

OPTIONS DE SURETE POUR LES TRANCHESDE 1300 MWe

- A. CAYOL - Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
- MC. DUPUIS- Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
- B. FOUREST-Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire
- JM. OURY - Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires.

\* \* \*

I. - DEFINITION, OBJET ET PRINCIPALES ETAPES DE L'EXERCICE

La standardisation des tranches nucléaires construites en France entraîne, en préalable aux actes réglementaires relatifs à la création ou au premier chargement, l'examen des principales options techniques de sûreté à retenir pour un type donné de réacteur. Cette procédure particulière permet de définir à l'avance les sujets pour lesquels des études détaillées seront nécessaires pour confirmer les options retenues pour le projet.

Dans ce cadre, l'examen des options techniques de sûreté des tranches de 1300 MWe a été réalisé de la fin 1975 à la mi-1978 selon la pratique des examens réglementaires habituels :

- évaluation de sûreté par l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire,
- examen par le groupe permanent,
- notification à Electricité de France par les Autorités de sûreté (Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires) des exigences et prescriptions relatives à la sûreté.

On a appelé de façon générale " Exercice options de sûreté 1300 MWe " les trois étapes définies ci-après et qui ont conduit en phase finale à figer les caractéristiques générales des huit à dix premières tranches de 1300 MWe projetées :

a) - 1ère étape : de Décembre 1976 à Juillet 1977

En préliminaire à l'examen réglementaire du rapport de sûreté des deux premières tranches de 1300 MWe, les principales options de sûreté de ce type de réacteur ont été définies .

À l'issue de cette étape, deux lettres ont été émises par le Chef du Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires à Electricité de France qui précisaient les éléments concernant l'approche probabiliste de la sûreté et une liste de dossiers complémentaires à fournir par Electricité de France. L'examen de ces dossiers a ensuite été fait dans le cadre des autorisations réglementaires des centrales.

b) - 2ème étape : de la mi-1976 au début 1978

Autorisation de création des deux premières tranches de 1300 MWe ( PALUEL 1 et 2 ) .

Le décret d'autorisation de création de la centrale de PALUEL 1-2 a matérialisé la fin de cette étape. La délivrance de l'autorisation a été, comme de coutume, accompagnée d'une série de recommandations couvrant les principaux sujets. Ces recommandations reprenaient entre autres les demandes des lettres du Chef du Service Central de sûreté des Installations Nucléaires de la première étape.

c) - 3ème étape : du début 1978 à la mi- 1978

Définition et stabilisation des principales options techniques des huit à 10 premières tranches de 1300 MWe projetées en France.

Cette dernière étape, de nature plus formelle que technique, a été entreprise à la demande du Ministre de l'Industrie responsable en France du programme électronucléaire, et a conduit à l'émission d'une lettre signée par le Ministre qui définissait les options caractéris

tiques du premier train de tranches de 1300 MWe. C'est aussi dans le cadre de cette lettre qu'ont été définis les accidents à prendre en compte à la conception.

Dans de nombreux cas, les travaux effectués au cours de ces trois étapes ont conduit à mettre en évidence un certain nombre de problèmes de sûreté pour lesquels des études complémentaires ont été demandées à Electricité de France et au constructeur en vue de mieux justifier la sûreté des options retenues. Les résultats de ces études ont été examinés de la fin de 1977 à aujourd'hui dans le cadre des procédures réglementaires d'autorisation de création des centrales françaises.

## II. - LISTE DES PRINCIPAUX SUJETS EXAMINES :

Il est difficile dans le laps de temps imparti au présent exposé de traiter en détail la totalité des points qui ont été examinés en France au cours des exercices " options de sûreté des 1300 MWe ".

Nous nous contenterons donc de présenter les principales conclusions qui ont été émises sur les sujets suivants :

- - Méthodologie de sûreté,
- - Options techniques relatives à l'enceinte de confinement, à l'activité du fluide primaire, aux éléments combustibles, aux générateurs de vapeur.
- - Organisation générale du plan masse.

## III. - METHODOLOGIE DE LA SURETE

### III.1. - Approche probabiliste et utilisation d'objectifs quantifiés dans les analyses de sûreté

Les positions prises par l'autorité de sûreté française peuvent se caractériser comme suit :

.../...

- Tout d'abord , il n'est pas considéré que la démonstration de la sûreté des PWR doive aujourd'hui être apportée par des méthodes probabilistes. Cependant , l'utilisation de telles méthodes devrait permettre de mieux justifier , voire d'améliorer, la définition et le classement des situations prises en compte à la conception. De même, cette utilisation devrait permettre d'améliorer la définition des critères déterministes utilisés pour la conception des tranches ( par exemple, critère de défaillance unique ).
- Deux valeurs ont été définies par l'autorité de sûreté
  - a) - On doit considérer que l'objectif général à viser est de quelque  $10^{-6}$ /an.réacteur.
  - b) - Si une approche probabiliste est utilisée pour ne pas prendre en compte une situation accidentelle pouvant avoir des conséquences inacceptables, on devra démontrer que sa probabilité est inférieure à  $10^{-7}$ / an.réacteur.

