

Les enjeux radioprotection de l'EPR

D. MINIÈRE¹, Y. BÉNÉTEAU², B. LE GUEN^{1,3}

(Manuscrit reçu le 24 octobre 2007, accepté le 10 février 2008)

RÉSUMÉ

Pour le projet EPR (European Pressurized Reactor) de Flamanville, EDF a décidé de prendre en compte la radioprotection dès la phase de conception, au même titre que la sûreté. L'approche pour traiter les activités à forts enjeux radioprotection a été d'intégrer tous les acteurs, concepteurs, exploitant, entreprises intervenantes lors de 3 étapes successives, d'abord une enquête auprès des intervenants et concepteurs, puis l'étude des propositions, enfin la phase décisionnelle au sein d'un comité ALARA. L'objectif radioprotection qu'EDF s'est fixé pour ce nouveau réacteur est de se situer dans une démarche de progrès continu et d'optimisation en comparaison aux meilleures tranches du parc avec un objectif fixé actuellement en dose collective à 0,35 H Sv/an et par tranche. Le travail porte entre autre sur une démarche d'optimisation des travaux les plus exposants avec un nouvel enjeu des interventions dans le bâtiment réacteur, tranche en fonctionnement, et ceci pour améliorer la disponibilité de la tranche. Il est envisagé d'intervenir 7 jours avant l'arrêt du réacteur et 3 jours après, ceci pour préparer la logistique des interventions à venir. L'estimation de la perte sans optimisation est actuellement de 4,5 % sur la dose annuelle. Pour cela, deux zones dans le bâtiment réacteur de l'EPR ont été créées, une zone inaccessible chargée de collecter les fuites du circuit primaire et une zone accessible tranche en fonctionnement, séparée de la zone accessible par des moyens de ventilation et installation adaptés. Pour se protéger des flux de rayonnements (neutrons et γ de haute énergie), les études de radioprotection ont conduit à la mise en place d'un plancher béton, de protections neutroniques à la sortie des tuyauteries primaires et au renforcement des casemates GV et des pompes. L'ensemble de ces dispositions conduira à ce que la zone accessible soit classée zone verte (débit de dose inférieur à 25 μ Sv/h) avec un débit de dose neutrons inférieur à 2,5 μ Sv/h. Pour améliorer la dosimétrie au sein de l'EPR, le travail a porté sur deux paramètres intervenant dans le calcul de dose : le débit de dose et le volume de travail exposé. Les principales évolutions de conception dans le domaine de la radioprotection ont été réalisées par rapport au dernier palier existant, le palier N4. Pour garantir la propreté radiologique, il est nécessaire de confiner la contamination au plus près de la source sur les tranches en exploitation. Les objectifs de ce type de zonage sont essentiellement de permettre à l'exploitant de produire des déchets conventionnels issus de zone contrôlée pour diminuer la quantité de déchets nucléaires produits, de permettre lors du démantèlement de diminuer les volumes de déchets nucléaires et de réduire les zones où il existe un risque de contamination et limiter ainsi tout transfert de contamination à l'extérieur des installations. Au total, cette démarche d'optimisation a permis d'estimer un gain de 21 % entre la dose de référence et la dose optimisée EPR. La radioprotection, enjeu stratégique de l'entreprise EDF, sort peu à peu du cercle restreint des experts et devient un domaine transverse où le travail en équipe pluridisciplinaire prime dès la phase de conception.

¹ EDF, DPN EM, 1 place Pleyel, 93282 Saint-Denis Cedex, France.

² EDF, DIN, CNEN/MT, 165-173 avenue Pierre Brossolette, 92542 Montrouge Cedex, France.

³ EDF, DIN, CEIDRE, 2 rue Ampère, 93206 Saint-Denis Cedex 1, France.

