

RadioProtection Cirkus

Les accidents radiologiques

Nom de l'auteur : Marc Ammerich

N° chrono : DOC-VL-9_3

Version du : 23 Octobre 2018

Le portail de la RP pratique et opérationnelle
www.rpcirkus.org - www.forum-rpcirkus.com

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

SOMMAIRE

- Introduction
- Goiania 1987
- Forbach 1991
- Yanango 1999
- Cochabamba 2002
- Fleurus 2006
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Environ 400 accidents dans le monde depuis 1945
- + de 150 morts
- Presque uniquement de l'exposition externe

..Quelques illustrations parmi d'autres..



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Accidents radiologiques mortels signalés entre 1945 et 1987

Année	Lieu	Source de rayonnement	Cas mortels	
			Personnel	Public
1945	Los Alamos (Etats-Unis)	Assemblage critique	1	
1946	Los Alamos (Etats-Unis)	Assemblage critique	1	
1958	Vinča (Yougoslavie)	Réacteur expérimental	1	
1958	Los Alamos (Etats-Unis)	Assemblage critique	1	
1961	Suisse	Peinture tritiée	1	
1962	Mexico (Mexique)	Source de radiographie perdue		4
1963	Chine	Irradiateur de semences		2
1964	République fédérale d'Allemagne	Peinture tritiée	1	
1964	Rhode Island (Etats-Unis)	Usine de récupération de l'uranium	1	
1975	Brescia (Italie)	Irradiateur de semences	1	
1978	Algérie	Source de radiographie perdue		1
1981	Oklahoma (Etats-Unis)	Radiographie industrielle	1	
1982	Norvège	Stérilisateur d'instruments	1	
1983	Constituyentes (Argentine)	Réacteur de recherche	1	
1984	Maroc	Source de radiographie perdue		8
1986	Tchernobyl (URSS)	Centrale nucléaire	29	
1987	Goiânia (Brésil)	Source de téléthérapie volée		4
Total: 17 accidents, 59 morts			40	19



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Goiânia (Brésil 1987) : Césium 137; 249 contaminés
+ 10 000 personnes suivies médicalement
+ 100 000 anthropogammamétries après l'accident
actuellement : 20 décès
- Forbach (1991) : accélérateur industriel
3 personnes irradiées
(expo globale : environ 1 sievert pour le plus exposé)
actuellement : décès de M. Leroy (mars 2007)



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Yanango (1999) : perte d'une source de gammagraphie
2 personnes irradiées - **1 décès**

- Panama (2001) : radiothérapie : 28 irradiés
8 décès
prise en charge thérapeutique lourde
mauvaise connaissance du risque et de
la radioprotection



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Fleurus (2006) : incident dans un irradiateur
1 personnes irradiée

- Epinal (2005 – 2007) accident de radiothérapie
5 cohortes de patients exposés
6 à 7 décès aujourd'hui



ECHELLE INES

APPLICATION DE L'ÉCHELLE INES	CONSÉQUENCES À L'EXTÉRIEUR DU SITE	CONSÉQUENCES À L'INTÉRIEUR DU SITE	DÉGRADATION DE LA DÉFENSE EN PROFONDEUR
7 ACCIDENT MAJEUR	Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement		
6 ACCIDENT GRAVE	Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 ACCIDENT	Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4 ACCIDENT	Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 INCIDENT GRAVE	Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixé par le guide AIEA*	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 INCIDENT		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 ANOMALIE			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 ÉCART		Aucune importance du point de vue de la sûreté	
ÉVÉNEMENT HORS ÉCHELLE	Aucune importance du point de vue de la sûreté		



ECHELLE INES

CLASSEMENT SUR L'ÉCHELLE INES D'UN ÉVÉNEMENT RELATIF À LA RADIOPROTECTION

En France, le guide d'application de la nouvelle échelle INES permettant le classement des événements de radioprotection (hors patients) relatifs aux sources radioactives et aux transports de matières radioactives est en cours d'élaboration. Les événements de radiothérapie affectant des patients sont classés sur l'échelle ASN-SFRO diffusée par l'ASN en juillet 2008.



ECHELLE INES

ÉVÉNEMENT	NOMBRE D'INDIVIDUS EXPOSÉS ET CLASSEMENT FINAL		
	CLASSEMENT MINIMAL	NOMBRE D'INDIVIDUS	CLASSEMENT FINAL*
Exposition supérieure à 100 mSv		> 100	5
	3	> 10	4
		≤ 10	3
Exposition de travailleur(s) à une dose supérieure à la limite réglementaire annuelle ou d'un membre du public à une dose supérieure à 10 mSv		> 100	4
	2	> 10	3
		≤ 10	2
Exposition de travailleur(s) à une dose supérieure au quart de la limite réglementaire annuelle ou d'un membre du public à une dose supérieure à la limite de dose annuelle		> 100	3
	1**	> 10	2
		≤ 10	1

* Il convient de sélectionner le classement le plus élevé.

** Lorsqu'une limite de dose est dépassée du fait de l'accumulation d'exposition sur une certaine période temps, l'ASN attribue de manière systématique, pour défaut de culture de sûreté, un classement au niveau 1.



