

OPTIMISATION DE LA PROTECTION DES REACTEURS DE FUSION, CAS DU TRITIUM

F. RANCILLAC* - H. DJERASSI**

* CEA IPSN/DPS/SEGP BP n°6, 92265 FONTENAY aux ROSES,
FRANCE. ** CEA IPSN/DPT/SPIN, CEN SACLAY, 91191 GIF sur
YVETTE, FRANCE.

Summary :

The purpose of this study is to contribute to the achievement of the protection systems for fusion reactors, and to look for the best options to protect from tritium, which is the major radioactive element issued from fusion reactors. In this paper a computer tool, the TRITO code is presented. It defines the detritiation system, function of tritium release (gas HT or water HTO). It respects limitations on workers and public doses ; it calculates deposits and water and air concentrations of tritium in the different containments, it estimates also the resulting costs, with regards to wastes, worker and public doses. It allows thus to compare different options, to assess the less costles hall volume and source of tritium (coming into the primary circuit of cooling water), or moreover to find the more interesting flow rate of water sampling in this circuit. Furthermore, it looks for the best operating system of dryer, ventilation, and water and air detritiation.

1. INTRODUCTION

Le Tritium des Tokamaks réalisant la fusion du Deutérium-Tritium peut être un des risques majeur de contamination pour les travailleurs, le public et l'environnement, la première étape consiste à définir le chemin de cette contamination. Les barrières interposées entre les sources de contamination et le public sont imposées soit par le procédé lui-même (paroi de la chambre torrique), soit par d'autres critères de sûreté (protection contre l'irradiation externe, par les neutrons ou les rayonnements γ). Un des buts est de définir, si ces méthodes de confinement sont suffisantes, pour limiter les doses possibles aux travailleurs et au public, et si le gain obtenu, en équivalent de dose effectif, avec des barrières supplémentaires est "rentable". En effet, une surprotection peut devenir très coûteuse, pour une réduction minime des équivalents de doses.

Le code TRITO (TRItium Transfer Optimization) optimise, c'est-à-dire choisit, les différentes options de protection possibles, correspondant au coût-bénéfice le plus avantageux en respectant les limites des équivalents de doses travailleurs/ public. Ce code compare différentes installations du hall avec une ou deux enceintes, recouvertes ou non d'une couche d'acier. Il définit quel est le meilleur fonctionnement des systèmes de détritiation de l'eau et de l'air, du sécheur et les débits de ventilation. De plus, TRITO peut optimiser les fuites de routine ou les fuites résultant d'une situation accidentelle.

2. METHODOLOGIE

2.1. Radioprotection

La première règle est de limiter les concentrations en tritium de l'air (C1)

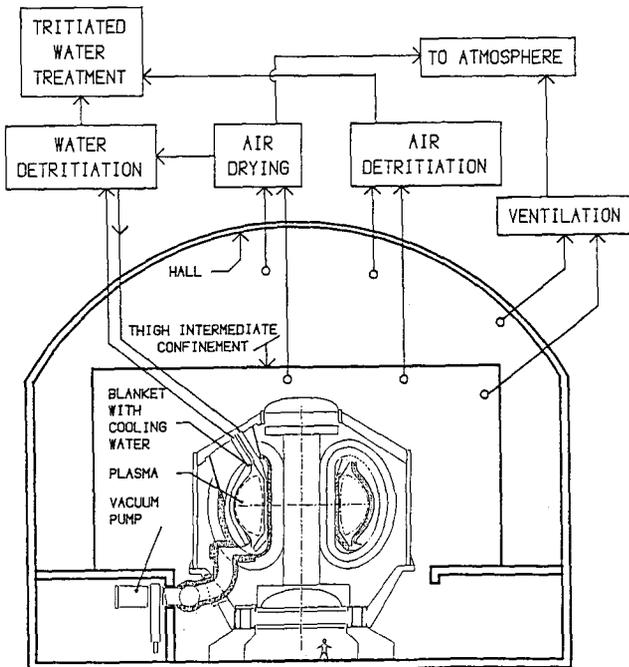
que peuvent respirer les travailleurs, à une valeur choisie comprise entre 1 et 100 CMA (1 CMA = $8.14 \cdot 10^5$ Bq/m³). La deuxième règle vise à limiter les rejets dans l'environnement. Le modèle TRITO limite les rejets atmosphériques à une certaine valeur, qui est ici de l'ordre de $3.7 \cdot 10^{13}$ Bq/an (1 000 Ci/an). La troisième règle est plutôt un critère de sélection, qui consiste à diminuer au maximum les coûts du système de protection, en respectant les deux premières règles.

