

Maintenance et radioprotection dans le parc électronucléaire français *

R. GODIN ** - L. STRICKER ***

(Manuscrit reçu le 29 septembre 1989)

RÉSUMÉ

L'exploitation de l'important parc électronucléaire français expose les travailleurs de cette branche de l'industrie aux rayonnements. La majeure partie des doses engagées provient des opérations de maintenance. C'est là que doivent porter les efforts afin de maintenir l'exposition de ces travailleurs aussi bas qu'il est raisonnablement possible (principe ALARA). Dans le domaine de la radioprotection, l'objectif du Service de la production thermique d'Electricité de France (EDF) est de se situer au meilleur niveau international. Un second objectif est de conserver, pour les agents d'EDF, un potentiel d'exposition qui leur permettrait d'intervenir en cas d'incident ou d'accident sur une centrale. Ces deux objectifs conduisent à optimiser les doses engagées par les agents d'EDF et ceux des entreprises prestataires lors des opérations de maintenance.

L'atteinte de ces objectifs passe par la mise en œuvre de techniques particulières et par un savoir-faire des intervenants qui se situent à plusieurs niveaux : 1) en amont des interventions : exploiter la centrale avec un circuit primaire propre (ce qui limite les débits de dose) et de solubiliser les produits de corrosion lors du refroidissement du réacteur et lors de la vidange du circuit primaire ; 2) avant l'intervention : préparation approfondie des travaux et mise en œuvre de moyens de protection adaptés à chaque chantier ; 3) pendant l'intervention : le savoir-faire des intervenants passe par une formation et une habilitation adaptées des responsables des travaux, par une sensibilisation de tous les acteurs et, dans certains cas, par un entraînement sur maquette ; 4) enfin pour des opérations particulières par leur répétitivité ou parce qu'elles se situent dans des endroits particulièrement inhospitaliers, des outillages spéciaux sont développés.

Les techniques développées, l'exploitation systématique du retour d'expérience, ont permis d'atteindre un résultat tout à fait acceptable. La radioprotection procède de la qualité des interventions de maintenance et participe donc à l'amélioration globale de la sûreté d'exploitation du parc électronucléaire français.

ABSTRACT

The operation of the large french electronuclear park (ou bien : of the large number of french nuclear power plants) entails radiation exposure of the workers in this branch. Most doses are due to maintenance operations. The utmost must be done in this field in order to maintain occupational exposures as low as readily achievable (ALARA). In the field of radiation protection, the Service de la Production thermique (the Thermal and fossil generation division, SPT) at EDF aims at being among the best and at keeping for EDF agents an exposure potential allowing them to act in an emergency case. Doses to EDF or subcontractors' workers must therefore be optimized during maintenance operations.

* Communication présentée lors du colloque "Radioprotection et maintenance des centrales nucléaires à l'horizon 1992" organisé par l'Association belge de radioprotection et la Société française de radioprotection, Bruxelles, 24-26 mai 1988.

** Electricité de France, Service de la Production thermique, quartier Michelet, BP 26, 92060 Paris La Défense.

*** Electricité de France, DSRE, BP 114, 93203 St-Denis Cedex 01.

These aims can be reached through special techniques and by a know-how of the actors at several levels : 1) upstream, operating the plant with a clean primary circuit (which limits dose rates) and solubilizing corrosion products during reactor cooling and primary circuit drainage ; 2) before the intervention, thorough preparation of the work and operation of protection means suited to each site ; 3) during the intervention, the actors' know-how requires suitable training and qualification of the operation leader, awareness of all the actors and, sometimes training on mockup ; 4) finally, for special operations on account of their repetitiveness or because they take place in hostile places, special tools are developed.

The techniques thus developed, the systematic use of feedback have made it possible to reach a most acceptable result. Radiation protection proceeds from the maintenance operation quality and thus shares in improving the operation safety of the french nuclear power plants.

1. INTRODUCTION

La gestion de l'important parc électronucléaire d'Électricité de France (EDF) conduit à exposer des travailleurs aux rayonnements. Une très rapide analyse montre que la presque totalité des doses est reçue lors des opérations de maintenance des centrales.