Abstract **Radiation Protection issues for EPR reactor.**

As part of the EPR (European Pressurized Reactor) project being deployed at Flamanville, EDF has proactively made the decision to focus on radiation protection Radiation Protection aspects right from the start of the design phase, as it has done with nuclear safety. The approach adopted for managing Radiation Protection-significant activities has been to include all involved stakeholders – designers, licensee and contractor companies – in the three successive phases, starting with a survey among workers and designers, followed by a proposal review, and finally ending with the decision-making phase entrusted to an ALARA committee. The Radiation Protection target set by EDF for this new reactor is to engage in an effort of continuous improvement and optimisation, through benchmarking with the best performing plants of the fleet. The collective dose target is currently set at 0.35 Man Sv/year per unit. In addition to other aspects, efforts will focus on shortening the duration of the highest-dose jobs, with a new challenge being set for work performed in the reactor building during normal operations, the aim being to improve plant availability. The plan is for work to be performed 7 days prior to shutting down the reactor and 3 days afterwards, in order to make logistical arrangements for forthcoming jobs. Without this reduction, the estimated drop is currently 4.5% of annual dose. For this purpose, two areas have been set up in the EPR's reactor building: one no-go area for containing leaks from the primary circuit, and one accessible area for normal operations, separated from the no-go area by purpose-built ventilation equipment and facilities. To offer protection against radioactive flux (neutrons and high energy), Radiation Protection studies have resulted in the installation of a concrete floor and of nuclear shielding at the outlets of primary circuit pipes. Steam generator bunkers and pumps have also been reinforced. All these measures will ensure that the accessible area can be posted as a green area (dose rate < 25 µSv/h), with a neutron dose rate of less than 2.5 µSv/h. In order to optimise radiation exposure on the EPR, efforts have focused on two parameters factored into dose calculation: dose rate and work volume exposed to radiation. The main RP design upgrades are improvements upon the most recent N4 plant series. In order to ensure radiological cleanliness, contamination must be contained as close to the source as possible on working units. This type of zoning is essentially aimed at enabling the plant to generate conventional waste from the radiologically controlled area in order to reduce the quantity of nuclear waste produced, to reduce nuclear waste volumes during the dismantling phase and to reduce the number of areas with a contamination risk, thereby preventing the transfer of contamination to areas outside the plant. In total, this optimisation effort has resulted in a saving of 21% when comparing the reference dose with the optimised EPR dose. A strategic priority for the EDF Group, radiation protection is gradually becoming less and less confined to the happy few, and is becoming a cross-functional area where multi-disciplinary team work is of paramount importance from the very start of the design phase.

Keywords: EPR / radiation protection / optimisation / zoning

1. Introduction

EDF a décidé de prendre en compte dès la phase de conception, la radioprotection dans le projet EPR (European Pressurized Reactor) de Flamanville au même titre que la sûreté.

Pour atteindre cet objectif, tous les différents aspects de la radioprotection ont été intégrés, de la dosimétrie individuelle et collective, à la propreté radiologique pour toutes les phases du cycle de vie du réacteur (tranche en fonctionnement,

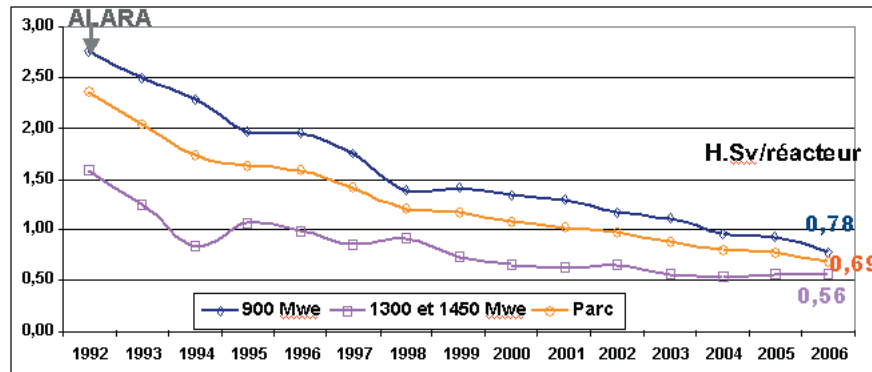


Figure 1 – Diminution continue des doses du parc EDF depuis 15 ans (H Sv/réacteur).

Performance of French nuclear plants: evolution of collective dose per reactor (Man Sv per year) for 15 years.

tranche à l'arrêt, futures opérations de déconstruction). L'EPR tient compte, pour cela, du retour d'expérience de l'ensemble des tranches nucléaires du parc en exploitation (Fig. 1).

L'approche pour traiter les activités à forts enjeux radioprotection a intégré en 3 étapes tous les acteurs de la radioprotection, concepteur, exploitant, entreprises intervenantes. **La première étape a été une enquête** sur des solutions améliorantes auprès des concepteurs et de l'exploitant en interrogeant les professionnels sur leurs métiers à partir de leur retour d'expérience et des gains possibles. **La deuxième étape a été l'étude** proprement dite impliquant les concepteurs. Leur rôle a été de réaliser un tri sur les résultats de l'enquête pour définir des exigences à mettre en œuvre et leur faisabilité d'intégration (contraintes techniques et coût). Enfin, **l'étape décisionnelle a consisté à mettre en place un comité ALARA** composé de responsables de la conception et l'exploitation afin de valider les solutions retenues et d'évaluer la dose prévisionnelle optimisée de l'EPR. Ce travail présente les atouts de l'EPR vis-à-vis de cette démarche et les orientations retenues pour la conception détaillée des installations.