2.2. Identification du système de protection et évaluation des coûts

Le système considéré pour l'optimisation de la protection est le suivant (figure 1):

- Confinement supplémentaire T.I.C. (Tight Intermediate Confinement).
- Système de détritiation de l'eau du circuit primaire (W.D.S.).
- Système de détritiation de l'air (A.D.S.).
- Système de séchage (D.S.).
- Revêtement en acier du mur d'enceinte (S.C.S.).

Figure 1 : Coupe d'un réacteur de fusion selon le projet NET (1985).



Les coûts de ces systèmes sont décomposés en coûts d'investissement et de fonctionnement. Les coûts d'investissement comprennent, la construction du T.I.C. et le revêtement du T.I.C. ou du hall S.C.S. (fonctions de la taille du T.I.C. et du

hall), et les systèmes de détritiation W.D.S. et A.D.S. où interviennent les débits.

Les coûts de fonctionnement résultent des systèmes d'épuration A.D.S. et D.S. ; qui sont fonction des débits. Viennent aussi les coûts de décontamination, des déchets et des doses travailleurs, coûts qui dépendent de la concentration en tritium de l'air. Le coût des doses délivrées à la population est introduit en partant du principe que les effluents d'air tritiés peuvent contaminer le public. Cette contamination peut se chiffrer par un équivalent de dose collectif. S'il lui est associé un coût de l'homme-Sievert, il en résulte un coût global relatif aux rejets. On considère que $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq/an (1 Ci/an) correspond à une dose collective de 10^{-4} h.Sv, soit 100 FF.

L'équation de conservation de la masse du tritium, appliquée à l'intérieur de chacune des enceintes de confinement, permet de déterminer les concentrations en tritium. Le système est supposé en équilibre avec des taux de fuite ou de ventilation constants. Un scénario d'accident introduit consiste en un rejet instantané de tritium gazeux HT, dans le hall ou dans le T.I.C. s'il existe. Les parois du hall ou du T.I.C. ne sont pas endommagées par l'accident. On suppose qu'au bout d'un renouvellement d'air, (dû aux diverses ventilations possibles) de l'enceinte contaminée, la moitié seulement du tritium introduit par l'accident sera évacuée. En maintenant une ventilation constante, on peut calculer le nombre de renouvellements (N) nécessaires pour retomber à une concentration, dite de routine, c'est à dire inférieure à un seuil donné estimé à 10 fois la concentration maximale autorisée (CMA). Partant de cette valeur de N, il est possible de déterminer la période de confinement T nécessaire pour que les N renouvellements puissent s'effectuer.

2.3. Traitement informatique

La réalisation informatique du calcul du coût de la protection le plus faible est prise en charge dans le code TRITO (TRItium Transfer Optimization). Il s'agit d'un code de calcul conversationnel, écrit en APL et exécutable sur micro-ordinateur. L'intérêt de TRITO est que le code ne se réduit pas au seul calcul du coût de la protection. Il détermine aussi la valeur des débits de ventilation pour la configuration qui lui a été introduite.

