

C.E.A.

C.E.N. Saclay

SERVICE DE PROTECTION
CONTRE LES RAYONNEMENTS

Section de Radioprotection
des Installations

3 décembre 1981

DOCUMENT DE TRAVAIL

INCIDENTS SURVENUS SUR LES APPAREILS ELECTRIQUES
GENERATEURS DE RAYONNEMENTS

Chronologie de juin 1959 à décembre 1981

G. PETIT

AVERTISSEMENT

Ce rapport regroupe les incidents survenus à SACLAY pour la période comprise entre juin 1959 et décembre 1981.

Il faut noter que la plupart d'entre eux ont eu lieu AU COURS DES REGLAGES et qu'on voit bien ainsi la nécessité qu'il y a de considérer tout particulièrement ces opérations dans les recommandations de radioprotection.

Pour les tous premiers incidents, les évaluations de doses reçues sont parfois imprécises*.

Ce n'est que par la suite que des méthodes et un appareillage adapté ont permis de bien préciser la variation de la dose absorbée en fonction de la profondeur dans l'organisme et de bien distinguer ainsi la dose délivrée au niveau de la peau, des tissus mous et des os. Afin d'évaluer ces paramètres, il est nécessaire de pouvoir préciser les conditions expérimentales correspondant à l'incident.

Il n'en reste pas moins que l'estimation de la dose reçue est délicate car les expérimentateurs ont des difficultés à RECONSTITUER LES GESTES DE L'INCIDENT, ce qui est indispensable pour définir la position des doigts et du corps par rapport au faisceau ainsi que le temps d'irradiation.

Cette reconstitution doit suivre immédiatement l'incident. Sur les X incidents évoqués, une seule personne (irradiée en 1968) a eu la présence d'esprit de bien reconstituer, en les chronométrant, les gestes accomplis.

* jusqu'en septembre 1961, la dose absorbée est exprimée en Roëntgen (1 R ayant comme équivalent 0,88 rad).

JUIN 1959

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X CGR DE L'I.N.S.T.N.

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Melle A. effectue une manipulation exceptionnelle sur générateur X.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le développement du film poitrine indique une dose de:

. de 5 000 mR sous la partie nue et de 50 mR sous écran étain.

Ces valeurs sont nettement supérieures à la réalité, étant donné qu'il s'agit d'une irradiation par rayonnements X.

MAI 1960

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS DE L'I.N.S.T.N.

- CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

M. R. effectue des étalonnages à l'aide d'un générateur muni d'une anticathode de tungstène, fonctionnant sous une tension de 45 kV. Il travaille sur la fenêtre n° 3, puis sur la fenêtre n° 2, et à nouveau sur la fenêtre n° 3. C'est alors qu'il s'aperçoit au bout de cinq minutes que la fenêtre n° 2 est restée ouverte.

- EVALUATION DE LA DOSE RECUE

Les mesures effectuées en reconstituant la position occupée par M. R. ont permis de déterminer que la dose absorbée par les yeux et le haut de la poitrine est de 7,5 R environ, se répartissant ainsi selon l'énergie :

- . de 40 à 25 keV : 225 mR
- . de 25 à 20 keV : 375 mR
- . de 20 à 10 keV : 1 250 mR
- . inférieur à 10 : 5 650 mR

Les résultats donnés par le film sont difficilement exploitables : il présente une irradiation en dégradé, avec un maximum à 18,5 R. Le film n'a donc pas été exposé au rayonnement d'une manière bien définie et sa sensibilité dans ce domaine d'énergie est mal connue.

MARS 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS PW1010 ET CGR
DE L'I.N.S.T.N.

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Melle P. manipule sur le générateur CGR, bien que les protections demandées par le S.P.R. n'aient pas été mises en place.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Les valeurs données par la Photométrie sont les suivantes :

- . film poitrine : 8 000 mR sous la partie nue
4 700 mR sous écran étain.
- . film poignet : 78 000 mR sous la partie nue
3 600 mR sous écran étain.

La reconstitution de l'incident montre que l'irradiation décelée sur le film correspond bien à une irradiation réellement subie par Melle P. Toutefois, l'énergie maximale du spectre continu émis par l'appareil étant d'environ 40 keV les valeurs indiquées par les films correspondent à une zone d'hypersensibilité de 10 environ.