Dans le domaine de la radioprotection, EDF poursuit un double objectif : d'abord se situer, comme dans les autres domaines de l'exploitation, au meilleur niveau mondial, et donc obtenir un kilowattheure au moindre coût dosimétrique. Ensuite, toujours réserver pour les agents de l'entreprise un "potentiel d'irradiation" qui permettra, si nécessaire, aux agents des centrales d'intervenir en cas d'accident tout en respectant la réglementation sur les limitations de doses. Ce double objectif conduit EDF, tant pour ses propres agents que pour les agents des entreprises qui interviennent sur ses installations, à tout mettre en œuvre pour limiter les doses cumulées lors des opérations effectuées au cours des arrêts de tranche programmés pour rechargement et entretien. L'enjeu est important, compte-tenu du nombre d'arrêts programmés qui ont eu lieu ou qui sont prévus d'ici 1992 (fig. 1 et 2).

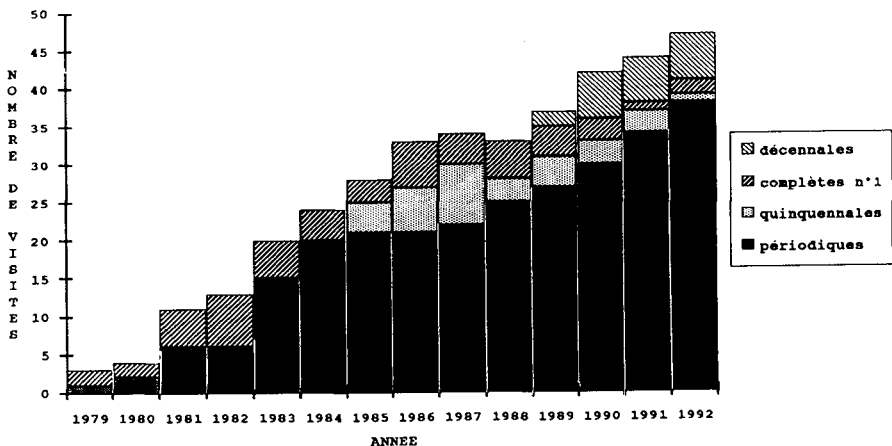
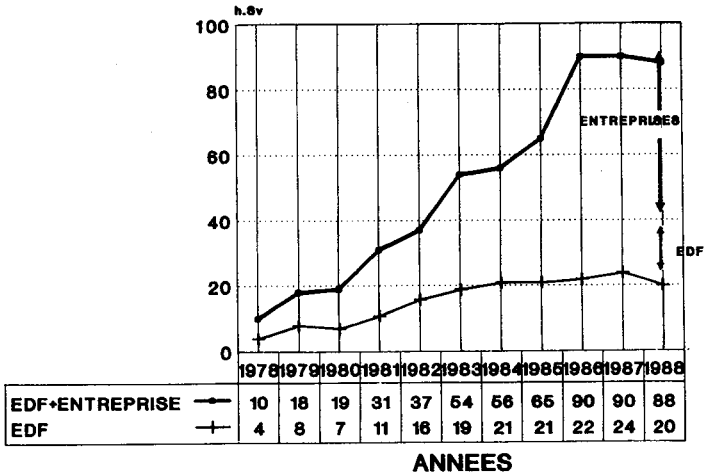


Fig. 1. - Nombre d'arrêts pour visite des tranches REP.



DAN01 90

Fig. 2. – Dose annuelle collective pour l'ensemble du parc électronucléaire EDF.

Les arrêts programmés pour rechargement se traduisent, au fur et à mesure de la montée en puissance du parc, par un accroissement de la dose collective. Les 88 hommes-sieverts de 1988 correspondent à un parc REP (réacteur à eau sous pression) en service industriel de 34 tranches de 900 MW et 12 tranches de 1 300 MW. Les actions permettant de réduire au mieux l'exposition des travailleurs se situent à trois niveaux :

- pendant la phase d'exploitation elle-même,
- avant l'intervention programmée,
- pendant l'intervention.