Nous verrons plus loin quelles ont été à ce jour les conclusions pratiques de telles positions.

- Des études systématiques de la fiabilité des systèmes importants pour la sûreté ont été demandées à Electricité de France. Ces études , non encore terminées, seront en fait l'adaptation des études déjà effectuées pour la centrale de FESSENHEIM ( PWR, 3 boucles de 900 MWe ).

### III.2.- Définition des accidents à prendre en compte

En complément des accidents étudiés à ce jour, (cf. liste ANSI N 18.2.) il a été demandé que soient étudiés les accidents suivants pour lesquels seront, si nécessaire, prises les dispositions appropriées pour en réduire la probabilité ou pour en réduire les conséquences à un niveau en rapport avec celle-ci :

- suppression à froid du circuit primaire,
- rupture du système auxiliaire d'alimentation en eau,
- ATWS,

- perte totale des alimentations électriques,
- perte totale de la source froide ultime ou des systèmes assurant le transfert thermique.

Il a été précisé que pour ces études des hypothèses et méthodes de calcul " best estimate " pouvaient être, le cas échéant, utilisées.

A ce jour, les études concernant les ATMS, la perte totale des alimentations électriques et la perte totale de la source froide ont été fournies par Electricité de France comme cela a été présenté précédemment.

### III.3. - Critère de défaillance unique

Au cours de la troisième étape de l'exercice, l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire a été amené à proposer une nouvelle formulation du principe de défaillance unique. Cette formulation, après discussion avec Electricité de France et le constructeur et examen par le groupe permanent dans le cadre de l'autorisation de création de la centrale de PALUEL, a été transmise pour formulation définitive au Service Central de Sécurité des Installations Nucléaires au début 1980. Elle se caractérise essentiellement par les points suivants :

- - pour les systèmes sollicités en permanence ou fréquemment, l'application du critère de défaillance unique ne constitue pas une condition suffisante.
- - les systèmes importants pour la sécurité doivent être conçus de telle sorte qu'une fuite limitée (200 l/mn) se produisant en un point quelconque, ne puisse, après 24 heures, avoir des conséquences inacceptables.

### III.4. - Agressions externes

#### III.4.1. - Chutes d'avions

La méthode probabiliste avec le seuil défini précédemment a été retenue. Il a été décidé que la valeur de  $10^{-7}$  / an. et par tranche était

applicable aux chutes d'avions de l'aviation de tourisme ( masse de l'avion  $\leq 6$  t), de l'aviation commerciale et de l'aviation militaire.

De façon pratique, compte tenu des caractéristiques des sites français, seule l'aviation de tourisme a nécessité à ce jour une prise en compte.

#### III.4.2. - Projectiles turbines

Le groupe permanent a considéré qu'il était impossible de considérer que la probabilité annuelle d'émission d'un projectile turbine soit notablement inférieure à  $10^{-4}$ /an . Pour tenir compte au mieux de cette position, la disposition des tranches tête à tête a été retenue par Electricité de France sur la plupart des sites au-delà des premiers sites.

#### III.4.3. - Risques liés aux explosions

Le projet standard est conçu pour résister à une onde de surpression de 50 mbars et d'une durée de 500  $\mu$ s.

#### III.4.4. - Séismes

Le projet standard est calculé en utilisant le spectre de réponse de résonateurs défini par la NRC dans le Regulatory-Guide 1.60 calé à une accélération maximale du sol à période nulle de 0,15 g. Le module d'Young dynamique moyen est supposé pouvoir varier entre 5 000 et 100 000 bars. Les sites retenus à ce jour pour l'implantation des tranches de 1300 MWe ont des caractéristiques sismotectoniques qui restent à l'intérieur de ces valeurs. Un supportage de la tranche sur patins antisismiques est prévu pour les sites à intensité sismique supérieure.

#### IV. - OPTIONS TECHNIQUES PARTICULIERES

##### IV.1. - Enceinte de confinement

La solution technique retenue pour l'enceinte de confinement consiste en une double enceinte avec une enceinte interne en béton précontraint sans peau d'étanchéité et une enceinte externe en béton armé permettant d'assurer une reprise totale des fuites . Les études sur ce système ont commencé en France en 1972. Elles ont permis de démontrer qu'un tel dispositif avait des caractéristiques de sûreté supérieures à celles des enceintes simples à peau d'étanchéité pour les accidents de dimensionnement.

En complément de l'évaluation du comportement de l'enceinte pour les accidents de dimensionnement, des études ont été entreprises qui déboucheront en 1981. Elles visent à définir le comportement de ce type d'enceinte dans des conditions de température et de pression supérieures à celles engendrées par le LOCA.

##### IV.2. - Activité du fluide primaire et radioprotection

Lors de la première phase de l'exercice " Options de sûreté " les Autorités de sûreté ont examiné en détail les problèmes posés en matière de radioprotection du personnel, par l'activité du fluide primaire . Des dossiers complémentaires ont été demandés à Electricité de France qui ont porté sur les points suivants :

- - limitations possibles des produits de corrosion,
- - limitation de l'irradiation du personnel par une programmation détaillée des interventions sur les principaux composants.