ECHELLE INES

ÉVÉNEMENT	NOMBRE D'INDIVIDUS EXPOSÉS ET CLASSEMENT FINAL		
	CLASSEMENT MINIMAL	NOMBRE D'INDIVIDUS	CLASSEMENT FINAL*
Décès ou dose reçue létale		> 10	6
	4	> 1	5
		1	4
Effet déterministe ou effet déterministe potentiel au regard de la dose reçue		> 10	5
	3	> 1	4
		1	3
Exposition supérieure à 1 Sv ou à 1 Gy		> 100	6
	4	> 10	5
		≤ 10	4

Tableau 1. Procédure pour le classement d'un événement sur la base des expositions ou des conséquences sanitaires liées aux doses reçues

Événement	Nombre d'individus exposés au delà du niveau de référence et classement final		
	Classement minimal	Nombre individus	Classement final *
Décès ou niveau d'exposition où l'on observe des effets létaux (au regard de la dose reçue, Annexe 1)	4	> 10	6
		> 1	5
			4
Effet déterministe ou effet déterministe potentiel (au regard de la dose reçue, Annexe 1)	3	> 10	5
		> 1	4
			3
Exposition > 1 Sv ou > 1 Gy	4	> 100	6
		> 10	5
			4
Exposition > 100 mSv	3	> 100	5
		> 10	4
			3
- Exposition d'1 travailleur > limite réglementaire annuelle **	2	> 100	4
		> 10	3
- Exposition d'1 membre du public > 10 mSv **			2
- Exposition d'1 travailleur > 1/4 d'une limite réglementaire annuelle **	1 ***	> 100	3
		> 10	2
- Exposition d'1 membre du public > limite de dose annuelle **			1
* Il convient de sélectionner le classement le plus élevé			
** Exposition reçue lors de l'événement			
*** Lorsqu'une limite de dose est dépassée du fait de l'accumulation d'exposition sur une certaine période de temps, un classement au niveau 1 doit être automatiquement attribué (défaut de culture de sûreté)			



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- **Goiania 1987**
- Forbach 1991
- Yanango 1999
- Cochabamba 2002
- Fleurus 2006
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le 13 septembre 1987, une source blindée au césium 137, fortement radioactive, était extraite d'un appareil de téléthérapie abandonné dans une clinique désaffectée de l'Institut de radiothérapie de Goiânia, capitale de l'Etat de Goiás, au Brésil.

On sait aujourd'hui qu'un institut privé de radiothérapie de Goiânia — F Institute Goiano de Radioterapia — a emménagé dans de nouveaux locaux, emportant avec lui un appareil de téléthérapie au cobalt 60 et **laissant sur place** un appareil au césium 137 sans en aviser le service qui lui avait délivré le permis d'exploitation des appareils, comme il était tenu de le faire.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les locaux abandonnés ont ensuite été partiellement démolis, de sorte que l'appareil abandonné est resté sans aucune protection. Quelque temps après, en septembre 1987, deux inconnus ont pénétré dans ces locaux désaffectés; tout en ignorant ce dont il s'agissait, ils ont pensé qu'ils pourraient tirer quelque argent de l'appareil **en le vendant comme ferraille.**

Ils ont donc enlevé la source de la tête d'irradiation et l'ont emmenée chez eux pour la démonter.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le 13 septembre 1987, une source blindée au césium 137, fortement radioactive, est donc extraite de l'appareil de téléthérapie abandonné.

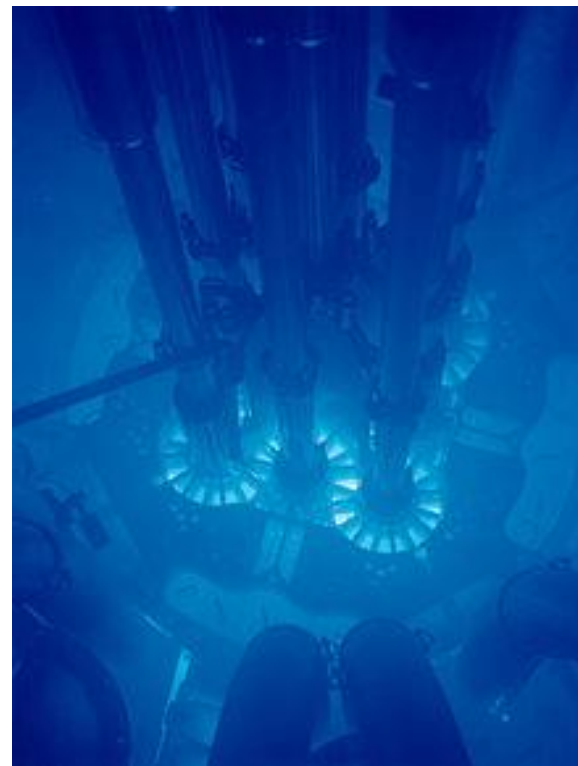
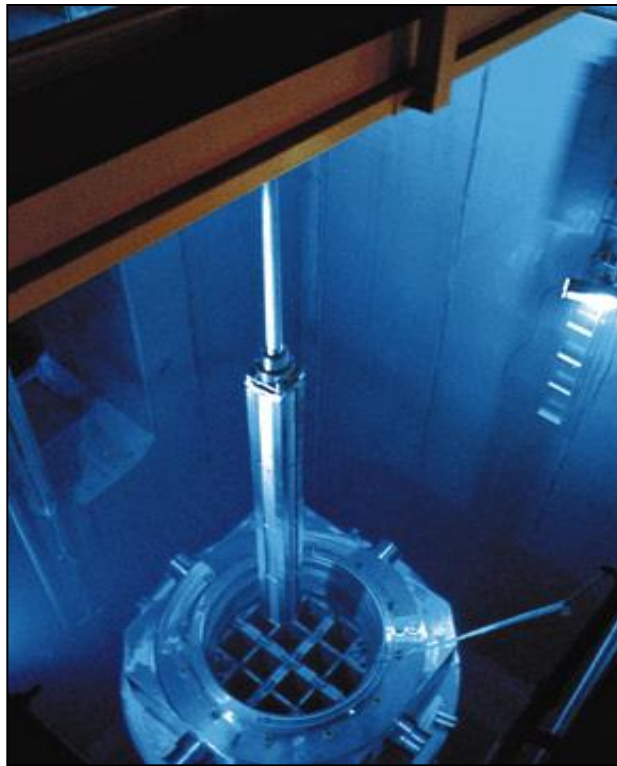
Le 18 septembre, la source, dont l'écran protecteur avait été brisé, est vendue à un marchand de ferraille.