2. UN CIRCUIT PRIMAIRE PROPRE

C'est une condition à respecter si on veut minimiser l'activité des circuits sur lesquels les mécaniciens et robinettiers seront amenés à intervenir. Deux actions y concourent pendant la phase d'exploitation :

1. Un fonctionnement sans rupture de gaine

C'est une condition nécessaire pour éviter la dissémination de produits de fission et d'émetteurs α , dans le circuit primaire. Cette politique a deux avantages : l'un concernant la dosimétrie des intervenants, l'autre concernant les déchets technologiques qui, exempts d'émetteurs α , sont plus faciles à gérer. Pour ce faire, l'exploitant est tenu de surveiller étroitement l'état du gainage du combustible (contrôle d'étauchement annuel, spécifications techniques en iode 131 dans l'eau du circuit primaire).

2. Une chimie de l'eau primaire adaptée

Le but est de minimiser la production de produits de corrosion, de limiter leur temps de séjour sous flux neutronique et, enfin, de purifier correctement l'eau du circuit primaire lors de la phase de refroidissement du réacteur. Ce sont en effet les produits de corrosion et en particulier les cobalt 58 et 60 qui sont responsables de 90 % des doses cumulées (fig. 3).

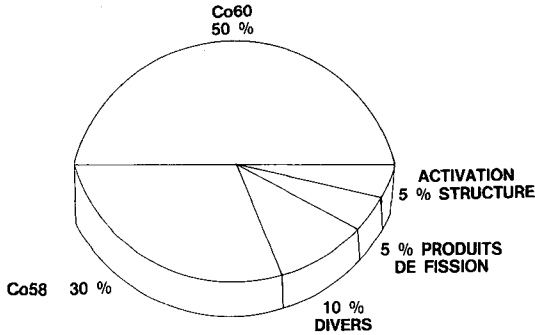


Fig. 3. — Origine des doses

Des études poussées sur la solubilité des différentes espèces présentes (magnétite et ferrites diverses...) ont été et sont encore entreprises par de nombreux laboratoires de différents pays. De l'ensemble de ces études on déduit une politique de chimie primaire en fonctionnement : il s'agit de maintenir un pH constant à chaud, d'où l'ajustement de la quantité de lithine dans le circuit primaire au fur et à mesure du déroulement du cycle.

Remarque : le choix du pH optimal est difficile. Des expériences en vraie grandeur ont lieu en France mais les conclusions ne seront rendues qu'après plusieurs cycles (essais à pH 7,1 sur 6 tranches de 900 MW).

Cette gestion de la chimie du primaire ajoutée à certaines modifications (essentiellement passage de l'inconel au zircaloy pour les grilles des assemblages combustibles et baisse de la teneur en cobalt des faisceaux tubulaires des générateurs de vapeur) donne des résultats qui sont en amélioration constante depuis les premières tranches 900 MW (dites CPO) et les tranches actuellement mises en service du 1 300 MW. La figure 4 donne l'évolution de l'indice d'activité¹ des circuits primaires qui traduit l'évolution du débit de dose moyen du circuit primaire au cours des différents cycles.

1. Indice d'activité pour une intervention bien définie, les doses correspondantes ne peuvent être comparées sur des tranches ou des cycles différents qu'à débit de dose égal. Il a donc été nécessaire d'établir un indice caractéristique de l'activité de l'installation. Cet indice exprimé en mSv h^{-1} est calculé à partir de mesures systématiques de radioprotection effectuées sur les boucles primaires dans des conditions précises reproductibles.

