

Journée d'information sur le déclassement et le
démantèlement des installations nucléaires. Paris,
France, 31 mars 1977

FRNC-CONF--191

DONNEES SUR L'ACTIVATION ET LE DEMONTAGE DEFINITIF
DU SYNCHROCYCLOTRON de 155 MeV de l'Institut de Physique
Nucléaire d'Orsay ²

R. Choquet (I N2 P3-Paris) - F. Clajler (IIR-Orsay)

FR 8001583

C'est à la demande d'Irène JOLIOU-CURIE que fut décidée, en 1951, la construction du synchrocyclotron d'ORSAY. Il délivra son premier faisceau, en interne le 4 juin 1958, et en externe en novembre de la même année.

Cet accélérateur, destiné à la recherche fondamentale et à l'enseignement de la physique nucléaire et de la radiochimie, a été définitivement arrêté le 19 mai 1975, après 17 ans de bons et loyaux services.

Au cours des années, les caractéristiques et son régime de fonctionnement ont évolué. On retiendra pour valeurs moyennes, les chiffres reportés sur le tableau 1.

Particules accélérées	Energie maximale (MeV)	Intensité (μ A)	
		Interne	Externe
protons	155	3,8	0,15
deutons	81	8,7	0,35
alphas	165	5	0,20

Fonctionnement : une centaine d'heures par semaine en régime continu, avec la répartition moyenne en temps de 85 % pour les expériences de physique sur le faisceau externe et 15 % pour les irradiations en interne.

Tableau 1

La radioactivité induite après d'un accélérateur provient pour l'essentiel des particules accélérées elles-mêmes et des neutrons produits par suite de l'interaction du faisceau sur la matière.

Il a présenté le 31 mars 1977 au cours d'une journée scientifique organisée par l'Institut de Physique Nucléaire de Paris et le Centre National de la Recherche Scientifique.

Les particules accélérées sont responsables des activités spécifiques les plus élevées, localisées en surface par la section du faisceau incident, et en profondeur par le parcours des particules accélérées. En examinant le tableau 2, on constate que les volumes ainsi activés sont peu importants.

Parcours des protons de 165 MeV dans différents matériaux			
Matériaux	Aluminium	Fer	Cuivre
Parcours (cm)	8,10	3,20	2,00
La section du faisceau était le plus souvent comprise entre 1 et 3 centimètres			

Tableau 2

Les neutrons, par leur grand pouvoir de pénétration, sont responsables de l'activation de tous les matériaux se trouvant à l'intérieur du hall de l'accélérateur et des salles de faisceaux. Les activités spécifiques des matériaux ainsi irradiés sont en général beaucoup plus faibles que celles induites par les particules accélérées et diminuent plus on s'éloigne de la source de neutrons.

Tous les éléments de la machine devaient être démontés, excepté le enlase de l'aimant qui a subi seulement des modifications en vue de son utilisation dans le nouveau synchrocyclotron en cours de réalisation maintenant.

Les pièces en saillie à l'intérieur de la chambre d'accélération, toutes plus ou moins soumises au bombardement des particules accélérées elles-mêmes, étaient les parties les plus actives de notre machine.

Sur ces éléments, nous avons relevé des doses absorbées allant jusqu'à quelques dizaines de rad par heure à 5 cm de ces éléments.

La décision du démantèlement de l'accélérateur, quand elle a été annoncée au personnel, a créé des réactions psychologiques très fortes. Celles-ci ont pu être expliquées par le fait :

- que l'on n'avait jamais fait une telle opération dans l'Institut ;
- que la machine, par son activité résiduelle avait été responsable antérieurement de la majeure partie des doses subies par le personnel ;
- que l'on faisait appel, pour le démontage des éléments les plus actifs à du personnel techniquement très compétent, mais habituellement peu ou pas exposé ;
- que l'on avait décidé de faire également appel à des personnels d'entreprises extérieures.