2. Les principaux enjeux radioprotection de l'EPR

Les objectifs radioprotection qu'EDF s'est fixé pour ce nouveau réacteur sont :

- d'apporter une démonstration de l'optimisation de la radioprotection ;
- de se situer dans une démarche de progrès par rapport aux meilleures tranches du parc :
 - fixer des objectifs EPR prenant en compte les améliorations continues de la performance du parc,

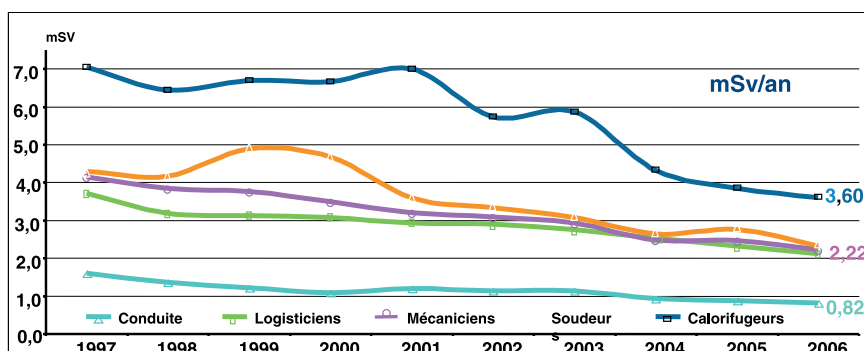


Figure 2 – Optimiser la dose individuelle des populations de travailleurs les plus exposées (calorifugeurs, soudeurs, mécaniciens, logisticiens).

Optimisation and evolution of average individual doses per speciality most exposed (thermal insulation, checkers, welders, mechanics, logistics).

- objectif actuel à 0,35 H Sv/an et par tranche en dose collective,
- optimisation de la dose pour les travailleurs les plus exposés (Fig. 2) ;
- d'intervenir sur une tranche en fonctionnement pour améliorer la disponibilité de la tranche tout en respectant les règles de radioprotection ;
- d'obtenir un niveau de propreté radiologique comparable aux meilleurs exploitants internationaux avec pour cela la volonté de :
 - intégrer le zonage propreté/déchets dès la conception,
 - minimiser le volume de déchets radioactifs en orientant davantage de déchets en filière conventionnelle,
 - faciliter l'accès en zone contrôlée (JORF, 2006) en adaptant la tenue de protection aux conditions de contamination des locaux :
 - accès en tenue de travail dans les locaux propres,
 - mise en place de barrières de contamination entre locaux propres et locaux contaminés avec sur-habillage et contrôle radiologique,
 - faciliter les futures opérations de déconstruction.

3. La démarche d'optimisation de l'EPR

Au-delà d'un objectif de dose ambitieux, la démarche d'optimisation de l'EPR (Fig. 3) doit bénéficier en priorité aux métiers les plus exposés (exemple : calorifugeurs, soudeurs...). Les autres activités à fort enjeu radioprotection fort qui sont concernées sont les activités en arrêt de tranche (pour exemple l'ouverture/fermeture cuve, le contrôle des générateurs de vapeur, la robinetterie primaire) et des activités spécifiques hors arrêt comme l'évacuation combustible,

LES ENJEUX RADIOPROTECTION DE L'EPR

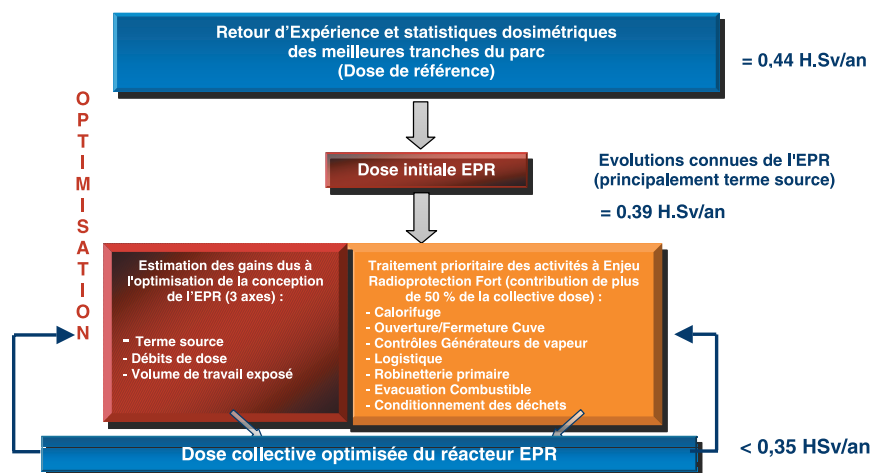


Figure 3 – La démarche d'optimisation.
The step of optimisation.

le conditionnement des déchets etc. Pour cela, trois axes d'optimisation sur la conception ont été définis pour diminuer les doses : diminuer le terme source qui agit de manière générale sur les débits de dose, diminuer le débit de dose ponctuel pour un équipement donné et diminuer le volume de travail sous exposition aux rayonnements. En effet, la dose finale n'est autre que le débit de dose multiplié par un volume de travail exposé.