TRITO peut sur option, optimiser un autre paramètre au choix de l'utilisateur, dans une gamme de variation donnée. Il peut ainsi déterminer le volume du hall ou du T.I.C., la source de tritium contaminant le circuit primaire de refroidissement, ou encore les taux de fuite du T.I.C. ou du circuit primaire entraînant les coûts les moins élevés.

3. TYPES DE RESULTATS

Il est possible d'avoir des informations sur le fonctionnement des systèmes d'épuration les plus économiques. Par exemple, la détritiation de l'eau de refroidissement du Tokamak n'est pas toujours indépendante de la détritiation de l'air. Ou encore, à propos de la détritiation de l'air, en situation de routine, on constate que le surcoût nécessaire pour assurer la protection des travailleurs et du public, est directement lié à deux éléments : le volume du hall et la fuite en tritium dans le hall en provenance du circuit primaire de refroidissement. Dans le

cas où on ajoute un confinement supplémentaire T.I.C. entre le réacteur et le hall, seul compte alors le volume du T.I.C..

En cas accidentel, ne pas réaliser les investissements nécessaires, pour lutter contre un accident, aurait pour conséquence d'augmenter la durée de la détritiation du réacteur et aussi les coûts de fonctionnement pendant la période accidentelle. Si les coûts d'investissement diminuent avec la période de détritiation, il n'en est pas de même des coûts de fonctionnement qui augmentent beaucoup plus vite, d'où il y a nécessité de détritier le plus rapidement possible. Faire face correctement à un rejet accidentel de 10^7 Ci, selon les coûts de protection les plus bas, demande un investissement supplémentaire de 8×10^6 FF/an par rapport à l'investissement nécessaire pour la routine de 4×10^7 FF/an, dans la solution avec T.I.C.. Cet investissement permet de réduire au maximum les coûts de fonctionnement durant une situation accidentelle, soit 10^5 FF/accident. Mais il est tout à fait envisageable de ne pas réaliser d'investissements supplémentaires, auquel cas la résorption de l'accident durera 4 jours au lieu de 1 et coûtera 3×10^5 FF au lieu de 10^5 FF.

4. CONCLUSION

Une telle étude permet, en laissant au code TRITO, le soin de gérer les limites de dose pour les travailleurs et les limites de rejets dans l'environnement, de faire ressortir les éléments essentiels et les plus coûteux du système de protection. L'optimisation du coût global de la protection résulte d'un équilibre entre d'une part, le coût des détritiateurs d'air et d'eau, et d'autre part le coût des déchets, avec parfois le coût des travailleurs. Elle permet de quantifier les rejets atmosphériques et les concentrations en tritium à l'intérieur du hall. Cette étude met en évidence l'intérêt, tant en limitation des doses qu'en coût financier, de surconfiner autour des sources potentielles de rejets. Au fur et à mesure que le "design" du réacteur sera précisé, les confinements intermédiaires seront dessinés autour de chaque point faible de la machine (vannes, raccords, soudures, injecteur de "Pellets", récupération du tritium, etc...). En introduisant dans TRITO, les paramètres des nouveaux systèmes de confinement (volume, ventilation...), on pourra juger de leur intérêt.

REFERENCES

- /1/ Ph. SAGER : Engineering study report. F.E.D. Baseline ORNL/F.E.D.C. 82/2 April 1983.
- /2/ F. RANCILLAC - H. DJERASSI : Tritium transfer optimization in fusion reactor. Final report, december 1986, rapport IPSN/DPT - SE2/86003.
- /3/ J.LOCHARD - C.MACCIA - P.PAGES : Application du principe d'optimisation de la CIPR à la comparaison de systèmes de traitement des effluents d'un réacteur à eau sous pression. IAEA SM 258/28 (1982) p57
- /4/ NET : Controlled thermonuclear fusion research, Status Report. NET Report 51, december 1985.
- /5/ INTOR (International Tokamak Reactor) : Zero Phase, Report IAEA, Vienna, 1980.