Pourtant, plusieurs réunions ont été organisées pour indiquer aussi clairement que possible les conditions pratiques dans lesquelles se feraient les différentes opérations. On avait tenté d'expliquer que les doses totales par chacun des intervenants seraient très faibles et parfaitement contrôlées.

Finalement, la tension qui existait au sein des personnels susceptibles d'être concernés, s'est trouvée considérablement atténuée lorsqu'il a été décidé de ne faire appel qu'à des volontaires et que les premiers résultats de doses subies par les premiers intervenants étaient connus.

L'estimation du risque fait apparaître que cette question peut être décomposée en deux parties : ensemble des matériaux irradiés par les particules chargées, ensemble des matériaux activés par irradiation aux neutrons exclusivement. A ces deux ensembles, correspondent des risques relatifs de 1000 à 1 environ, c'est-à-dire des niveaux du rem et du mSv/h respectivement.

La machine proprement dite représente une activité spécifique variable, mais une masse importante, ce qui accroît le risque. D'autre part, les éléments les plus actifs n'étaient souvent accessibles que dans des conditions difficiles, puisque situés dans une chambre de 3 mètres de côté, mais de 50 cm de haut, dans laquelle les opérateurs doivent pénétrer horizontalement. La situation était donc celle d'un travail dans un champ mixte de photons et de neutrons. La première composante, imposant une limitation en temps et en distance, la seconde une organisation du travail, réalisant au minimum l'irradiation des extrémités par le choix d'outils et la mise en place de blindages locaux.

La contamination de la machine se limitait à des dépôts d'huile, souvent brûlés, des restes de câbles irradiés, de l'érosion de pièces en carbone. Il s'agissait donc d'une contamination en surface au départ. Pour l'intervention mécanique, on était en mesure de décontaminer toutes les parties métalliques de la machine.

Des réunions préparatoires au démantèlement de l'accélérateur ont été organisées avec les responsables du service de mécanique de l'IPP et avec les personnels prévus pour les opérations de démontage, pour définir les techniques qui seraient employées et les durées estimées pour les différents travaux.

Le travail prévu sous rayonnement a été classé en deux catégories. La première consistant à extraire les éléments les plus irradiés (cœurs magnétiques, régénérateur, dec et anti-dec), la seconde, pour tous les autres éléments pour lesquels les conditions de travail seraient peu restrictives.

.../...

L'assistance de notre service et une collaboration efficace des personnels concernés a permis de limiter les doses individuelles à un niveau très bas. Sur le tableau 3, on peut constater que personne n'a dépassé le dixième de la Dose Maximale Admissible Trimestrielle (D. M. A. T.).

	Mécanique générale	Service Synchro.	Radioprotection (Mesures Physiques)
Nombre de personnes ayant dépassé le seuil de sensibilité du film dosimètre (> 20 mrem)	0	12	7
Nombre de D. M. A. T. pour la personne ayant subi la plus forte dose du service	0,1	0,06	0,07

Tableau 3

Aucune personne n'a été contaminée.

Au-delà des conditions de travail à réunir pour effectuer le démontage, il restait à régler le problème du devenir des matériaux.

Les éléments activés posent une série de problèmes différents :

- éléments présentant un risque d'irradiation de l'organisme entier au moment du travail ;
- éléments présentant surtout un risque pour la manipulation (irradiation des extrémités en particulier) ;
- éléments devant être usinés par la suite ;
- relat devant être distingué selon son activité et pouvant nécessiter sa mise aux déchets radioactifs.

Le premier tri est donc celui entre cette dernière catégorie et les trois premières.

Des analyses ont permis de confirmer que les activités massiques étaient très variables d'un élément à l'autre. Voir tableau 4.

