

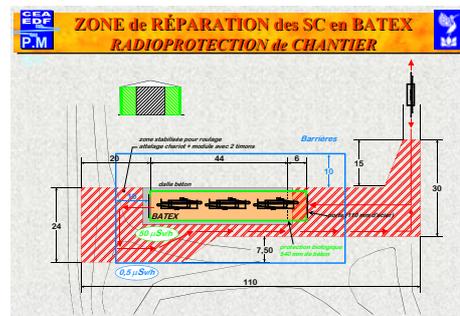
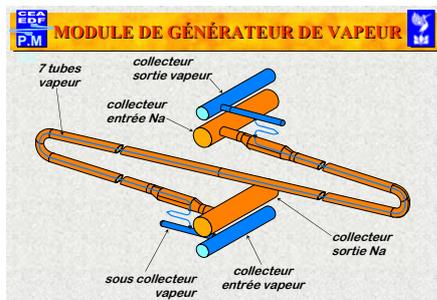
## DEMARCHE ALARA APPLIQUEE AU CHANTIER DE CONTROLES DES SOUDURES DES GENERATEURS DE VAPEUR DU REACTEUR PHENIX

R. Casimir – Chargé de Mission Radioprotection – Cea Marcoule, UST/S3N, BP 17171,  
30207 Bagnols sur Cèze Cedex

J. Chardin et P. Boudinaud – SPR – COGEMA Marcoule – BP 17170,  
30206 Bagnols sur Cèze Cedex

### Présentation

Dans le cadre du projet de réparation des générateurs de vapeur du réacteur PHENIX à Marcoule, les assemblages mécanosoudés réalisés sont soumis à des contrôles radiographiques. Dans le bâtiment « BATEX » de la centrale, ce sont les soudures de 18 modules qui doivent être expertisées, soit 2079 tirs gammagraphiques, sur dix mois de chantier, correspondant à une durée d'exposition effective de 134 heures.



### Evaluation préalable de la dosimétrie

Les appareils utilisés sont des projecteurs de gammagraphie industrielle GAM 80 équipés de sources d'Ir-192 d'activités comprises entre 20 et 40 Ci, générant, pour 40 Ci, un débit de dose à 1 mètre de 200 mSv/h.

Le scénario initial proposé par l'entreprise consistait à appliquer les mesures d'éloignement habituellement retenues pour ce type de contrôles. Les équipes de tir, composées chacune d'un radiologue et d'un aide, tous deux titulaires du CAMARI, sont positionnées à minima à 6 mètres du projecteur grâce à une télécommande manuelle de sortie de la source de 9 mètres de long (les soudures sont localisées à environ 2,5 m de hauteur).

Le chantier comporte 3 modules Générateurs de Vapeur alignés dans le BATEX.

Compte tenu de l'impératif de planning, il est prévu, pour 2/3 des contrôles, que deux équipes interviennent ensemble pour contrôler simultanément 2 modules GV. Lors de ces

tirs à 2 sources, la configuration des lieux permet d'assurer que la distance minimale entre une équipe et la deuxième source est de 20 mètres.

La dose intégrée par les intervenants comprend deux composantes :

1- la dose reçue lors des phases d'éjection et de réintégration de la source (manipulations). Après essais, le temps de manipulation retenu est de 12" par tir, soit 6,93 heures pour le chantier.

L'Opérateur manipule la source à distance minimum de 6m, l'Aide se positionnant à 16m au moins de la source.

2- la dose reçue lors des temps de pose (tirs) nécessaires à la réalisation des clichés, soit 134 heures d'exposition (les 6,93 h de manipulation ne sont pas déduites, par hypothèse). L'Opérateur et l'Aide sont à 16m au moins de la source.

Les conditions d'exposition sont alors moins pénalisantes du fait de l'utilisation d'un collimateur.

Les débits de dose résiduels au niveau des opérateurs de la seconde équipe ont été mesurés lors des tirs de qualification : 0,5 mSv/h durant les manipulations et 0,05 mSv/h durant les poses. Ils sont supposés constants quelle que soit la position des opérateurs.

En résumé, 1/3 des tirs sont faits par l'Equipe 1 seule, 1/3 des tirs sont faits par l'Equipe 1 avec présence de l'Equipe 2 en tirs simultanés et 1/3 par l'Equipe 2 l'Equipe 1 en tirs simultanés. Les débits de doses durant les deux phases sont estimés à :

- entrées/sorties des sources : 5,56 mSv/h à 6 mètres et 0,78 mSv/h à 16 mètres, auxquels s'ajoute la source de l'autre équipe le cas échéant, soit 0,5 mSv/h,
- tirs : 0,05 mSv/h que l'on double lorsqu'il y a présence de 2 sources.

