

MOYENS ET DISPOSITIFS D'IRRADIATION ET D'ÉTALONNAGE

P. CANDÈS *

(manuscrit reçu le 22 juin 1970)

Placé devant le problème du choix et de la découverte d'un moyen adéquat lui permettant de disposer d'un rayonnement identifié en qualité (nature, énergie...) et en quantité (flux, fluence, dose...), un expérimentateur insuffisamment informé peut être amené à renoncer ou à défigurer son expérience.

Par ailleurs, un dispositif, un appareil ou une installation offrant des possibilités inhabituelles mais généralement coûteuses, n'atteignent leur pleine rentabilité que s'ils sont utilisés en permanence, ce qui est rarement le cas quand seuls leurs détenteurs les exploitent.

Une question se pose alors : comment mettre en présence celui qui cherche, et celui qui dispose de moyens de recherche ? La Revue *Radioprotection* y répond en ouvrant ses colonnes à ceux qui souhaitent faire connaître leurs moyens ; ceux qui veulent les trouver n'auront plus qu'à parcourir ces colonnes.

Pour commencer, le Service d'Etudes de Sûreté Radiologique, dont la Direction est au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay et dont la Section expérimentale se trouve à Cadarache, vous propose aujourd'hui de faire connaissance avec :

S.T.I.R.C.A.

(Station d'Irradiation de Cadarache)

et avec :

S.I.G.M.A

(Dispositif-source de neutrons thermiques)

STATION D'IRRADIATION

La Station d'Irradiation de Cadarache (STIRCA) est destinée à la mise au point de systèmes de mesure de rayonnements en vue de la dosimétrie globale autour des installations nucléaires. Elle possède un ensemble varié de sources étalonnées connues, et plus particulièrement de sources de neutrons permettant un large choix d'énergies discrètes ou étalées en spectres variés depuis le domaine thermique jusqu'à 14 MeV, dans des conditions d'exposition telles que les diffusions parasites gênantes pour les mesures soient réduites au minimum.

Elle est orientée aussi bien vers la mise au point de techniques originales en vue de leur application à la sûreté des grandes installations nucléaires industrielles que vers la réalisation d'étalonnages précis au moyen d'équipements classiques pour le rayonnement gamma, et plus élaborés pour la mesure des neutrons.

L'agencement de la station permet également l'hébergement des expérimentateurs de passage, ce qui l'ouvre très positivement vers des collaborations extérieures au Commissariat (françaises ou étrangères).

* S.E.S.R. Centre d'Etudes nucléaires de Saclay.

PRÉSENTATION - DESCRIPTION

Du fait de sa conception et du danger présenté par les rayonnements émis, la Station avait besoin d'être implantée au centre d'une aire dégagée de toute construction. L'emplacement retenu se situe dans la partie Est du Centre de Cadarache, à 600 m de l'entrée du Chemin du Vallon du Grand Pin. On peut y distinguer deux bâtiments ayant des fonctions différentes :

- Un hall léger pour les expérimentations.
- Un bâtiment protégé pour les expérimentateurs et le personnel responsable de l'exploitation.

Une zone d'exclusion de 300 m de rayon a été prévue autour de ces bâtiments.

LE HALL

Afin d'éliminer au maximum les phénomènes de diffusion dus aux parois, celles-ci, d'une épaisseur de 5 cm, sont constituées par de la laine de verre entre deux tôles minces d'aluminium.

D'une superficie de 300 m² (12 × 25 m) ce hall permet d'effectuer des mesures ou des irradiations en rayonnement direct sans masse perturbatrice, ou de mettre en place des configurations (murs, chicanes...) en matériau quelconque (béton, acier, brique...) pour étudier les effets de perturbation, de diffusion, d'atténuation, etc.

Pour réduire le bruit de fond ambiant, les sources non utilisées sont conservées dans une fosse ou dans des « puits de stockage ».

Un pont roulant de 5 t avec une hauteur de 7 m sous crochet permet d'assurer la manutention des matériels lourds et encombrants.