AVRIL et MAI 1961

MICROSCOPE ELECTRONIQUE DU SERVICE D'ELECTRONIQUE PHYSIQUE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Afin d'effectuer des recherches sur l'émission thermoionique, M. S. utilise un microscope électronique ne possédant aucune protection contre le rayonnement de freinage.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le film poitrine de M. S. donne les indications suivantes :

	avril	mai
Dose lue sur partie nue	3 100 mR	3 300 mR
Dose lue sous écran d'étain	< 20 mR	< 20 mR
Dose lue sous écran de cadmium	< 20 mR	

Cependant l'énergie du rayonnement X étant de l'ordre de 25 keV, le résultat obtenu par la Photométrie est supérieur d'un facteur 10 environ à l'irradiation réellement subie par M. S.

MAI 1961

SEPARATION DE PARTICULES C.S.F. DU SERVICE D'ENTRETIEN
ET DE DEVELOPPEMENT DES APPAREILS DE PHYSIQUE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

L'intensité d'irradiation auprès de cet appareil, alimenté par une tension de 400 kV, peut être importante en cas de fonctionnement défectueux. M. G. pénètre dans la zone d'expérimentation dont l'accès est contrôlé par une porte munie d'un simple cadenas.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le film poitrine de M. G. présente un noircissement de :
. 1 500 mR sous la partie nue et de 250 mR sous écran étain.

ce qui est bien compatible avec une irradiation due à des photons de 400 keV et correspond sensiblement à l'irradiation subie par M. G.

MAI 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS DU SECPER

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Melle T. étudie la diffusion des rayonnements X sur des métaux à l'aide d'un générateur fonctionnant sous 20 kV, 40 mA.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Les résultats de la Photométrie sont les suivants :

- film poitrine : 60 000 mR
- film poignet : 8 500 mR sous partie nue et de
130 mR sous écran d'étain.

La comparaison avec les résultats de mesure obtenus lors de la reconstitution de l'incident montre que le port des deux films a été inversé. L'examen du film porté à la poitrine montre que Melle T. est passée dans le faisceau du générateur, dont le tablier de protection en plomb ne devait vraisemblablement pas être en position.

L'irradiation décelée par le film porté au poignet correspond également à une irradiation réellement subie par l'intéressée, aucune protection efficace contre le rayonnement diffusé, pendant les réglages, n'ayant été mise en place.

Toutefois, en ce qui concerne ces films, l'énergie maximale du spectre continu se situant dans la zone d'hypersensibilité entraîne une surestimation d'un facteur 10 environ.

MAI 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X DE L'I.N.S.T.N.

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Au cours d'une visite, M. R. stationne près d'un générateur de rayonnements X en fonctionnement.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le film de M. R. présente une irradiation de 6 400 mR se situant dans la zone d'hypersensibilité. Cependant, les informations manquent pour reconstituer l'incident.

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS ET CGR DU
SERVICE DE CHIMIE DES SOLIDES

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

En manipulant sur un générateur X Philips, Melle S. s'aperçoit que la fenêtre d'un générateur CGR situé dans la même pièce était restée ouverte, libérant ainsi le passage du faisceau à travers le laboratoire. Le générateur est muni d'une anticathode de cuivre et fonctionne sous 45 kV et 10 mA.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Les indications du film poignet porté sur la poitrine sont les suivantes :

- dose lue sous partie nue	:	800 000 mR
- dose lue sous écran cuivre 0,18 g.cm ⁻²	:	4 700 mR
0,54 g.cm ⁻²	:	130 mR.

Le film du mois précédent présentait déjà une irradiation de 500 mR. Sur le générateur CGR et pour les conditions d'irradiation relevées lors de l'incident, on trouve, pour le faisceau direct, les débits de dose suivants :

. à 1,63 m du foyer	22	R.h ⁻¹
. à 1,30 m du foyer	50	R.h ⁻¹
. à 0,80 m du foyer	165	R.h ⁻¹

On détecte également un rayonnement de fuite de 14 mR.h⁻¹. Pour le goniomètre équipant le générateur Philips équipé d'une anticathode de cuivre et fonctionnant sous 40 kV et 16 mA, on mesure un rayonnement de fuite latéral, sensiblement à hauteur de poitrine, de 145 mR.h⁻¹. Lorsque le goniomètre est incliné de 10 °, on détecte un rayonnement de fuite à hauteur de la tête de 360 mR.h⁻¹.

On peut conclure que Melle S. s'est fait irradier d'une manière continue par le générateur Philips. En tenant compte du temps passé aux différents postes de travail, cette irradiation peut être évaluée à 5 R.