La méthode d'optimisation utilisée répond aux principes ALARA et s'appuie sur l'analyse des données de radioprotection disponibles et sur le retour d'expérience (valeurs et bonnes pratiques) du parc en exploitation (français et allemand en fonction des activités). Cette approche permet de fixer une dose tenant compte des meilleurs résultats du parc, dose à partir de laquelle l'objectif de ce travail est d'optimiser pour obtenir un gain de dose significatif sur cette nouvelle installation. On peut assimiler cette première valeur de dose de 0,44 H Sv/an à la « dose constraint » définie dans les nouvelles recommandations de la CIPR (ICRP, 2007) et en accord avec la réglementation actuelle (en particulier article R. 231-75 du décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants) (JORF, 2003) et décret travailleur modifié par le décret du 7 novembre 2007 (JORF, 2007). 0,39 H Sv/an représente la dose collective après diminution du terme source et 0,35 H Sv/an la dose après traitement prioritaire des activités à fort enjeu radioprotection qui représente plus de 50 % de la dose collective (Fig. 3).

Cette méthode itérative consiste à :

- faire travailler ensemble les différents acteurs de l'exploitation et de la conception de travailler (partage des statistiques dosimétriques et analyse du retour d'expérience),
- prendre en compte la composante radioprotection dans les études de conception comme cela se fait pour la composante sûreté.

La méthode utilisée a également conduit aux choix d'intervenir tranche en fonctionnement afin de réaliser des arrêts de tranche plus courts, tout en respectant les règles de sécurité et de radioprotection.

3.1. Principales évolutions par rapport au palier N4

Pour améliorer la dosimétrie, il faut agir sur les deux paramètres de calcul de la dose : **le débit de dose et le volume de travail exposé.**

Pour l'EPR, les principales évolutions de conception dans le domaine de la radioprotection par rapport au dernier palier existant, le palier N4, sont :

- d'une part, pour ce qui concerne **l'optimisation des débits de dose** :
 - la réduction significative de l'utilisation des stellites (terme source en Co60 amélioré) ;
 - l'optimisation de la chimie primaire (optimisation de l'épuration et purification grand débit) **avec un gain global de 15 % sur le débit de dose du à la diminution des particules déposées** ;
 - la prise en compte des points chauds à la conception (pour exemple : la suppression des raccordements sur tuyauterie par soudure « emmanché soudé » sur tous les circuits véhiculant du fluide radioactif, manchette thermique inversée du pressuriseur pour ne pas collecter les particules radioactives qui se déposent en fond de pressuriseur, ...) ;
 - l'optimisation de l'installation (séparation des matériels selon leur niveau d'activité, la mise en place d'un plancher béton séparant l'aspersion dosante des vannes de décharge moins dosantes au niveau du dôme du pressuriseur, ...) **avec un gain de 75 % sur le débit de dose au niveau des vannes de décharge** ;
 - un génie civil adapté aux interventions tranche en marche (exposition interne et irradiation) ;
- d'autre part, pour ce qui concerne **l'optimisation du volume de travail exposé** :
 - des choix de matériels permettant de diminuer le temps exposé (géométrie des boîtes à eau des générateurs de vapeur optimisée et augmentation du diamètre des trous d'homme, liaison boulonnée au lieu de soudée sur les cannes chauffantes et les mécanismes de commande des grappes, robinets à

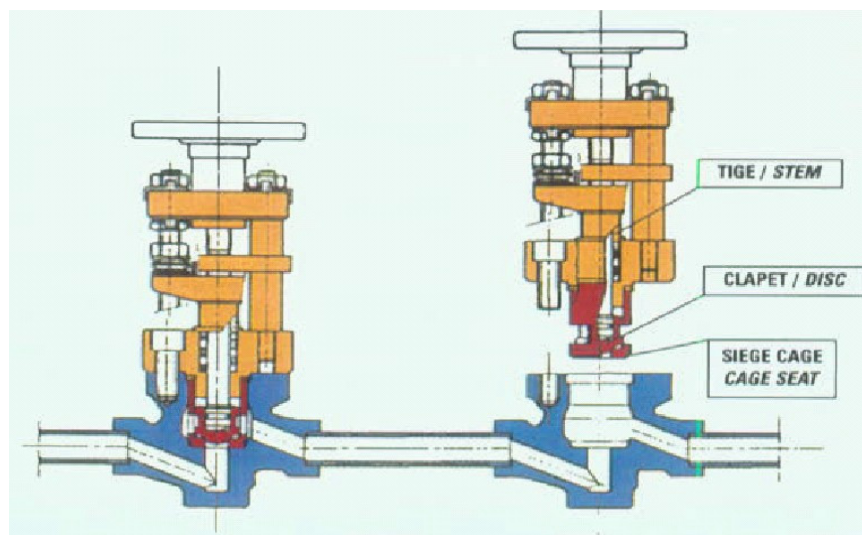


Figure 4 – Gain de 30 % de la dose de l'activité robinetterie primaire grâce à la mise en place d'une maintenance modulaire.