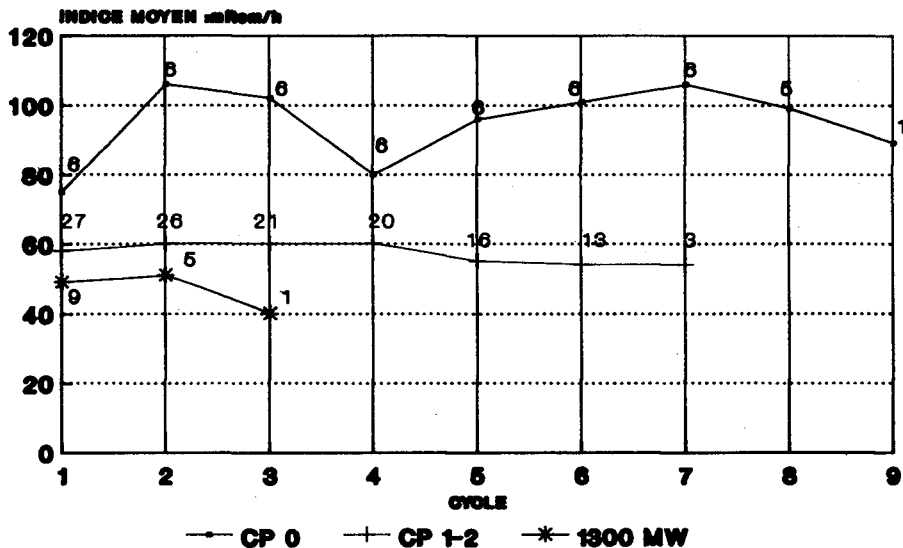


Fig. 4. — Evolution de l'indice d'activité par palier.

L'indice d'activité, exprimé en millisieverts par heure, est calculé à partir de mesures faites en des points identiques sur chacune des tranches REP. On constate le résultat des progrès faits entre les 6 tranches du palier CPO, les 27 tranches des paliers CP1-CP2, et les 9 tranches de 1 300 MW en service à la fin de 1987.

3. UNE BONNE PRÉPARATION DES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Dans tous les domaines, une bonne préparation est indispensable à la réussite d'une action. Ceci est vrai sur le plan technique, c'est vrai également, même si c'est plus difficile, sur le plan de la prévention des risques en général et celui de la radioprotection en particulier. Cette préparation, préalable à l'intervention proprement dite, se fait à plusieurs niveaux et le sujet est très vaste. On peut, en effet, inclure dans la préparation des opérations :

- la planification des travaux,
- l'organisation des chantiers,
- la prévision des doses,
- le choix des outillages et des dispositifs de protection,
- la décontamination,
- la mise au point de robots,
- l'utilisation de maquettes d'entraînement.

(Les aspects liés à la robotique et à l'entraînement ne sont pas traités ici).

1. Planification des travaux

Le seul fait de planifier les travaux est déjà un facteur favorable car l'organisation de l'enchaînement des différents chantiers fait gagner du temps, donc des doses intégrées. De plus, on peut placer judicieusement certaines

opérations pour profiter de conditions favorables de débit de dose à tel ou tel endroit. Par exemple, la pose et la dépose de calorifuge n'est pas indifférente, au plan de la dosimétrie, au fait que le réservoir ou la tuyauterie soit ou non rempli d'eau (qui sert d'écran). Un autre exemple est l'activité du circuit primaire qui varie durant la phase de refroidissement : la planification de la confection des sas et échaffaudages doit en tenir compte.

Ce type d'optimisation nécessite de planifier non seulement les opérations d'entretien elles-mêmes, mais aussi les opérations de "consignation" (1) des matériels impliquant, par exemple, des vidanges de circuits réalisées par les équipes de conduite. Une telle gestion permet, par ailleurs, une meilleure gestion des effluents liquides et limite donc, indirectement, les doses intégrées par le personnel chargé du traitement.

2. L'organisation des chantiers

Elle est concrétisée par un document appelé "gamme d'intervention" qui prend en compte l'aspect radioprotection (pose d'écran, de confinement, stockage des pièces actives, mesures...). Cette gamme est réactualisée, chaque fois que nécessaire, pour prendre en compte l'expérience, acquise chantier par chantier. Le retour d'expérience est un facteur de progrès et c'est un souci permanent de l'exploitant que d'en tenir compte.

A titre d'exemple, on peut citer l'intérêt, après étude, de la mise en place d'un plancher de protection au niveau d'une pompe primaire, compte-tenu des interventions qui sont effectuées systématiquement (fig. 5).

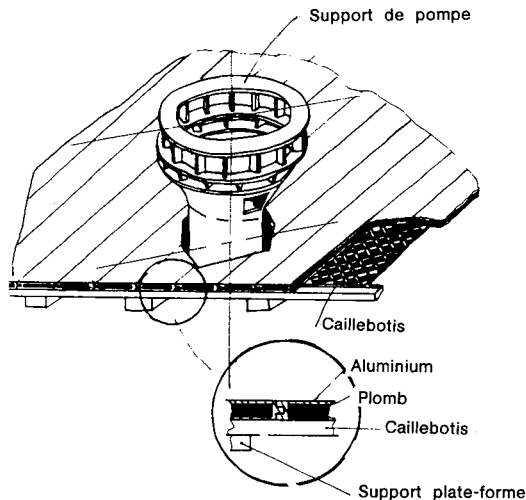


Fig. 5. — Plancher démontable de la sasematé d'une pompe primaire de la centrale de Fessenheim.