D'où l'évaluation de la dosimétrie prévisionnelle initiale (cas 0) :

		Equipe 1		Equipe 2	
Tirs à 1 source	Manipulation	O	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 5,56 \text{ mSv/h}) = 12,83 \text{ H.mSv}$	Non présente durant les tirs à une source	
		A	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 0,78 \text{ mSv/h}) = 1,8 \text{ H.mSv}$		
	Tir	O	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,5 \text{ mSv/h}) = 2,23 \text{ H.mSv}$		
		A	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,5 \text{ mSv/h}) = 2,23 \text{ H.mSv}$		
Tirs à 2 sources	Manipulation	O	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 6,06 \text{ mSv/h}) = 13,99 \text{ H.mSv}$	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 6,06 \text{ mSv/h}) = 13,99 \text{ H.mSv}$	
		A	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 1,56 \text{ mSv/h}) = 3,61 \text{ H.mSv}$	$1/3 \cdot (6,93 \text{ h} \cdot 1,56 \text{ mSv/h}) = 3,61 \text{ H.mSv}$	
	Tir	O	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,1 \text{ mSv/h}) = 4,47 \text{ H.mSv}$	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,1 \text{ mSv/h}) = 4,47 \text{ H.mSv}$	
		A	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,1 \text{ mSv/h}) = 4,47 \text{ H.mSv}$	$1/3 \cdot (134 \text{ h} \cdot 0,1 \text{ mSv/h}) = 4,47 \text{ H.mSv}$	
Total par équipe			45,65 H.mSv	26,54 H.mSv	
<b>TOTAL CHANTIER</b>			<b>72,17 H.mSv</b>		

### Optimisation du chantier

Compte tenu des conditions du chantier, l'étude d'optimisation c'est portée sur l'ajout de protections biologiques. Les autres solutions envisageables (diminution de l'équipe de 2 à 1 opérateur, mise en place d'une télécommande électrique, etc.) n'ont pas été retenues (contraintes techniques et de planning). Deux types de protections ont été étudiés : une protection biologique mobile (PBM) destinée à protéger les Opérateurs durant les manipulations, et un poste de repli (PR) fixe, pour protéger les Aides, ainsi que les Opérateurs durant les phases de tir.

La PBM ne peut pas, pour des contraintes techniques, excéder 12 mm de plomb (elle pèse alors 2 tonnes). Aucune étude paramétrique n'est faite sur cette protection. Le PR est un châssis de 45 mm d'acier, auxquels une ou plusieurs couvertures de 6 mm de plomb sont ajoutées. C'est sur ce paramètre qu'a été menée l'étude technico-économique.

Deux PBM et deux PR (1 par équipe) sont nécessaires. Le coût pour renforcer de 6 mm de Plomb les 2 PR est de 7200 Euros de matelas plus 350 Euro de main d'œuvre. Le coût de la structure acier des 2 PR s'élève à 9000 Euro.

Le cas 0 conduit à dépasser la contrainte de dose interne au site de Marcoule de 15 mSv/an (72 HmSv pour 4 opérateurs) ; il n'est pas retenu comme solution de référence. La première solution acceptable est le cas 1 : pas le PR et une PBM de 12 mm de Plomb.

Le coût de référence actualisé de l'H.mSv évité, communiqué par le CEPN, est le suivant :

Gamme de dose des agents	0-1 mSv	1-5 mSv	5-15 mSv	15-20 mSv
Coût de l'H.mSv évité	21 Euro	137 Euro	1067 Euro	2668 Euro

La valeur retenu de 2668 Euro, est arbitrairement majorée par le projet à 3050 Euro/H.mSv évité.

L'étude paramétrique (cf. tableau suivant) montre l'intérêt d'un poste de repli renforcé au plomb en plus de la protection mobile. A partir de 12 mm de plomb toutefois, le gain dosimétrique n'apparaît plus justifié. La configuration optimisée du chantier est donc finalement : une PBM de 12 mm de Pb et un poste de repli de 45 mm d'acier renforcé avec 12 mm de Pb.

Cas		0	1	2	3	4
Conditions chantier	Pas de protection	PBM 12 mm Pb	PBM 12 mm Pb + Poste Repli 45 mm Acier et 6 mm Pb	PBM 12 mm Pb + Poste Repli 45 mm Acier et 12 mm Pb	PBM 12 mm Pb + Poste Repli 45 mm Acier et 18 mm Pb	
Différentiel cas n/cas n-1		Pas de PR	+ poste repli + 6mm Pb	+ 6mm Pb	+6mm Pb	
Dose chantier (H.mSv)	72,17	13,88	8,59	<b>6,12</b>	5,34	
Dose évitée		Référence	5,29	2,47	0,78	
Coût protection	Matelas		7 200,00 €	7 200,00 €	7 200,00 €	
	Appro structure	Référence	9 000,00 €	0,00 €	0,00 €	
	MO site		350,00 €	350,00 €	350,00 €	
Total		Référence	16 550,00 €	7 550,00 €	7 550,00 €	
Coût H.mSv évité		Référence	3 128,54 €	3 056,68 €	9 679,49 €	
Coût de référence (Euros/H.mSv)		Référence	3 050,00 Euro/H.mSv	3 050,00 Euro/H.mSv	3 050,00 Euro/H.mSv	
Option justifiée?		Référence	OUI	OUI	NON	

#### Retour d'expérience du chantier

L'objectif dosimétrique du chantier après optimisation est de 6,12 H.mSv. Cet objectif est renforcé par une contrainte sur la dose individuelle pour l'agent le plus exposé de 2 mSv.

Le suivi de chantier, réalisé grâce à une dosimétrie opérationnelle électronique, a montré une dose collective de 1,7 H.mSv, l'agent le plus exposé ayant reçu une dose de 0,456 mSv.

L'analyse exhaustive de cet écart n'a pas été réalisée, le projet considérant que la cohérence entre le prévisionnel et le réalisé est globalement satisfaisante. On peut néanmoins avancer que les critères majorants utilisés lors l'évaluation préalable (notamment les distances d'exclusion estimées aux minimums possibles pour l'ensemble des configurations, alors que des reculs plus importants ont pu être pratiqués) ont beaucoup pesés sur l'écart observé.