".*

Mais en dépit de ces examens on ne peut plus complets, le 10 mai 2000, le système de sûreté le plus important tomba en panne à Neckarwestheim-1. Cependant, comme l'avait constaté la RSK, l'ancien système analogique de sûreté était toujours resté à disposition à Neckarwestheim-1 [RSK 2000] :

*" En cas de nécessité, la mise en arrêt d'urgence automatique aurait pu fonctionner grâce au système de protection analogique câblé du réacteur ".*

**Le fonctionnement du réacteur européen à eau pressurisée reposera avant tout sur la technique de commande et de sûreté numériques.** Avec le système numérique de contrôle commande, il faudra gérer de manière sûre 300.000 composants reliés entre eux de manière complexe.

Après l'expérience de l'incident de Neckarwestheim-1, la construction d'un réacteur EPR, avec un système de contrôle commande de sûreté entièrement numérique, peut être jugée comme une expérimentation dangereuse irresponsable.

#### ***4. L'EPR dispose principalement de systèmes de sûreté " actifs " au lieu de systèmes " passifs "***

Presque tous les nouveaux concepts de réacteurs sont basés sur l'**utilisation renforcée de fonctions de sûreté " passives "** (entre autres, réacteur à eau pressurisée AP 600 de Westinghouse, un concept russe appelé WWER, le projet MS-600 de Mitsubishi, le SBWR de General Electric, un réacteur à eau lourde selon le principe canadien CANDU, le SWR-1000 de Siemens/Framatome) [Hahn 1997 , page 11f.].

Les installations de sûreté agissant de façon passive fonctionnent selon le principe de lois de la physique simples, telles que la pesanteur ou la transmission de chaleur. Elles n'exigent pas d'énergie externe telle que le courant et ne travaillent pas, par exemple, sur la base de moteurs qui pourraient être défaillants. Elles sont souvent basées sur l'utilisation d'énergie stockée de façon interne et de propriétés de matériaux spécifiques.

**Les systèmes de sûreté de l'EPR sont quant à eux essentiellement des systèmes dits " actifs " dépendants d'énergie étrangère (en générale d'électricité).** S'il y a une coupure de courant – peu importe la raison - ou en cas d'erreur humaine, les systèmes de sûreté sont défaillants.

Le réacteur à eau pressurisée européen EPR ne répond donc pas aux exigences actuelles de système de sûreté.

#### ***5. Avec l'EPR, un accident qui provoque la fusion du cœur du réacteur n'est pas impossible, en raison de sa forte puissance***

Presque tous les concepts de réacteurs misent, pour des raisons relatives à la sûreté, sur une réduction considérable de la puissance et de la concentration de puissance. Pour la plupart des concepts de réacteurs " à passivité renforcée " ou bien " révolutionnaires ", la densité de puissance a été réduite et la puissance électrique est de l'ordre de 600 mégawatts maximum. [Hahn 1997 , page 11f.]. La réduction de la puissance est un élément clef pour la " sûreté inhérente " visée (respectivement posée comme postulat).

C'est ainsi qu'autant la puissance que la densité de puissance ont été massivement réduites pour des raisons de sûreté, et ce, par exemple, dans le cas du réacteur à eau pressurisée avancé AP600 de Westinghouse qui a été très discuté [GRS 1994, page 25] :

*" Le concept de l'AP600 part du principe d'un réacteur à eau pressurisée avec puissance électrique de 600 MWé. Un cœur de densité de puissance moindre est utilisé avec une puissance moyenne des barres de 12,6 kWm-1. "*

De la sorte, le réacteur à eau pressurisée européen EPR, avec sa forte puissance électrique de 1600 mégawatts, s'éloigne nettement de l'état de l'art tant scientifique que technique.

En raison de l'importante puissance, la fusion du cœur ne peut pas être exclue a priori.

## **6. L'EPR n'a pas d'"enceinte de confinement résistant à la fusion du cœur "**

Le réacteur européen à eau pressurisée EPR, est déjà, en raison de sa puissance, tout, sauf un réacteur intrinsèquement sûr. Pour un tel réacteur, la fusion du cœur serait exclue par conception. Ici, par contre, il faut, avant toute chose, tenir compte de la possibilité de fusion de cœur !

Le concept de sûreté prévoit donc que l'EPR doit de ce fait, entre autres, être équipé d'une double enceinte de confinement en béton armé.

Mais même si l'enceinte de l'EPR devait être soumise à des pressions plus fortes que celles prévues pour les enceintes allemandes actuelles,- il se trouve que ces enceintes en acier se révèlent être des erreurs de construction absolues- on fait aussi des économies au niveau la sûreté pour l'EPR.