Échantillon	Matériau (Géologie, localité)	Activation *		Activités mesurées relevées après deux mois de refroidissement, exprimées en $\mu\text{Ci/Kg}$							
		P.A.	N	Na22	Cs137	Na24	Co 60	Ce137	Ce138	Co 60	Th 232
100 et 101 (10)	Craie (200 kg)	X		-	-	3500	7500	21100	22000	3100	3500
(10) 102 d'activation	Acier doux (5000 kg)	X		100	225	25	80	90	20	-	
Craie (10) 103 (10)	Ter (25000 kg)	X		-	-	40	-	0,25	0,25	2	-
100 et 101 (10)	Aluminium (10000 kg)	X	3	-	-	-	-	-	-	-	-

* Activité exprimée en $\mu\text{Ci/Kg}$ par particules accélérées (P.A.) en nombre (N)

Tabelle 10

Le choix du détecteur, destiné aux mesures sur le terrain, a été guidé par différents essais réalisés à partir de tests effectués sur une centaine d'échantillons de nature et de configuration géométrique différents. Ceux-ci avaient été préalablement analysés et les activités déterminées.

Nous avons finalement adopté une sonde γ à cristal d'iodure de sodium associé à un intégrateur portatif.

Des correspondances ont pu être établies entre les taux de comptages relevés et des ordres de grandeur d'activités massiques. Nous avons adopté finalement la valeur de 500 Ch/s pour $1\mu\text{Ci/Kg}$, guidé essentiellement par les radionucléides présents dans le fer. Pour les autres matériaux, on a trouvé des valeurs jusqu'à dix fois plus importantes pour la même activité massique.

Pour les pièces très actives, nous avons après différentes expérimentations décidé d'utiliser la chambre d'ionisation portative sous 300 mg/cm². Il a été trouvé des valeurs relativement constantes pour tous les matériaux rencontrés, situées autour de 500 mrad/h pour 1mCi/Kg .

Pour réaliser les mesures, il fallait se protéger de l'accélérateur et de la masse des pièces actives retirées de la machine. Nous avons donc utilisé des blocs de béton, pour construire une casemate de mesure dans laquelle on opérait à environ 15 mètres de la machine et 7 mètres des pièces stockées provisoirement dans l'attente du tri, dans une zone totalement entourée de 1 mètre de béton environ, balisée et fermant à clé.

Pour permettre un tri rationnel et assurer un maximum de garanties par la suite, il fallait tenir compte à la fois des critères déjà mentionnés et de la destination ultérieure des pièces : réutilisation interne ou externe, déchets radioactifs et éléments pouvant être remis dans le secteur public après accord du SCPIII.

Nous avons donc procédé à l'étude de bombes à pulvérisation aérosol et pochoir au marquage suivant :

- l'indication "VD" a été portée sur des pièces qui ne présentaient aucune activité détectable afin qu'il soit évident pour tout le monde que l'échantillon a été contrôlé.
- trèfle jaune : activité telle que l'on peut manipuler les pièces sans précautions particulières (activité jusqu'à 2 $\mu\text{Ci/Kg}$)
- trèfle rouge : activité supérieure à 2 $\mu\text{Ci/Kg}$ devant être manipulée avec assistance de la radioprotection et dont la destination doit être examinée par celui-ci.

Une consigne générale avait été affichée et diffusée précisant qu'avant d'usiner une pièce marquée d'un trèfle (jaune ou rouge), il convenait de faire appel dans tous les cas, au Service des Mesures Physiques de Radioprotection.

Pour l'étude du risque lié au découpage, à l'usage et au stockage définitif des matériaux activés, on a été conduit à faire un rapprochement entre les activités massiques et les normes.

Pour ce faire, on a comparé les activités massiques absorbables (A. M. A.) avec les activités massiques de non matériaux. Ainsi, on a pu constater que pour les isotopes les plus radiotoxiques, en l'occurrence le Na 22 par l'administration et le Co 60 pour le fer et le cuivre, la masse équivalente à l'A. M. A. trimestrielle la plus sévère, pour 2 $\mu\text{Ci/Kg}$, était sensiblement la même et de l'ordre de :

2,6 Kg dans le cas de l'inhalation
et 27,5 Kg pour l'ingestion

A partir de ces résultats, il a été possible de prendre des décisions utiles quant au découpage et à l'usage d'une part et d'apprécier pour les matériaux très peu activés, le faible niveau de nuisance pour les éléments remis dans le secteur public, après accord du SCPIII.