Le hall est relié aux laboratoires par un couloir en chicanes assurant la protection biologique nécessaire.

Un chemin de câbles permet, par l'intermédiaire de tableaux de répartition, d'assurer toutes liaisons souhaitables entre le hall et les locaux de commande et d'expérimentation.

LE BATIMENT ENTERRÉ

Le local protégé, enterré sous deux mètres de terre comprend :

- Une salle de commande dans laquelle sont rassemblés tous les pupitres de commande à distance des sources, l'appareillage de contrôle des expériences et le tableau regroupant tous les systèmes de sécurité (balises clignotantes, feu tournant, fermeture de la zone d'exclusion, verrouillage des portes, etc.).
- Deux laboratoires, dont l'un est plus spécialement aménagé et réservé aux expérimentateurs extérieurs au service.
- Une salle de mesures.
- Un petit atelier de dépannage et de montage des expériences.
- Les locaux techniques et les sanitaires.

Un ensemble indépendant de conditionnement d'air, ventilation, chauffage, équipe ce local.

Un onduleur (220 V - 50 Hz monophasé) fournit le courant électrique nécessaire en cas de coupure et permet d'alimenter un certain nombre d'appareils en « courant secours ».

L'aire d'exclusion, à la limite de laquelle sont respectées les normes d'irradiation en vigueur, est matérialisée par une clôture légère. L'accès à cette zone comporte le franchissement d'une barrière contrôlée depuis la salle de commande.

Une bande de terrain de 25 m de large, 300 m de long, dans l'axe du hall, a été déboisée pour permettre les mesures à grande distance, avec le minimum de diffusion.

LES MOYENS DISPONIBLES

Les sources étalonnées dont dispose la Station sont essentiellement des sources de neutrons et de rayonnement gamma.

Les sources de neutrons

- Un accélérateur de deutons SAMES de 150 kV délivrant en fonctionnement continu des neutrons de 3 MeV (débit maximal de 10⁸ n.s.⁻¹ en 4 π) ou des neutrons de 14 MeV

(débit maximal de 10^{11} n.s⁻¹ en 4π). Cet accélérateur fonctionne également en régime pulsé. Les impulsions délivrées, de forme carrée, ont une durée minimale de 20 microsecondes.

- Des sources scellées, étalonnées de Pu-Be (1 source de 10 Curies, 3 sources de 5 Curies, 2 sources de 1 Curie).
- Des sources diverses de Ra-Be, Am-Be de plus faible activité.
- Un empilement de graphite étalon (SIGMA) équipé de six sources d'Am-Be de 16 Curies chacune qui délivre au centre du bloc un flux thermique de 2.10^5 n.cm⁻² s⁻¹.

Notons par ailleurs qu'il existe au C.E.N. Cadarache, à proximité de la Station, un accélérateur Van de Graaff de 3 MeV, dont l'utilisation est périodiquement réservée au S.E.S.R. pour des étalonnages au moyen de neutrons monoénergétiques.

Les sources de rayonnement gamma

- Un accélérateur d'électrons SAMES type 150 kV, fonctionnant en régime continu ou pulsé et délivrant des rayons X de freinage d'une énergie maximale de 150 keV avec un débit de 20 Rh⁻¹ à 1 m.
- Un gammatron (G.F. 660) de 40 Curies de ⁶⁰Co (doit être prochainement rechargé avec une source de 100 Curies de ⁶⁰Co) (1).
- Un gammagraf (G. 1700) de 50 Curies de ¹³⁷Cs (1).
- Un irradiateur mobile chargé de 3 sources de ⁶⁰Co (1 source de 2 Ci, 1 de 0,2 Ci et 1 de 20 mCi). Cet appareil est conforme au modèle standardisé par les services de radioprotection.
- Des sources diverses de Ra, Cs, Co dont les activités s'échelonnent de 25 mCi à 1 mCi.

Les moyens de mesures

Pour définir les champs de rayonnement, un certain nombre de moyens de mesure sont mis en œuvre :

- détecteurs pour la spectrométrie des neutrons par activation (SNAC),
- système multisphère,
- long compteur étalon de précision de De Pangher,
- compteur BF₃ sous modérateur,
- chambres d'ionisation de divers types.