Gain on the VET: 30% due to Installation of modular maintenance globe valves.

maintenance modulaire permettant un changement standard du cartouche et une réparation en atelier plutôt qu'*in situ*, ...) (Fig. 4) soit un **gain sur la dosimétrie individuelle des soudeurs sur le remplacement des mécanismes de grappes**,

- le principe d'exclusion de rupture qui permet de diminuer le nombre de dispositifs anti-débattements à contrôler,
- l'amélioration des conditions d'intervention (meilleur éclairage, calorifuge à montage et démontage rapide (Fig. 5), moyens de manutentions adaptés, ...)

La démarche d'optimisation retenue prend également en compte la radioprotection dans le choix des applications examens non destructifs.

Le poste « examen non destructif » représente 10 % de la dose collective prévisionnelle sur EPR (35 H mSv en moyenne sur 10 ans). La méthode a consisté à sélectionner les zones à fort enjeu dosimétrique et proposer une automatisation quand elle est possible et pertinente.

3.2. Accès au bâtiment réacteur tranche en fonctionnement

L'accessibilité du réacteur pendant le fonctionnement est un facteur important pour la disponibilité de la tranche. Il est envisagé sur l'EPR d'**intervenir tranche**

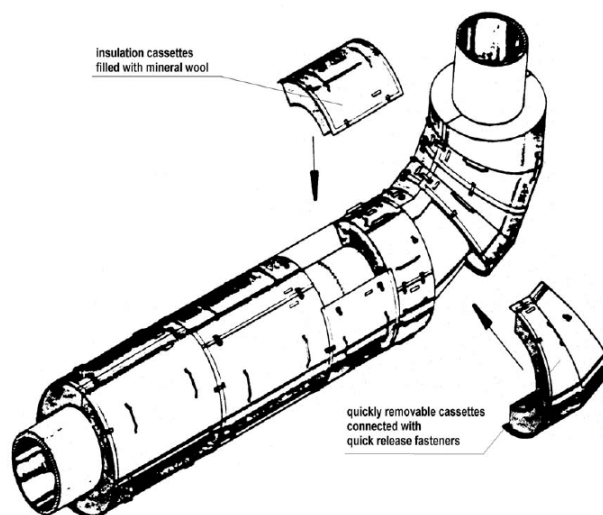


Figure 5 – *Utilisation de calorifuge à montage/démontage rapide entraîne un gain de l'ordre de 30 % sur l'activité calorifuge et gain sur la dosimétrie individuelle des calorifugeur.*
Use of heat insulator with fast use involve a profit of about 30% on the insulating activity and profit on the individual dosimetry of the calorifugor.

en fonctionnement 7 jours avant l'arrêt et 3 jours après, pour anticiper certaines interventions (pont polaire, machine de chargement-déchargement) et préparer la logistique des interventions à venir (Fig. 6).

Quand la tranche est en puissance, le terme source dans le bâtiment réacteur est différent de celui à prendre en compte tranche à l'arrêt. Les principales sources radioactives entraînant un rayonnement externe à proximité du circuit primaire en fonctionnement normal sont l'azote-16 (émetteur gamma), l'azote-17 (neutrons) et le cœur (rayonnement gamma et neutrons).

L'ensemble des dispositions de conception facilite donc l'accessibilité au bâtiment réacteur tranche en fonctionnement en **limitant au plus bas les fuites de rayonnement dans le bâtiment réacteur** à partir du cœur. Pour des raisons de ventilation, des ouvertures sont nécessaires tant pour le fonctionnement normal que pour les éventuelles situations accidentelles et nécessitent la mise en place de dispositifs et de protections spécifiques contre l'irradiation. Les études de radioprotection EPR relatives à l'accessibilité tranche en fonctionnement sont donc réalisées en étroite collaboration avec les personnes en charge de la ventilation et de l'installation.