Lothar Hahn, lors de l'atelier sur l'EPR en 1997 à Kiel, a attiré l'attention sur le fait qu'avec le réacteur à eau pressurisée européen de la " première voie " on a abandonné l'idée de soumettre l'enceinte à toutes les charges concevables. Une soi-disant " super enceinte " - telle que celle développée au centre de recherche (nucléaire) de Karlsruhe (KfK)- n'est pas prévue pour l'EPR [ Hahn 1997, page 13] :

" Au KfK, on a pris la première voie – tout du moins pour un moment – en concevant une enceinte de confinement devant résister à la fusion du cœur qui est aussi connu sous le nom de " supercontainment " (super enceinte) .. Avec l'EPR on suit vraisemblablement la deuxième voie ... "

La " seconde voie " suivie lors du développement de l'EPR est une voie choisie en fonction du coût, pour laquelle la sûreté techniquement possible ne doit même pas être assurée. Le fait de renoncer à une enceinte de confinement résistant à la fusion du cœur, représente un éloignement du principe fondamental de " meilleure défense face aux dangers et de prévention des risques ".

## **7. Le bassin de rétention du " corium" (cœur fondu mélangé à d'autres matières) en provenance du cœur présente le danger d'explosions de vapeur dangereuse**

Le dit " **Core Catcher** ", un **espace pour la réception et l'expansion** du cœur fondu est recommandé par Siemens et Framatome comme innovation technologique majeure pour la sûreté du réacteur européen à eau pressurisée. Si le cœur venait à fondre et à s'échapper du réacteur pressurisé, alors le produit de la fusion devrait se répandre dans ces bassins en céramique et pour finir, être refroidi avec de l'eau [Fisher 1997, page 38] :

" Comme équipement notable pour contrôler ces incidents graves, un bassin de rétention à été prévu sous le cœur pressurisé du réacteur. [...] Une fois que la matière fondue a quitté l'enceinte sous pression, elle se propage et forme une fine couche facile à refroidir. C'est seulement ensuite qu'elle est refroidie jusqu'à solidification avec l'eau en provenance du bassin, afin de se stabiliser à l'intérieur du container de sûreté. Pour éviter une interaction entre le béton et le cœur fondu et à travers cela, éviter que la dalle des fondations ne fonde, la surface de propagation est protégée de plus par une couche protectrice adaptée. "

L'idée sonne à la fois bien et plausible et les graphiques distribués par Siemens et Framatome montrant ces surfaces de rétention donnent l'impression d'un principe aussi simple qu'absolument sûr.

En fait, l'arrivée du cœur fondu dans le bassin de rétention peut conduire, et ce, avec une probabilité importante, à de violentes explosions de vapeur à travers l'afflux d'eau de refroidissement.

C'est ainsi que le manager de Siemens/Framatome, Ulrich Fischer lui-même, a souligné lors de l'atelier sur l'EPR en 1997 à Kiel, que le bassin de rétention devait tout d'abord être absolument sec, lorsque le cœur fondu se propage de façon uniforme – comme espéré. C'est seulement ensuite, une fois que le corium s'est réparti en fine couche que le bassin doit être prudemment rempli d'eau – dans l'espoir qu'aucune explosion de vapeur ne se produise lors du contact du corium avec l'eau [Fischer 1997 page 38] :

" Comme **équipement notable** pour contrôler ces incidents graves, une surface de rétention à été prévue sous l'enceinte pressurisée du réacteur. **Pour empêcher une explosion de vapeur, cette surface est au début de l'incident, sèche et isolée de toute intrusion d'eau involontaire.** "

La fiabilité de ce système a été discutée intensivement lors de l'atelier sur l'EPR organisé en 1997 par le gouvernement du Land de Schleswig Holstein à Kiel. A cette occasion Ulrich Fischer a reconnu que – comme déjà présenté ci-dessus – l'on n'avait pas encore réglé ce problème.

Le professeur Michael Reimann de l'université de Sarrebruck, a présenté de nombreuses expériences lors de l'atelier. Celles-ci montrent qu'avec le contact entre le corium en fusion et l'eau sous diverses conditions, une

explosion ou d'autres manifestations liées à l'augmentation rapide de la pression peuvent se produire [Reimann 1997].

**Que le corium fondu soit en contact avec beaucoup ou peu d'eau importe peu, cela peut conduire à une destruction de l'enceinte de confinement.** " [Reimann 1997, page 66]

" Cet accident peut prouver qu'avec des rapports très faibles d'eau par rapport à la matière en fusion d'importantes quantités de fusion peuvent concourir à une **interaction explosive et éruptive**. "

En raison de différentes expériences et d'un accident dans une aciérie, Reimann compte sur le fait que même avec de petites quantités d'eau en contact avec le corium fondu, il est très probable qu'une forte explosion se produise. [Reiman 1997, page 69] :

" Aussi avec de petites quantités d'eau, une forte interaction (strombolique ou Surtseyque I) accompagnée de projection de fragments du corium dans l'enceinte de confinement peut très vraisemblablement se produire dans la fosse du réacteur (voir essais IKE , essai BETA et accident dans une aciérie) ".