LES MOYENS EN COURS DE DÉVELOPPEMENT

Dans un avenir proche, diverses améliorations permettant d'étendre le champ d'utilisation de la Station sont prévues ou en cours de réalisation.

- Sur l'accélérateur d'ions SAMES.
 - Montage d'un système de pulsation par plaques de déflexion permettant d'obtenir des impulsions carrées de quelques nanosecondes (en cours d'installation).
 - Adaptation d'un système permettant d'obtenir des impulsions à montée exponentielle entre 100 μs et 200 s pour simuler des excursions critiques (montage et tests en cours).
 - Acquisition d'un convertisseur en uranium naturel afin d'obtenir des neutrons de fission à partir de neutrons de 14 MeV (réalisation début 1970).
- Construction d'une base de temps de vol.
- Achat d'une source d'Am-Li.

Une plate-forme légère et mobile doit permettre de hisser les sources à une hauteur suffisante pour éliminer l'effet de sol qui, au niveau usuel et actuel de mesure (1,50 m du sol), n'est pas entièrement négligeable.

(1) Ces deux appareils mobiles fonctionnent en géométrie canalisée et en géométrie panoramique (4π).

SIGMA

EMPILEMENT DE GRAPHITE

SOURCE ÉTALON DE NEUTRONS THERMIQUES

A la limite de la zone d'exclusion de STIRCA, près de la barrière d'accès Nord, le bâtiment 424, de construction identique au Hall de la station, abrite la source étalon de neutrons thermiques : SIGMA.

SIGMA se présente sous la forme d'un cube de graphite de 150 cm d'arête. Le canal d'irradiation, centré sur une face du cube, est horizontal et traverse de part en part le bloc. Ce canal offre trois possibilités de positionnement pour des détecteurs :

1 - Pour des détecteurs peu volumineux, une « chambre d'irradiation » orthocylindrique de 55 mm est disponible au centre de l'empilement.

2 - Pour des détecteurs longs de taille moyenne, le canal qui peut être soit complètement dégagé, soit partiellement obstrué fournit un emplacement cylindrique de 8 cm de diamètre.

3 - Pour des détecteurs plus volumineux, le canal d'irradiation peut prendre un diamètre de 14 cm.

Autour du canal central, aux sommets d'un hexagone régulier, six « canaux porte-sources » horizontaux traversent également le bloc de part en part. Dans chaque canal est logée, « noyée » dans le graphite, une source scellée d'américium-béryllium de 16 curies (fabriquées et étalonnées par le Département des R.E.A. à Saclay). Le tronçonnage des barreaux qui obstruent les « canaux porte-sources » est tel qu'il permet de placer les sources dans des positions variées à l'intérieur du bloc. On peut obtenir :

— une « position thermique » pour laquelle les six sources entourent la « chambre d'irradiation » et se trouvent à 25 cm du centre de celle-ci dans deux plans verticaux parallèles (voir le schéma). On obtient ainsi dans tout le volume de la chambre un flux étalon, isotrope de $1,73 \cdot 10^5$ n. cm⁻² s⁻¹ à ± 3 % pour les neutrons d'énergie inférieure à 0,63 eV, et un flux de $7 \cdot 10^3 \pm 0,3$ n. cm⁻² s⁻¹ pour les neutrons d'énergie supérieure à 0,63 eV. Dans cette même position, le flux de neutrons sortant dans l'air, à 50 cm de la face, est de $1,6 \cdot 10^3 \pm 0,1$ n. cm⁻² s⁻¹ pour $E_n < 0,63$ eV et de 19 n. cm⁻² s⁻¹ pour $E_n > 0,63$ eV.

— des « positions intermédiaires » pour lesquelles les 6 sources se placent dans un même plan vertical, parallèle à la face d'entrée permettent d'obtenir des flux de fuite plus importants. Il a été prévu de pouvoir déplacer le plan des sources de 5 en 5 cm depuis le centre de l'empilement jusqu'à 20 cm de la face.