A cette irradiation continue se superpose une irradiation instantanée, due au générateur CGR, que l'on peut évaluer à 4 R.

JUIN 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X DU SECPER

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

M. M. effectue des manipulations sur un générateur X Philips dont la protection contre le rayonnement diffusé est quasi-inexistante.

- EVALUATIONS DE LA DOSE REÇUE

Le film poitrine de M. M. indique 8 100 mR. La reconstitution montre que cette irradiation est bien compatible à celle réellement subie, car on note 125 mR.h^{-1} au niveau du poste de travail correspondant aux réglages et $1,5 \text{ R.h}^{-1}$ derrière le tablier de protection.

JUILLET 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS PW1009 DU
SERVICE DE TECHNOLOGIE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

M. L. effectue exceptionnellement des manipulations sur un générateur de rayonnements X Philips équipé d'un tube à anticathode de cuivre fonctionnant sous 35 kV, 20 mA.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le film poitrine indique une dose de 1 600 mR sur la partie nue et une dose < 20 mR sous écran d'étain.

Les mesures de rayonnement diffusé aux divers emplacements de travail conduisent à une irradiation maximale d'environ 100 mR, ce qui correspond, après correction due à l'hypersensibilité, au résultat donné par le film.

SEPTEMBRE 1961

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X SIEMENS DU
DEPARTEMENT DE PHYSICO-CHIMIE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

A 16 heures, M. D. s'aperçoit qu'une fenêtre latérale du générateur est ouverte. Il pense que cette ouverture accidentelle a pu se produire dès 11 heures.

Pendant ce laps de temps, M. D. a démonté une chambre placée sur l'appareil et a dû se trouver sur le trajet du faisceau pendant un temps qu'il estime inférieur à une minute.

Mme C. et M. De ont circulé autour du générateur.

- EVALUATION DES DOSES REÇUES

Les résultats de la Photométrie sont les suivants :

- Mme C	75 mR
- M. De	330 mR
- M. D.	6 100 mR

Pour les conditions de l'incident (anticathode de cuivre 30 kV, 20 mA) et à l'emplacement occupé par M. D., le débit de dose est de $3\ 000\ \text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ sur une surface de $100\ \text{cm}^2$.

En conséquence, la dose de 6 100 mR relevée sur le film de M. D. correspond bien à une irradiation de courte durée dans la partie supérieure du faisceau. D'après l'impact de la radiographie de ce faisceau, on peut estimer à 10 R environ l'irradiation moyenne sur une bande de 15 cm de haut au niveau de la poitrine.

SEPTEMBRE 1963

ACCELERATEUR MASSIOT

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Afin de procéder à des expériences de dosimétrie chimique, Messieurs G., J. et P. mettent en place des béciers dans l'axe de l'accélérateur, après avoir coupé le chauffage du filament, mais en présence de la haute tension. Trois jours après, MM. G. et P. ressentent des picotements dans les doigts et M. P. des altérations cutanées.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

M. P. avait constaté le matin que son stylodosimètre indiquait 200 mrad. Remis à 0, il indiquait dans la soirée 950 mrad.

Les premières mesures effectuées dans le faisceau direct montrent une variation sporadique, généralement décroissante, avec un maximum à $720\,000\text{ rad.h}^{-1}$ dû aux électrons.

Pour les conditions particulières de mise en place du bécier, on note $5\,400\text{ rad.h}^{-1}$ dû aux électrons à l'emplacement des doigts de la main droite, $1\,200\text{ rad.h}^{-1}$ à l'emplacement de la main gauche, 90 rad.h^{-1} dû aux électrons et au rayonnement de freinage au niveau de la tête et 36 rad.h^{-1} à l'emplacement du film.

Pour M. G., la valeur la plus probable permet d'estimer à 4 000 rads la dose reçue au niveau des doigts, 15 rads en surface sur la poitrine et 11 rads en profondeur. Afin de mieux estimer la dose reçue au niveau des doigts de M. G., un programme d'expérimentation sur le lapin a été entrepris.

Pour M. P., on peut estimer à 2 000 rads la dose reçue sur les doigts de la main droite, 500 rads sur les doigts de la main gauche, 9 rads en surface sur la poitrine et 5,5 rads en profondeur.

Pour M. J., qui n'a pas participé aux manipulations sous faisceau, on peut estimer à 3 rads en surface de l'organisme entier et 2 rads en profondeur.