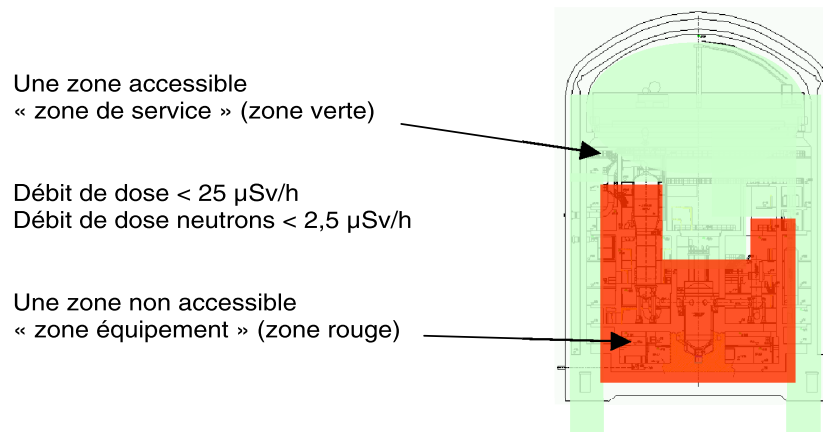


Figure 6 – Interventions de préparation d'arrêt réacteur tranche en marche. Perte surestimée actuellement à 4,5 % de la dose annuelle (sans optimisation).
Reactor building accessibility during power operation an amount of dose more than 4,5% without optimization.

3.2.1. Cas de l'exposition interne : choix du concept deux zones

Pendant le fonctionnement de la tranche, des particules radioactives sont mises en suspension dans l'enceinte du bâtiment réacteur. La quantité des particules mises en suspension est proportionnelle au taux de fuite non collectée.

Les études de radioprotection sur ce thème ont été réalisées conformément au référentiel radioprotection EDF avec des hypothèses « dimensionnantes » et des études paramétriques avec variation du taux de fuite. Elles ont conduit à créer deux zones dans le bâtiment réacteur de l'EPR **une zone inaccessible chargée de collecter les fuites du circuit primaire** et **une zone accessible tranche en fonctionnement**, séparée de la zone accessible par des moyens de ventilation et installation adaptés.

3.2.2. Cas de l'irradiation : mise en place de protections neutroniques

Pendant le fonctionnement de la tranche, des flux de rayonnements (neutrons et γ de haute énergie) sont émis par la cuve, et une partie des rayonnements remonte par les casemates pompe et les générateurs de vapeur. Sans disposition complémentaire (cas des tranches existantes du parc français), les débits de dose

au niveau du plancher de service et de l'espace annulaire sont trop élevés pour permettre des interventions alors que la tranche est en fonctionnement.

Les études de radioprotection sur ce thème ont conduit :

- à la mise en place d'un plancher béton (1,20 m) au niveau du plancher de service, situé au-dessus du couvercle de cuve,
- à la mise en place de protections neutroniques à la sortie des tuyauteries primaires,
- au renforcement des casemates des générateurs de vapeur et pompes.

L'ensemble de ces dispositions doit conduire à ce que **la zone accessible soit classée zone verte (débit de dose inférieur à 25 $\mu\text{Sv/h}$) avec un débit de dose neutrons inférieur à 2,5 $\mu\text{Sv/h}$.**

4. La démarche propreté de l'EPR

Le zonage « propreté / déchets » des tranches en exploitation est important. Ce zonage est lié :

- **pour le zonage « déchets »**, à une obligation réglementaire demandée par l'arrêté du 31/12/99 modifié par l'arrêté du 31/01/06 fixant la réglementation technique générale en matière d'environnement (RTGE) destinée à prévenir et à limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base ;
- **pour le zonage « propreté »**, à une volonté de l'entreprise de reconquête de la propreté radiologique.

L'arrêté RTGE introduit par son titre V, les notions de :

- « **zones à déchets conventionnels** » à l'intérieur desquelles les déchets produits ne peuvent pas être contaminés, activés ou susceptibles de l'être ;
- « **zones à déchets nucléaires** » à l'intérieur desquelles les déchets produits sont susceptibles d'être contaminés ou activés.

La conquête de la propreté traduit la nécessité de confiner la contamination au plus près de la source sur les tranches en exploitation. L'EPR de Flamanville sera soumis à ces obligations dès l'arrivée du combustible.

Les objectifs poursuivis au travers de ce zonage sont essentiellement de :

- permettre à l'exploitant de produire des déchets conventionnels issus de zone contrôlée pour diminuer la quantité de déchets nucléaires produits,
- permettre lors du démantèlement de diminuer les volumes de déchets nucléaires,
- réduire les zones où il existe un risque de contamination et limiter ainsi tout transfert de contamination à l'extérieur des installations.