Très prochainement, l'allure des spectres de neutrons, au niveau de la chambre d'irradiation et d'un certain nombre d'emplacements à l'extérieur du bloc, pourra être fournie aux expérimentateurs. Leur détermination est en cours à l'aide de « détecteurs sandwichs ».

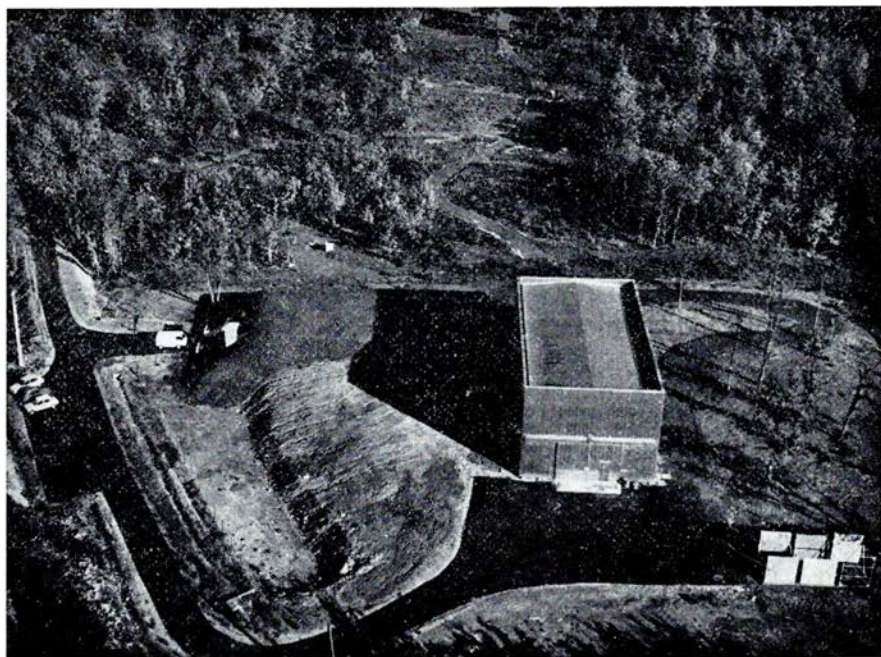


FIG. 1. — STIRCA - Vue d'ensemble des bâtiments
(vue aérienne)

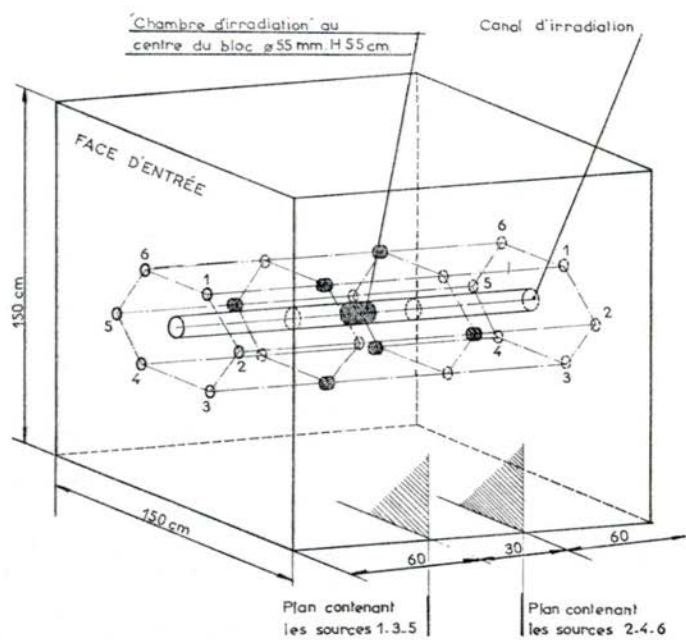


FIG. 2. — SIGMA - Vue schématique de l'empilement montrant les sources dans la « position thermique ».

(Pour une plus grande clarté du dessin seuls les axes des « canaux » porte-source ont été représentés)