FEVRIER 1963

SPECTROMETRIE SOUS VIDE DU SERVICE DES ETUDES
DE SEPARATION DE L'URANIUM

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

En vue de procéder à un nettoyage du dispositif expérimental de spectrométrie sous vide, Mme C. démonte son appareil sans avoir préalablement coupé la haute tension, ce qui l'expose, pendant environ une heure, à une irradiation dans le faisceau diffusé.

Melle P. a séjourné dans la pièce, mais sans intervenir directement sur le générateur.

- EVALUATION DES DOSES REÇUES

L'intensité d'irradiation dans le faisceau diffusé par le cristal analyseur est de l'ordre de 7 rad.h^{-1} au niveau des mains et de $0,9 \text{ rad.h}^{-1}$ au niveau de la poitrine.

La reconstitution de l'incident montre que, dans le cas le plus défavorable, l'irradiation maximale subie par Mme C. est de 7 rads pour les mains et de 1 rad au niveau de la poitrine.

Les résultats des films portés par Mme C et Melle P. sont inférieurs à 25 mrad, ce qui, dans le cas de Mme C, peut s'expliquer par la largeur limitée du faisceau qui n'aurait pas atteint le film poitrine.

AVRIL 1963

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X CGR DICTYOBLOC DU
SERVICE DE CHIMIE DES SOLIDES

-CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Melle B. oublie de remettre en place un obturateur qu'elle avait retiré, afin de vérifier le centrage du tube.

Elle est ainsi exposée dans le faisceau direct, mais ne peut préciser le temps de cette exposition. Il peut s'agir d'une simple traversée ou d'un stationnement en cours de réglage. La durée de l'irradiation peut donc varier de 1 seconde à 1 minute.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Les résultats de la Photométrie sont les suivants :

- film poitrine : 550 mrad sur la partie nue
20 mrad sous écran de cadmium
- film poignet : 1 400 mrad sur la partie nue
20 mrad sous écran de cadmium.

Les mesures montrent que l'intensité d'irradiation est de $8\,700 \text{ rad.h}^{-1}$, au niveau du corps, sur une largeur de 9 cm. Compte tenu de l'hypersensibilité du film, la dose est environ 45 fois plus faible que celle indiquée par le film, mais on peut craindre que Melle B. ait subi une irradiation plus importante de la partie droite du corps sans que son film ait été impressionné à cause de la faible section du faisceau. Dans ce cas, la dose maximale subie par Melle B. peut atteindre 145 rads.

JANVIER 1964

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X CGR BALTOGRAPHE DU SERVICE DE TECHNOLOGIE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

M. M. pénètre à l'intérieur d'une casemate de radiographie alors que le relais fixé sur la porte d'accès n'avait pas entraîné la coupure de la haute tension. Il centre son dispositif de radiographie à l'aide d'un fil à plomb maintenu par le pouce gauche contre la fenêtre du générateur.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

Le film poitrine porté par M. M. indique une irradiation de 300 mrad sous la partie nue et de 20 mrad sous l'écran d'étain.

Au contact de la fenêtre, le débit de dose absorbée est de $1,7 \cdot 10^7 \text{ rad} \cdot \text{h}^{-1}$. La dose reçue sur le pouce est difficile à déterminer car on ne connaît pas la durée de l'exposition et les conditions de fonctionnement du générateur.

La reconstitution permet d'évaluer à 40 000 rads la dose maximale absorbée, mais l'inhomogénéité du faisceau montre qu'elle peut être plus faible d'un facteur 3 ou d'un facteur plus difficile à déterminer si le relais s'est décollé avant la fin de la manipulation. Afin de mieux évaluer cette dose, un programme d'expérimentation sur des rats a été établi.

Pour l'organisme entier, la dose absorbée peut être évaluée à 1 100 mrad.

MARS 1964

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS DU SERVICE DE
PHYSICO-CHIMIE APPLIQUEE

- CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

A l'occasion du montage d'un nouveau dispositif expérimental par un technicien de la Société Philips, le capot de protection du générateur a été enlevé. Au bout d'un certain temps, MM. F. et D. qui assistent au montage, se rendent compte que l'une des fenêtres du générateur est ouverte, ce qui expose M. F. à une irradiation dans le faisceau direct et M. D. à une irradiation dans le rayonnement diffusé.