1: La consignation d'une installation ou d'un appareil consiste à effectuer des opérations destinées à isoler l'installation ou l'appareil et interdire toute manœuvre afin d'intervenir en pleine sécurité. La consignation fait l'objet d'un document écrit, signé par la personne réalisant les opérations et le futur intervenant.

Bilan dosimétrique

• Coût dosimétrique de la pose et dépose du plancher	+ 3 mSv
• Gain dosimétrique équipe "moteur"	- 6 mSv
• Gain dosimétrique équipe "joints"	- 8 mSv
	<hr/>
Bénéfice de dose (par pompe)	- 11 mSv

Il faut ajouter à cette valeur le bénéfice en dose pour les chantiers connexes se situant dans la casemate de la pompe.

3. La prévision des doses

C'est un élément important de la préparation. Là encore, le retour d'expérience à partir de chantiers similaires antérieurs ou effectués sur d'autres centrales est très utile, à condition toutefois de bien cerner les actions correspondant aux doses mesurées, ce qui n'est pas facile (on peut, sous une même appellation inclure plus ou moins de tâches élémentaires, prendre en compte ou non le repli du chantier par exemple).

La prévision des doses est fondée sur l'existence de cartographies tenues à jour dans chaque centrale. Des outils informatiques sont de plus en plus utilisés pour gérer ces données. Des présentations particulières seront consacrées à certains de ces outils. Au-delà de l'informatique, des essais sont effectués pour coupler un vidéo-disque et un ordinateur et présenter ainsi les cartographies sur des images de l'installation.

4. Le choix des outillages et des dispositifs de protection

Il s'agit de concevoir et d'utiliser des outillages adaptés aux travaux à effectuer afin de minimiser les temps d'intervention. Il s'agit également de choisir des systèmes de protection adaptés, permettant d'une part de protéger efficacement l'intervenant, et d'autre part de ne pas accroître le temps d'intervention (ce qui peut arriver avec des protections surabondantes).

Une bonne pratique consiste à privilégier la technique de confinement dynamique (1) qui est plus efficace que le recours aux sas classiques et aux protections respiratoires individuelles. Un intérêt supplémentaire est la limitation du volume des déchets technologiques.

1. Confinement dynamique : la contamination radioactive issue lors d'un chantier est captée à la "source" par un courant d'air réalisé avec un matériel déprimogène. Ce procédé offre l'avantage d'éviter la dissémination de la contamination atmosphérique occasionnée par l'ouverture des circuits.

5. La décontamination

La décontamination doit suivre une politique rigoureuse si on veut qu'elle soit bénéfique, en particulier du point de vue de la dosimétrie. En effet, si l'absence de décontamination de pièces ou d'outillages est génératrice de doses pour les utilisateurs, de même une décontamination systématique, ou poussée trop loin, est génératrice de doses pour les agents chargés de ce travail sans rapport avec le bénéfice attendu pour les intervenants. De plus, la décontamination engendre des déchets, parfois difficiles à traiter en raison de leur composition chimique, ce qui augmente indirectement la dose collective. Un exemple intéressant est celui du chantier de remplacement des générateurs de vapeur de la centrale de Dampierre.

4. UN SAVOIR-FAIRE DES INTERVENANTS

Le savoir-faire et la motivation des intervenants sont des éléments clés de la politique ALARA. Ceci passe par une formation adaptée de tous les acteurs, de l'ingénieur à l'exécutant. Ceci passe aussi par un management bien compris des équipes.