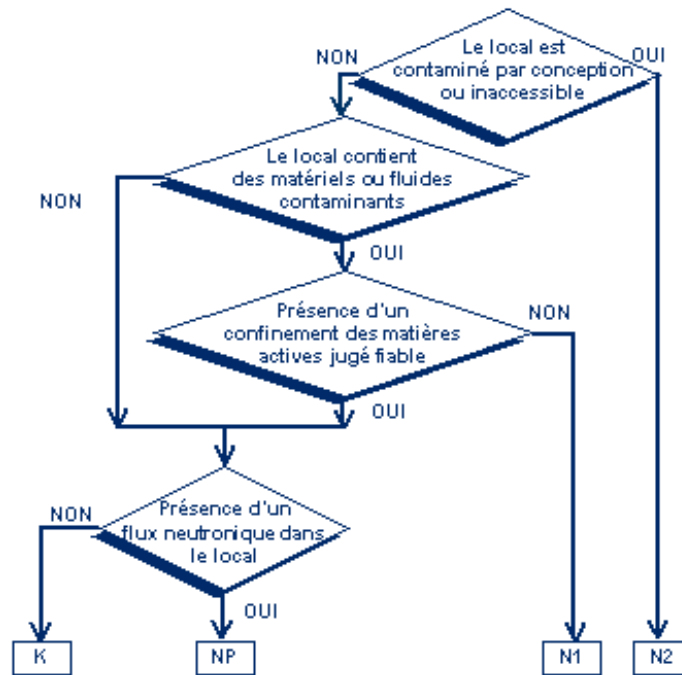


Figure 7 – Logigramme du zonage propreté-déchets à la conception.
Logigramme of zoning cleanliness-waste to the design.

4.1. Zonage propreté/déchets

4.1.1. Classification des locaux

Le zonage repose sur un principe de classification des locaux et des zones d'une INB de la façon suivante (Fig. 7) :

- **K** signifie que dans ce local (ou zone), les déchets produits pourront être orientés vers une filière à déchets non nucléaires. Le local doit être exempt de contamination non fixée et répond à l'exigence d'une contamination fixée/non fixée $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$, l'alimentation est en air propre, et les déchets stockés ou traversant ce local sont propres ou correctement emballés. En outre, un local K est nécessairement un local sans flux neutronique ;
- **NP** impose un même niveau de propreté radiologique que K, mais interdit toutefois la production de déchets pouvant être orientés en filière conventionnelle ;

- **N1** signifie que l'on ne peut apporter la démonstration d'absence de contamination dans le local ;
- **N2** s'applique aux locaux pour lesquels il n'est pas possible de mettre en place un programme de surveillance et de nettoyage de la contamination. Dans la pratique, N2 à la conception s'applique aux locaux classés zone rouge ou zone orange et aux puisards contaminés et aux piscines.

4.1.2. Interfaces entre locaux

Un objectif fort du zonage propreté/déchets, particulièrement sur une installation neuve, est de limiter les transferts de contamination. **Les transitions sont donc un point très important qui mérite une attention particulière.**

Les locaux K et NP doivent avoir le même niveau de propreté. Il est toutefois exigé qu'ils soient séparés par une limite physique (mur, cloison, porte). Les transferts d'air possibles entre ces locaux devront être dans le sens K vers NP.

Les locaux K et N1 (ou N2) ont des niveaux de contamination différents. Ils doivent également être séparés par une limite physique (mur, cloison, porte). Le passage de personnel d'un local K (ou NP) vers un local N1 (ou N2), ainsi que le passage inverse se font au travers d'un dispositif appelé « barrière de contamination ». Les transferts d'air possibles entre ces locaux devront toujours être dans le sens K (ou NP) vers N1 (ou N2)

Les locaux N1 et N2 ne seront pas très nombreux dans les bâtiments auxiliaires. Le bâtiment réacteur sera intégralement classé N1/N2 en arrêt de tranche, alors que l'espace annulaire et le plancher de service du bâtiment réacteur pourraient être classés NP en fonctionnement. Il n'y aurait pas à installer de barrière de contamination puisque les zones N1/N2 du bâtiment réacteur resteraient inaccessibles au réacteur en fonctionnement.

L'emplacement des barrières de contamination sera défini en dehors des zones de circulation dès la conception.

Les barrières de contamination des sas du Bâtiment Réacteur seront dimensionnées pour le flux du personnel en arrêt de tranche.

4.2. L'entrée en bleu sur EPR

L'objectif affiché aujourd'hui sur l'EPR est d'entrer en « bleu de travail » en zone contrôlée. Sans entrer dans les détails de cet objectif et du projet EVEREST en cours à la division de la production nucléaire, et déjà effectif sur la centrale de

Type de zone	Zones à déchets conventionnels (ZDC)		Zones à déchets nucléaires (ZDN)	
Zonage Déchets	Conventionnel : K		Nucléaire : N	
Zonage Propreté	Conventionnel	NP Nucléaire propre	N1 Nucléaire faiblement contaminé	N2 Nucléaire contaminé
Contamination surfacique (Bq/cm ²)	< 0.4 Absence de flux neutronique	< 0.4	0.4 < conta. < 4	> 4
Nettoyage et contrôle	Programme de nettoyage Programme de contrôle périodique de la propreté			Pas de programme de nettoyage et de contrôle
	« Propre »		« Non Propre »	

Figure 8 – Classification du zonage avec zone propre et zone non propre.
Classification of zoning with clean zone and non-clean zone.