- EVALUATION DE DOSE REÇUE

Les films portés par MM. F. et D. montrent une irradiation inférieure à 20 mrad, mais la reconstitution de l'incident permet de chiffrer à 7 rads la dose reçue par M. F. au niveau de la peau et à 5 mrad celle reçue par M. D.

24 SEPTEMBRE 1968

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS PW1010 DU SERVICE
DE PHYSIQUE DU SOLIDE ET DE RESONANCE MAGNETIQUE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

M. K. installe un goniomètre. Pour des raisons d'alignement mécanique il est obligé de mettre à nu une partie fraisée située à l'intérieur de la gaine, ce qui libère le passage du faisceau. M. K. ne s'aperçoit que plus tard que le générateur est sous tension en constatant que le voyant de l'armoire de commande est allumé.

Après avoir coupé la haute tension, il refait plusieurs fois l'opération qu'il vient d'effectuer de façon à déterminer le temps pendant lequel il a été exposé.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

La reconstitution de l'incident montre que le film poitrine dont le noircissement correspond à 1 rad n'a pas été irradié par le faisceau direct.

Dans l'hypothèse la plus pessimiste, la partie comprise entre le menton et le sternum peut avoir été balayée par un faisceau de 5 mm de diamètre, entraînant une irradiation de 120 rads au niveau de la couche basale de la peau, derrière les vêtements.

La dose reçue au niveau du cristallin due au rayonnement diffusé, est de 18 mrad.

8 AU 12 FEVRIER 1971

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X PHILIPS PW1010 DU
SERVICE DE PHYSICO-CHIMIE

- CIRCONSTANCES DE L'INCIDENT

Le générateur est équipé d'un goniomètre dont le réglage consiste à aligner de façon aussi précise que possible les fentes de SOLLER disposées à la sortie de la gaine, le porte-échantillon et le compteur monté sur le goniomètre. Le réglage ne peut être effectué qu'en présence du faisceau et nécessite par conséquent, la mise en court-circuit d'une sécurité. Le réglage a pu se faire sous diverses conditions de tension de courant et de filtration.

Le 18 février, M. F. a remarqué une rougeur au niveau de l'index et du pouce et vers le 20 février M. V. a remarqué une rougeur au niveau de la paume de la main droite.

- EVALUATION DES DOSES REÇUES

Les résultats de la Photométrie sont les suivants :

- M. V. , film poitrine : 200 mrad sous la partie nue et sous 300 mg.cm⁻² d'équivalent-tissus
- film poignet : 680 mrad sous la partie nue et < 20 mrad sous 300 mg.cm⁻² d'équivalent-tissus
- M. F. , film poitrine : 1 200 mrad sous la partie nue et < 20 mrad sous 300 mg.cm⁻²
- film poignet : 600 mrad **et** < 20 mrad : mesures non significatives le film poignet étant porté dans la poche de la blouse avec le film poitrine.

Il n'a pas été possible de déterminer, expérimentalement, les doses reçues par M. C. au niveau de la paume de la main et par M. F. au niveau des doigts en raison du manque d'information sur les conditions d'irradiation. L'ordre de grandeur des doses absorbées subies serait de 2 000 à 5 000 rads pour M. C. et de 1 000 à 5 000 rads pour M. F.

Pour le reste du corps, les valeurs les plus probables sont les suivantes : (en mrad)

Partie irradiée	Tête		Cristallin	Poitrine **	
	7 mg.cm ⁻²	300 mg.cm ⁻²		7 mg.cm ⁻²	300 mg.cm ⁻²
Profondeur					
M. C.	500	100	100	200	50
M. F.	2 500	500	30*	400	100

* compte tenu de l'atténuation du rayonnement par les verres de lunettes

** compte tenu de l'atténuation du rayonnement par les vêtements.

21 NOVEMBRE 1980

GENERATEUR DE RAYONNEMENTS X SIEMENS K4 UTILISE
PAR LE S.P.R.

- CIRCONSTANCES DE L'ACCIDENT

M. P. recherche l'épaisseur de plomb suffisante pour obturer une fenêtre non utilisée. Lors de la mise en place des écrans, il pousse malencontreusement la fenêtre de l'obturateur, alors que le tube est sous tension.

- EVALUATION DE LA DOSE REÇUE

La reconstitution de l'incident conduit à penser qu'il est très probable que la main ait été hors du faisceau. Dans le cas contraire, l'hypothèse la plus pessimiste conduit à des doses intégrées de 160 rads au niveau de la couche basale de la peau.