Au centre de recherche (nucléaire) de Karlsruhe on avait une bonne raison de travailler sur la super enceinte. Car à Karlsruhe déjà, par deux fois, des expériences de simulation d'accidents liés à la fusion du cœur, ont conduit à de grosses explosions– non intentionnelles – accompagnées de la destruction des appareils de recherche pesant des tonnes [Reiman 1997, page 65] :

" - Lors de la série d'expériences PREMIX au centre de recherche de Karlsruhe, de 10 à 12 kg d'oxyde d'aluminium fondus, ont été versés dans des récipients remplis d'eau de 0,5 à 1,6m de hauteur. Lors des dix expériences faites avec un jet de fusion, une importante ébullition d'eau avec une formation de pression modérée s'est manifestée dans la salle d'expérimentation, mais il n'y a pas eu d'explosion (interaction sous-marine). Lors de la projection de la fusion en trois jets de 20 kg en fusion et 0,5 m de hauteur d'eau (environ 160 kg d'eau), une **explosion** s'est produite. **À environ 30 bars, l'enceinte expérimentale a explosé** et la matière en fusion a été fragmentée en petits morceaux. (Surtseyque II).

- Dans l'appareil BETA du centre de recherches de Karlsruhe, on a versé 600 kg de fusion thermique dans un récipient en béton et on a chauffé par induction. Pour examiner la percée de la fusion dans l'eau stagnante, le récipient en béton à été entouré d'un courant d'eau. "

Lors d'une première expérience la matière en fusion sortante rompit l'étanchéité du couvercle.

Lors d'une **deuxième expérience** il s'est produit, peu après la percée à travers la paroi du récipient, une explosion avec beaucoup d'énergie à travers laquelle le couvercle a sauté.

Du fait de cette explosion, **l'installation des sondes immergées lourdes de plusieurs tonnes** qui était placé au-dessus de l'appareil **a été projetée en l'air à environ six mètres de haut contre le toit de la salle**. Après l'expérience, la matière en fusion était répartie dans la salle d'expérience sous forme pulvérisée (Surtseyque I)."

Lors de nombreuses séries d'expériences qui ont suivi sur l'interaction entre les liquides de refroidissement et la matière en fusion, il s'est produit de violentes explosion [Reimann 1997, page 61].

Le danger d'explosion de vapeur était – en relation avec l'installation de référence Biblis B – déjà dans le cadre de l'étude allemande sur les risques des centrales nucléaires, un objet central de discussion [GRS 1980c, page 4 ; aussi GRS 1990] :

" Pendant un accident de fusion du cœur, il peut se produire une explosion de vapeur dans les cas extrêmes, suite au contact entre le corium fondu et l'eau résiduelle dans l'enceinte pressurisée du réacteur. "

De même, dans une étude comparative de l'OCDE datant de 1997, les systèmes de refroidissement de la fusion du cœur au moyen d'injection d'eau, sont vus de façon très sceptique, en raison du danger d'explosion de vapeur [OCDE 1997, page 27] :

" There have been concerns about increasing the potential for steam explosions by the water injection strategy. However, with conditional probabilities of containment failure due to steam explosions in the range  $10^{-4}$  to  $10^{-3}$  or lower ... the positive effect seems to outweigh the drawback."

On voit que les fabricants de l'EPR ne pourront pas atteindre le but qu'ils se sont eux-mêmes fixé, à savoir le contrôle d'un accident de fusion du cœur via un bassin de rétention.

## ***Références bibliographiques :***

**Fischer, Ulrich 1997** : Entwicklungsstand und Sicherheitsfragen des europäischen Druckwasserreaktor (EPR). Nuclear Power International (NPI). In: Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein. Der geplante Europäische Druckwasserreaktor. Workshop am 20. November 1997. p. 34-53.

**Fischer, Ulrich; Leverenz, Rüdiger 1999** : Ein Musterfall deutsch-französischer Zusammenarbeit. atw 2/99, p. 100-104.

**GRS 1980c** : Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Fachband 5. Untersuchung von Kernschmelzunfällen. Studie im Auftrage des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (Hrsg.). Verlag TÜV Rheinland.

**GRS 1990** : Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B. Eine Untersuchung der Gesellschaft für Reaktorsicherheit. Im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie (Herausgeber). Bonn 1989. Verlag TÜV Rheinland (1990).

**GRS 1994** : Bestandsaufnahme und Beurteilung von inhärenten Sicherheitsmerkmalen und passiven Sicherheitseinrichtungen in probabilistischen Sicherheitsanalysen. Décembre 1994. De N. Wetzels et A. Scharfe. BMU-1998-511.

**RSK 2000** : Stellungnahme der Reaktorsicherheitskommission (RSK) zur Weiterleitungsnachricht der GRS 2000/13. Fehlerbedingte sekundärseitige Lastabsenkung und nicht erfolgter Stabeinwurf im Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar, Block 1 (GKN-1) am 10.05.2000.

**Hahn, Lothar 1997** : Einführung in die Tagung, sicherheitstechnische Anforderungen und tatsächliche Entwicklungen in der Kerntechnik. In: Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein. Der geplante Europäische Druckwasserreaktor. Workshop am 20. November 1997. p. 8-15.

**OECD 1997** : Level 2 PSA methodology and severe accident management. Prepared by the CNRA Working Group on Inspection Practices (WGIP). Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris. Unclassified. OCDE/GD(97)198.

**Reimann, Michael 1997** : Unsicherheiten und Risiken bei Kernschmelzunfällen im EPR. In: Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein. Der geplante Europäische Druckwasserreaktor. Workshop am 20. November 1997. p. 54-70.