

CONFORMITE' DES CHOIX DE PROJET AVEC LE OBJECTIFS DE PROTECTION RADIOLOGIQUE POUR UNE USINE DE FABRICATION DE COMBUSTIBLES A PLUTONIUM.

A. Cardinale - P. Ottati : Agip Nucleare - Milan - Italie

oooooooo

1. Classification des conditions d'accident

Le projet d'une installation nucléaire doit forcément se baser sur des critères de sécurité qui protègent soit le travailleurs soit la population résidant aux alentours contre les risques indus venant des radiations produites par l'installation en condition d'opérations normales et en cas d'accident. Suivant les méthodologies actuelles, surtout dans le cas des reacteurs nucléaires, qui sont les installations ayant la plus grande diffusion, on fixe des critères globaux d'acceptabilité(1)(2), associant la fréquence des accidents possibles aux valeurs maximales de rejet de matériel radioactif, de sorte que le risque global venant de l'installation, c'est-à-dire le terme

$f_i R_i$  ( $f_i$  = fréquence;  $R_i$  = Rejet), soit limité à une valeur déterminée, qui représente le risque acceptable pour l'installation. Evidemment, puisqu'il n'est ni possible ni pratique de calculer la fréquence de chaque accident prévu, on utilise une classification des conditions accidentales par catégories qui rassemblent les accidents en bandes de fréquence assez larges. En ce qui concerne une usine de fabrication d'éléments combustibles à oxydes mixtes U-Pu, une des classifications possibles est la suivante(3):

- Categorie 1 - Conditions d'opérations normales et transitoires d'opérations: Elle comprend toutes les conditions de fonctionnement normales de l'usine, p. ex. déplacement du matériel, frittage, récupération des déchets, remplacement des filtres et des gants etc.
- Categorie 2 - Accidents avec fréquence modérée: Elle comprend les accidents qui peuvent se produire pendant le fonctionnement de l'usine, la fréquence globale étant de quelques-uns par an(1-10). Les accidents peuvent provoquer un rejet du Pu à l'intérieur de la zone contrôlée mais il n'y a aucun rejet de Pu au dehors. Une action de protection peut se rendre nécessaire, mais l'usine ne doit pas être arrêtée.
- Categorie 3 - Accidents ayant une basse probabilité: Elle comprend les accidents qui ont la probabilité globale de se produire seulement quelquefois pendant la vie de l'installation ( $10^{-1}$ - $10^{-2}$  événements globaux/an). Ces accidents peuvent provoquer l'arrêt de l'usine pour remise en état de travail.
- Categorie 4 - Accidents limites: Elle comprend des accidents non prévisibles mais qui doivent être pris en considération puisque leur conséquences pourraient causer des rejets considérables des matériel radioactif. La probabilité globale de ces accidents est d'environ  $10^0$  événements/an. Comme désormais on accepte normalement des accidents ayant une probabilité sensiblement inférieure à  $10^{-6}$  événements/an sont à considérer "incroyables" et on ne les prend donc pas en considération, en ce qui concerne la définitions du critère global d'acceptabilité. Dans les paragraphes suivants, nous nous limitons à considérer seulement les implications venant de la classification dans des catégories accidentales pour la protection radiologique des personnes qui travaillent à l'intérieur de l'usine.

## 2. Objectifs de protection radiologique proposés pour l'intérieur d'une usine plutonium.

On considère que l'absorption de doses de la part des travailleurs soit principalement due à inhalation de Pu, à la suite de la contamination de la zone de travail. Suivant la classification donnée au paragraph 1, on considère, pour la protection des travailleurs, les catégories 1 et 2 qui se rapportent, respectivement, aux conditions d'opérations normales et transitoires d'opérations et aux accidents ayant une fréquence modérée. Le critère fondamental proposé est donné par la limitation, dans la phase de projet de l'usine, de la contamination de l'air, à l'intérieur de la zone contrôlée, à 1/3 de la CMA pour les travailleurs ( $2 \cdot 10^{-12}$  Ci/m<sup>3</sup>) pour les deux catégories 1 et 2. Sur la base de l'expérience de fabrication de combustibles U-Pu, il est raisonnable de supposer que des contaminations anormales de l'air puissent se vérifier chaque année à deux différents niveaux (10CMA et 100CMA), tandis que le niveau normal ne dépasse pas 0,1CMA(4). Si l'on considère 2000 h de travail par an, il est possible d'établir le nombre d'heures par an pendant les quelles les dites contaminations peuvent se vérifier. En effet il résulte:  $x_1 \cdot 0,1 \text{ CMA} + x_2 \cdot 10 \text{ CMA} + x_3 \cdot 100 \text{ CMA} \leq 2000 \cdot 1/3 \text{ CMA}$  avec la condition accessoire:  $x_1 \cdot 0,1 \approx x_2 \cdot 10 \approx x_3 \cdot 100$ .