Par ailleurs, pour limiter l'irradiation du personnel, les Autorités de sûreté considèrent qu'il est nécessaire que l'activité du fluide primaire due aux produits de fission soit strictement limitée à une valeur nettement inférieure à celle retenue pour les calculs de rejets. Cette valeur seuil n'a pas encore été définitivement arrêtée . Cependant, une lettre des Autorités de sûreté demande que l'exploitant

les prévienne dès que le taux équivalent de rupture de gaine atteint 0,03%.

En ce qui concerne la conception des tranches, un découpage strict des locaux en fonction des risques de contamination a été adopté par Electricité de France.

#### IV.3. - Combustible

Le combustible retenu pour les tranches de 1300 MWe est le combustible type 17 x 17 de 14 pieds WESTINGHOUSE.

Pour évaluer dans les meilleures conditions les problèmes susceptibles d'être posés par ce type de combustible, il a été décidé qu'un dossier de suivi de la conception et des études serait fourni tous les 6 mois par Electricité de France et le constructeur.

Le programme d'études de qualification a été élaboré en collaboration entre l'exploitant, le constructeur et les Autorités de sûreté. Il inclut en particulier le suivi du comportement en réacteur du combustible 17 x 17 de 12 pieds qui constitue les charges actuelles des réacteurs de 900 MWe, ainsi que les résultats d'irradiation de recherche et développement entrepris en France.

On peut considérer qu'un suivi aussi strict devrait permettre de déceler suffisamment tôt tout problème posé par le combustible et d'y porter remède. Sur un autre plan, ce suivi permettra d'accroître en toute sécurité les plages de fonctionnement du combustible.

#### IV.4. - Générateurs de vapeur

Indépendamment de la conception d'ensemble du générateur de vapeur du type EM retenu en France pour les 1300 MWe, les points génériques relatifs à la corrosion des tubes et à leur comportement en conditions accidentelles ont été passés en revue.



Les conclusions principales ont porté sur les points suivants :

- - souhait que soient entreprises ou poursuivies des études visant à l'utilisation de matériaux moins sensibles à la corrosion que l'INCONEL 600. Les études actuelles portent plutôt sur les traitements après étirage que sur l'utilisation d'alliages différents.
- - Les Autorités de sûreté ont considéré qu'il était impossible d'exclure totalement la rupture de tubes de générateurs de vapeur en conditions accidentelles et qu'en conséquence, il était nécessaire d'étudier les conséquences de telles ruptures. Fin 1979, Electricité de France a fourni les dossiers demandés qui sont actuellement en cours d'évaluation.

#### IV.5. - Rupture en partie basse de la cuve

Le problème des conséquences sur le coeur de rupture des tubes d'instrumentation situés en partie basse de la cuve a été examiné. Electricité de France a fourni un dossier qui démontre que, dans l'état actuel, la rupture de 5 à 10 tubes d'instrumentation ne conduit pas à des conséquences inacceptables pour le refroidissement des éléments combustibles.

#### IV.6. - Plan de masse

Les tranches de 1300 MWe se caractérisent par les points suivants :

- - séparation totale des tranches,
- - regroupement des systèmes de sauvegarde dans un bâtiment spécialisé.

Au cours de l'examen, les Autorités de sûreté ont considéré que ces options permettraient dans une large mesure de mieux prendre en compte les problèmes posés par la protection contre les actes de malveillance des composants importants pour la sûreté ( amélioration des possibilités de surveillance ) et aussi d'assurer plus aisément une séparation complète des voies redondantes.

**V. - CONCLUSION**

A l'heure actuelle, la quasi-totalité des dossiers demandés à l'exploitant et au constructeur en complément de l'examen des options de sûreté a été fournie. On peut dès maintenant tirer quelques enseignements de ce travail qui a pu être entrepris facilement en France en raison de l'unicité de l'exploitant et du constructeur.

- La définition précise du champ d'application de l'exercice a permis de trouver assez aisément des terrains d'entente en matière de doctrine de sûreté.
- La présentation, en préliminaire à toute demande réglementaire, d'options parfois évolutives, a permis de préciser quelles étaient les motivations qui sous-tendaient le choix de ces options et par conséquent, de définir en toute connaissance de cause les exigences de sûreté à y associer.
- Enfin, nous considérons que l'ensemble de l'exercice a permis d'adapter au mieux les examens réglementaires, qui sont par nature échelonnés dans le temps, à la standardisation des évaluations de sûreté concernant le programme français sans pour autant en retarder le démarrage.

Nous ne pouvons certes pas considérer que l'exercice des " options de sûreté 1300 MMe " a résolu tous les problèmes de sûreté. Cependant, cet exercice a permis de les cerner et d'engager les actions nécessaires. Si dans la phase finale de ce travail, l'évaluation de l'accident de THREE MILE ISLAND 2 nous a amené à nous conforter dans certaines positions prises ( perte totale des fonctions, par exemple), elle a également conduit à réorienter certains problèmes de sûreté vers les aspects liés à l'exploitation qui n'avaient pas été abordés, l'exercice " options 1300 " ne concernant que la conception.