1. Formation des intervenants

Une opération, qu'elle soit de maintenance ou de conduite, ne pourra être faite correctement que si les intervenants ont reçu une formation adaptée. C'est évident pour les aspects techniques, c'est également vrai pour les aspects liés à la prévention. Dans ce domaine, un effort continu a lieu et se traduit :

Pour les agents d'EDF :

- par la participation de tous les agents à des stages de formation selon un plan préétabli "*plan individuel de formation*" (PIF) qui tient compte :
 - des connaissances antérieures de l'agent,
 - du métier (stages techniques),
 - du niveau de qualification (stage prévention des risques niveau 1 pour les exécutants, stage prévention des risques niveau 2 pour les chefs de travaux par exemple),
 - des perfectionnements envisagés (en concertation entre l'agent et sa hiérarchie);
- par la délivrance d'une *habilitation*, indispensable pour travailler sur les matériels à "*qualité surveillée*", qui prend en compte les connaissances dans le domaine de la radioprotection notamment. Cette habilitation, qui engage la responsabilité d'exploitant nucléaire du chef de centrale est délivrée au vu de la formation suivie par l'agent et d'une période d'adaptation sur les lieux de travail. Elle est renouvelée périodiquement (tous les 2 ans en général) dans les mêmes conditions (formation de recyclage, exercice du métier).

Pour les agents d'entreprises prestataires :

- par l'acceptation par EDF de l'entreprise, compte tenu notamment de son organisation de la qualité, qui comporte un chapitre consacré à la formation ;
- par une formation effective des agents intervenants et en particulier des chefs de travaux (la formation délivrée par les entreprises prestataires dans les domaines de la prévention des risques et de la radioprotection est très proche de celle délivrée par EDF, des contacts fréquents permettent de confronter les points de vue et d'harmoniser les pratiques) ;
- par une habilitation des agents délivrée par le chef d'entreprise ;
- par un contrôle de connaissances effectué par EDF avant toute participation à un chantier.

2. Management des équipes

Il peut paraître surprenant de mêler management et radioprotection. C'est pourtant, dans le domaine de la prévention et donc de la radioprotection, le moyen indispensable à la réussite d'une politique de faibles doses intégrées.

Outre la fixation d'objectifs chiffrés et connus des responsables des opérations, objectifs bien entendu plus ambitieux que les normes réglementaires ou l'énoncé pur et simple du principe ALARA, ou l'utilisation du retour d'expérience, la diffusion des bonnes pratiques,... un tel management passe par une bonne motivation des intervenants et de leurs responsables (chefs de travaux). En effet, les techniques existent, même si elles sont perfectibles, les principes permettant une bonne radioprotection sont connus, mais ces techniques et ces principes sont sans aucune utilité s'ils ne sont pas connus et utilisés par les hommes du terrain qui sont les acteurs principaux de la radioprotection et qu'il importe donc de motiver.

3. Des chantiers propres

La motivation des intervenants et leur qualité technique se traduisent par la tenue du chantier. En zone contrôlée, plus encore qu'ailleurs, ce chantier doit être organisé, avec des emplacements prévus pour les outillages, les pièces neuves, les calorifuges, les déchets technologiques triés, etc.

De la bonne tenue des chantiers dépendra une meilleure dosimétrie et une meilleure maîtrise des opérations en général.

5. CONCLUSION

Il est difficile de passer en revue tous les aspects favorisant la radioprotection lors des opérations de maintenance. Mais l'existence et la mise en œuvre d'une politique dans ce domaine permettent de limiter

chacune des doses individuelles et donc la dose collective pour l'ensemble du parc (fig. 2 et 4).

Il est important de comprendre la radioprotection non comme une contrainte qui entrave les opérations de maintenance, mais au contraire comme une composante à part entière de cette maintenance. C'est à ce titre que la radioprotection procède de la qualité des interventions, entraînant avec elle une meilleure gestion des effluents liquides, pour le bénéfice de l'environnement, une meilleure gestion des déchets solides, également pour le bénéfice de l'environnement, et finalement participe à l'amélioration globale de la sûreté de l'exploitation du parc électronucléaire français.

RÉFÉRENCES

- [1] HATTON J. - Bilan de l'installation d'une protection biologique dans la casemate 1RCP U1PO. Note EDF D074/88.222, 1988.
- [2] INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS. Instructions de radioprotection dans les centrales nucléaires. Rapport INPO n° 88.010, 1988.
- [3] BENEDITTINI M., LOCHARD J. - Expositions professionnelles dans les réacteurs à eau pressurisée : comparaison internationale de quelques indicateurs globaux entre 1975 et 1987. Rapport CEPN n° 145, 1989.