Il est possible de proposer les objectifs suivants:

Catégorie 1 { conditions d'opérations normales  $x_1 = 1978 \text{ h/an à } 0,1 \text{ CMA}$   
transitoires d'opérations  $x_2 = 20 \text{ h/an à } 10 \text{ CMA}$

Catégorie 2 - Accidents de fréquence modérée  $x_3 = 2 \text{ h/an à } 100 \text{ CMA}$

Ces valeurs pourront être utilisés pour la définition, au cours de la phase de projet, de certains caractéristiques du système de ventilation, du confinement primaire et du système de contrôle de la contamination de l'air.

## 3. Répercussions des objectifs de protection radiologique sur les systèmes de ventilation et de contrôle de la contamination atmosphérique.

Pour analyser les implications des objectifs de protection radiologique considérés, il faut examiner un cas concret. On considère, à l'intérieur d'une usine de fabrication de combustibles à Pu, une cellule "chaude", isolée, en ce qui concerne la ventilation, par rapport aux autres cellules. La répartition homogène dans l'espace de la contamination correspond à un cas idéal assez bien réalisé lorsque la source d'émission est de grande dimension ou le renouvellement de l'air est suffisant. On admet que les bouches d'introduction de l'air et celles d'aspiration soient disposées de façon que la totalité du volume soit ventilée. Au cas où un événement imprévu causerait une augmentation de la concentration de Pu dans l'air de la cellule pour manque de confinement, si l'émission peut être arrêtée par des opérations simples qu'on puisse considérer de routine, il serait possible de schématiser la variation de la contamination selon le temps (5):

$$C = \frac{a}{RV} (1 - e^{-Rt}) \quad 0 < t < T \quad \left. \begin{array}{l} \text{ou } C = \text{concentration dans l'air (Ci/m}^3\text{)} \\ a = \text{émission (Ci/h)} \end{array} \right\}$$

$$C = \frac{a}{RV} e^{-R(t-T)} \quad T < t < \infty \quad \left. \begin{array}{l} V = \text{volume de la cellule (m}^3\text{)} \\ R = \text{renouvellement de l'air par heure} \\ t = \text{temps écoulé depuis le début de l'émission} \end{array} \right\}$$

et  $T =$  temps nécessaire pour détecter la contamination et pour arrêter l'émission

$$\text{d'où l'on obtient : } \int_0^{\infty} C dt = \frac{a}{RV} \left[ T + \frac{2}{R} e^{-RT} - \frac{1}{R} \right]$$

Si l'on considère que ces types d'événements peuvent se vérifier plusieurs fois au cours d'une année il en résulte une contamination annuelle, donnée par  $\sum_{i=1}^n a_i \left[ \frac{1}{RV} \left( T + \frac{2}{R} e^{-RT} - \frac{1}{R} \right) \right]$ , qui est égale, pour chacune des deux

classes d'événements anomaux qu'on a considéré au paragraph précédent, à :  $4 \cdot 10^{-10}$  (Ct/h/m<sup>3</sup>an). A l'intérieur de la même classe il est raisonnable de penser que la variation de la concentration avec le temps suit à peu près la même loi, donc  $\sum_{i=1}^n a_i = n\bar{a}$ . On peut, donc, optimiser les caractéristiques des systèmes de ventilation et de contrôle de la contamination, tout en tenant fixe la valeur de la contamination annuelle de l'air dans la cellule.  $T_d$  qu'un exemple on peut considérer une cellule ayant un volume de 1000 m<sup>3</sup>. Sans entrer dans le détail du problème du contrôle de la contamination du Pu dans l'air, on suppose qu'on puisse choisir parmi trois différents systèmes dont la sensibilité soit, respectivement, de 5, 10 et 20 CMA x h. On peut considérer que le temps T est dû à l'addition d'un temps  $T_1$  nécessaire pour la détection et d'un temps  $T_2$  nécessaire pour arrêter l'émission. On suppose que le temps  $T_1$  soit le même pour tous les événements et, dans le cas qu'on étudie, il est considéré égal à 0,4 h, temps nécessaire, selon une estimation prudente, pour le remplacement d'un gant. On peut donc considérer la série de valeurs T suivante:

<p>Categorie 1</p> <p><math>T_1 = 0,9</math> h</p> <p><math>T_2^1 = 1,4</math> h</p> <p><math>T_2^1 = 2,4</math> h</p>	<p>Categorie 2</p> <p><math>T_2 = 0,5</math> h (pour 5 CMA x h)</p> <p><math>T_2^2 = 0,5</math> h (pour 10 CMA x h)</p> <p><math>T_2^2 = 0,6</math> h (pour 20 CMA x h)</p>
--	---

En ce qui concerne la ventilation, il est raisonnable de choisir entre les valeurs R suivantes : 5, 10 et 15 Renouv/h. Le nombre d'événements accidentaux correspondant à chaque cas peut être défini, selon une estimation prudente, en supposant que la durée totale de l'événement soit  $T + \mathcal{D}$ , où  $\mathcal{D}$  est le temps dans lequel la concentration de Pu redécend à la valeur de fond (0,1 CMA) entre 10%; Pour les deux catégories on a respectivement:

$$R \mathcal{D}_1 = 4,5 \qquad R \mathcal{D}_2 = 6,8$$

En table 1 on illustre les valeurs de  $n_1$  et  $n_2$  et de  $\bar{a}_1$  et  $\bar{a}_2$  qui correspondent aux différentes valeurs du nombre de renouvellement/heure et de sensibilité de détection considérées.