Golfech, il convient de préciser quelques points utiles à la compréhension globale, car l'entrée en bleu et le zonage propreté/déchets sont fortement liés. L'objectif poursuivi par cette démarche d'entrée en bleu est double :

- faciliter l'accès en zone et limiter les pertes de temps aux vestiaires de zone contrôlée ;
- adapter sa tenue aux conditions de contamination des locaux.

4.2.1. Du bleu

Initialement connue sous le nom « d'entrée en tenue de ville », « l'entrée en bleu » est apparue par le fait qu'il est plus facile et raisonnable d'imposer une tenue de travail pour accéder dans une installation industrielle. Les visiteurs peuvent entrer en tenue de ville avec une blouse, des chaussures de sécurité et un casque, tandis que les personnels entrent en « bleu de travail ».

L'entrée en zone contrôlée n'impose donc plus le passage par un vestiaire pour revêtir une tenue blanche, mais se fait directement, en respectant juste l'obligation de prise d'un dosimètre et son initialisation, tandis que la sortie se fait en passant uniquement au portique C2, le portique C1 de tri du linge devenant inutile (Fig. 8).

Il est prévu de se rendre « en bleu » dans toutes les parties de l'installation classées « propres » au sens du zonage propreté : Locaux NP et K.

TABLEAU I
Gains et perte prévisionnelle entre la dose de référence et la dose EPR optimisée.
Gains and losses starting from the 'optimisable' dose to the EPR optimised dose.

Gain et perte prévisionnelle entre la dose de référence et la dose EPR optimisée qui se décompose selon :		
Gains	13,9 % dû au terme source	= + 26,4 %
	2,9 % dû au GV	
	2,8 % dû à la robinetterie	
	2,6 % dû au calorifuge	
	2,3 % dû à l'évacuation combustible (hors arrêt)	
	1,9 % dû à la logistique de chantier	
Pertes	- 4,5 % dû aux travaux BR tranche en fonctionnement	
	- 0,6 % dû à la conception de la cuve (Aéroballs)	= - 5,1 %
Au total un gain en dose de		= + 21 %

L'objectif de l'EPR est de profiter du nombre important de locaux propres (environ 80 % hors bâtiment réacteur) et du classement des locaux, pour faciliter l'accès en zone contrôlée en tenue « bleu de travail » (Fig. 8).

4.2.2. *Mais aussi du blanc*

Pour les accès aux locaux classés N1 et N2, il convient d'adapter sa tenue aux risques de contamination. Plusieurs types d'adaptations possibles sont actuellement envisagés, dépendant de l'activité à réaliser et de la contamination du local considéré :

- protection légère composée d'une blouse à enfiler sur le bleu, de gants et de sur-chaussures ou sur-bottes et charlotte sur le casque,
- protection complète composée d'une combinaison à enfiler sur le bleu (comparable à celles utilisées actuellement sur le parc, bien que plus fines pour des raisons de confort), complétée de sur-bottes ou sur-chaussures, gants, charlotte sur le casque.

La *surtenue* (blouse ou combinaison) sera abandonnée en revenant en zone « propre ». Elle pourra éventuellement être réutilisée.

5. Conclusion

La radioprotection, enjeu stratégique de l'entreprise EDF, sort peu à peu du cercle restreint des experts et devient un domaine transverse où le travail en équipe pluridisciplinaire prime dès la phase de conception. Cela permet justement aux experts de se concentrer sur les études sensibles, tout en confortant leur rôle

d'appui aux concepteurs qui seront à même de gérer la composante radioprotection comme ils le font avec la sûreté.

L'estimation des gains en radioprotection reste un travail de longue haleine à la conception, mais EDF est certain dans cette démarche d'apporter des gains dosimétriques importants pour l'exploitation future de la tranche EPR. Au total, ce travail a montré que l'on obtient un gain de 21 % entre la dose de référence et la dose EPR optimisée (Tab. I).

Grâce au zonage propreté/déchets réalisé dès la conception, la configuration des locaux est plus propice à l'entrée en bleu et au maintien de la propreté radiologique optimale.

Dominique Minière et Bernard Le Guen sont membres du Conseil de RadioProtection EDF.

RÉFÉRENCES

- ICRP Publication 103 (2007) Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, *Ann. ICRP* **37** (2-4).
- JORF (2003) Décret N°2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.
- JORF (2006) Arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont imposées.
- JORF (2007) Décret n°2007-1582 du 7 novembre 2007 modifiant le code de la santé publique, relatif à la radioprotection.