L'expérience acquise au cours du démantèlement de notre accélérateur nous amène à conclure sur la nécessité de prévoir dès que possible, en plus des techniques de démontage proprement dites, les réactions psychologiques des personnels et le devenir des matériaux activés.

Pour ce qui concerne les réactions psychologiques, il conviendra de réorienter le personnel en s'attachant à assurer le suivi du travail présentant un risque réel, par la présence quasi continue d'un responsable technique hautement qualifié, assisté de techniciens de radioprotection compétents. Autant que possible on fera appel à des volontaires et on portera à la connaissance des personnels, au fur et à mesure les résultats des contrôles des équivalents de dose.

Différentes solutions sont envisageables pour au devenir des matériaux actifs provenant des accélérateurs de particules. On proposera ici, pour les matériaux les plus actifs (ceux ayant été soumis aux particules accélérées elles-mêmes) de les traiter comme des déchets radioactifs. Pour tous les autres éléments actifs, représentés par des volumes très importants et des activités massiques généralement très faibles, d'envisager successivement :

- la réutilisation au sein du laboratoire lui-même, en prenant bien entendu les précautions qui s'imposent ;
- rechercher, au sein d'un pool qu'il convient de créer, le réemploi contrôlé ;
- examiner avec le SCBRJ, et sous certaines conditions, des matériaux à très faible activité spécifique, peuvent être remis dans le secteur public avec leur accord.

De ces trois voies, nous insistons plus particulièrement sur celle du pool qui devrait être, à notre avis, mis sur pied avec le concours d'établissements situés même au-delà de nos frontières.

Il faut savoir par exemple que notre Institut, pour la réalisation des projections du nouvel accélérateur, doit récupérer des éléments très peu actifs de l'accélérateur SATURNE 1 en cours de démantèlement.

Aux voies déjà évoquées, il serait intéressant de pouvoir en ajouter une quatrième : le retraitement. Il nous apparaît que, paradoxalement les pièces les moins actives (en dessous de 2 p. Ci/kg environ) sont celles qui posent le plus de difficultés à ceux qui ont à conduire un démantèlement et qu'il conviendrait de rechercher des solutions plus satisfaisantes à long terme tant du point de vue économique qu'écologique.

On peut penser en effet, que le retraitement, par une métallurgie plus appropriée de ces matériaux, visant d'abord à réduire leur activité massique, pourrait être intéressant. En s'attachant ainsi à réduire l'activité massique, on pourrait diminuer considérablement les volumes (craqueliers, par exemple) récupérer en vue d'un réemploi des métaux qu'il est moyennageux, dommage, simplicité et coûteux de rejeter tels quels aux déchets radioactifs alors qu'il n'y a pas de radioéléments à période très longue et que le stockage pose plus de problèmes qu'il n'en résout (dégradation dans le temps, etc...). On peut faire mieux qu'une espèce de "terril", même bétonné.

Cette question est posée au monde de la radioprotection à propos d'un accélérateur. Sans aucun doute, elle mérite un effort de recherche technique conséquent étant donné la perspective de démantèlement des centrales nucléaires et aussi de grands accélérateurs qui appellent des solutions à une bien plus grande échelle. Il faut peut-être revoir l'état d'esprit, qui consiste d'abord à penser contamination de surface, alors que, pour beaucoup de matériaux, la maîtrise de l'activité massique est probablement une voie de travail permettant de mieux juguler les nuisances secondaires à un démantèlement. Le nucléaire pourrait être encore plus écologique.