Sensibilité de détection	R = 5				R = 10				R = 15			
	$n_1$	$\bar{a}_1$	$n_2$	$\bar{a}_2$	$n_1$	$\bar{a}_1$	$n_2$	$\bar{a}_2$	$n_1$	$\bar{a}_1$	$n_2$	$\bar{a}_2$
5 CMAxh	11	0,25	1	3,2	15	0,34	2	5	17	0,42	2	7
10 CMAxh	9	0,18	1	3,2	11	0,28	2	5	12	0,38	2	7
20 CMAxh	6	0,14	1	4,8	7	0,24	2	4	7	0,36	2	5,6

Table 1: Nombre de pannes par an et valeurs moyennes d'émission de Pu ( $\mu$ Ci/h) pour les deux classes considérées.

Sans baisser l'assurance concernant la contamination annuelle de l'air de la cellule, on peut donc optimiser le choix du nombre de renouvellements/heure et du système de contrôle de la contamination dans l'air. Un nombre de renouvellements/heure plus bas comporte l'exigence d'assurer un nombre

plus bas de pannes et par conséquent un meilleur confinement primaire (boîtes à gants). On obtient le même résultat si la sensibilité du système de contrôle est inférieure. Les valeurs de la table 1 peuvent, donc, être utilisées pour établir les niveaux de qualité de certains composants de l'usine.

#### 4. Evaluation du niveau de qualité du système de ventilation des boîtes à gants.

Pour effectuer cette évaluation il est nécessaire de fixer certains choix du projet, à partir des hypothèses du paragraphe précédent. De plus, il est nécessaire de fixer le nombre des boîtes à gants qui sont à l'intérieur de la cellule. On assume d'avoir effectué les choix suivants:

$R = 10$  Renou/h      sensibilité de détection =  $10 \text{ CMA} \times h$   
d'où :  $n_1 = 11$ ,  $\bar{a}_1 = 0,28 \mu\text{Ci/h}$        $n_2 = 2$        $\bar{a}_2 = 5 \mu\text{Ci/h}$   
De plus on assume que la cellule comprenne 4 boîtes à gants, ayant un volume de  $\sim 10 \text{ m}^3$  chacune. Les boîtes à gants ont un taux de fuite de  $3 \cdot 10^{-3}$  volumes/heure (6) et la concentration d'aérosols à l'intérieur est de  $10^{-3} \text{ g/m}^3$  particules dans le domaine respirable, ce qui représente 1% de la valeur de saturation (7). L'arrêt du système de ventilation des boîtes à gants peut provoquer la suppression et l'émission de radioactivité dans la cellule. Suivant les hypothèses données, l'émission de Pu sera égale à  $3 \cdot 10^{-5} \text{ g/h}$ . Si le plutonium est Pu-239 a  $2 \mu\text{Ci/h}$ .

Une panne de ce type est comprise dans la catégorie 2, pour laquelle on peut accepter 2 pannes par an au maximum, avec une émission moyenne de  $5 \mu\text{Ci/h}$ . Puisque dans la cellule on a 4 boîtes à gants il faut garantir qu'un accident de suppression ne se vérifie qu'une seule fois par an pour chaque boîte.

#### - Bibliographie

- (1) - Renato Zambrini: "Sulla caratterizzazione dei siti nucleari"-Sicurezza Nucleare e Protezione Sanitaria 1-Notiziario CNEN n°3, marzo 1975;
- (2) - USAEC- Rasmussen et al: "Reactor Safety study- WASH 1400-August 1974; Draft
- (3) - ANSI N 287: "Criteria for siting, design and operation of plants for the Manufacture of mixed oxide (U-Pu) fuels"-july 1974-Draft;
- (4) - Recycle Fuels Plant - License Application - Westinghouse Nuclear Fuel Division - July 1973;
- (5) - J. P. Perotin, B. Werderer: "La contamination radioactive des ateliers et laboratoires" - Note Cea n°1408(2)- fevrier 1971;
- (6) - Safe Handling of plutonium - Safety Series n°39 - IAEA 1974;
- (7) - Considerations in the assessment of the consequence of effluents from mixed oxide fuel fabrication plants - BNWL 1697 UC-41 - June 1973.