Après la rupture de la capsule, les restes du support de la source ont été vendus à un ferrailleur qui remarqua que, dans l'obscurité, l'objet luisait d'une lumière bleutée. Pendant un certain temps, des amis et des membres de sa famille vinrent lui rendre visite pour contempler ce phénomène insolite.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Luminescence bleue d'origine radiologique
= Effet Cerenkov



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Luminescence bleue : Effet Cerenkov

L'effet Vavilov-Tcherenkov est un phénomène similaire à une onde de choc, produisant un flash de lumière lorsqu'une particule chargée (plutôt un électron qui est proche des vitesses relativistes) se déplace dans un milieu diélectrique avec une vitesse supérieure à la vitesse de la lumière dans ce milieu (la vitesse de la lumière dans le vide étant toujours supérieure à celle de la particule). **L'électron va, cette fois plus vite que la vitesse de la lumière dans l'eau.**

C'est notamment cet effet qui provoque la luminosité bleue de l'eau entourant le cœur d'un réacteur nucléaire.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

De petits fragments de ce qui avait été la source, de la taille d'un grain de riz, furent ainsi distribués à plusieurs familles. Ce manège dura cinq jours, mais chez plusieurs personnes apparurent bientôt des symptômes de troubles gastro-intestinaux dus évidemment à leur exposition aux rayonnements.

Le 21 septembre, un bon nombre de personnes ont été directement irradiées et contaminées extérieurement et intérieurement. Plusieurs d'entre elles sont tombées malades et ont consulté des médecins de la ville.

La poudre brillante aurait pu servir pour le carnaval...
Il fallait essayer.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le 28 septembre, l'un d'entre eux a identifié les symptômes caractéristiques d'une surexposition à des rayonnements. Un physicien, prévenu dès le lendemain, a détecté une forte radioactivité et a notifié sans attendre les autorités sanitaires de Goiâs, lesquelles se sont mises en rapport avec la Commission nationale de l'énergie nucléaire du Brésil (CNEN).

Les autorités de l'Etat ont fait évacuer les zones contaminées et ont commencé à rechercher les personnes qui avaient pu subir une forte exposition..



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Dès que l'on sut qu'il s'agissait d'un accident grave, des spécialistes, notamment des physiciens et des médecins, ont été envoyés sur les lieux depuis Rio de Janeiro, São Paulo et Goiânia. Une fois sur place, ils se sont rendus au stade où était installé le centre provisoire de contrôle radiologique. Le dépistage a commencé et 20 personnes ont été envoyées à l'hôpital.

Quatre des patients sont décédés après quatre semaines d'hospitalisation. L'autopsie a révélé des hémorragies et des complications septiques associées au syndrome d'irradiation aiguë. La meilleure évaluation indépendante de la dose de rayonnement à l'organisme entier de ces quatre victimes, obtenue par analyse cytogénétique, se situait entre 4,5 et plus de 6 grays (Gy).



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Vingt-huit autres ont été gravement contaminées. Au cours des deux mois qui ont suivi, plus de **112 000 personnes** ont été examinées dans un centre de contrôle radiologique improvisé dans un stade. Il a fallu procéder à la décontamination de beaucoup d'entre elles.

Lorsque l'on eut compris toute la gravité de la situation, on s'empessa de délimiter les zones gravement contaminées et d'en interdire l'accès, ce qui fut fait en une journée. Les foyers de radioactivité les plus intenses ont été considérablement réduits par des écrans de protection mis en place autour des zones affectées. Deux semaines plus tard, toutes les zones contaminées avaient été repérées et isolées, et le nettoyage commençait.

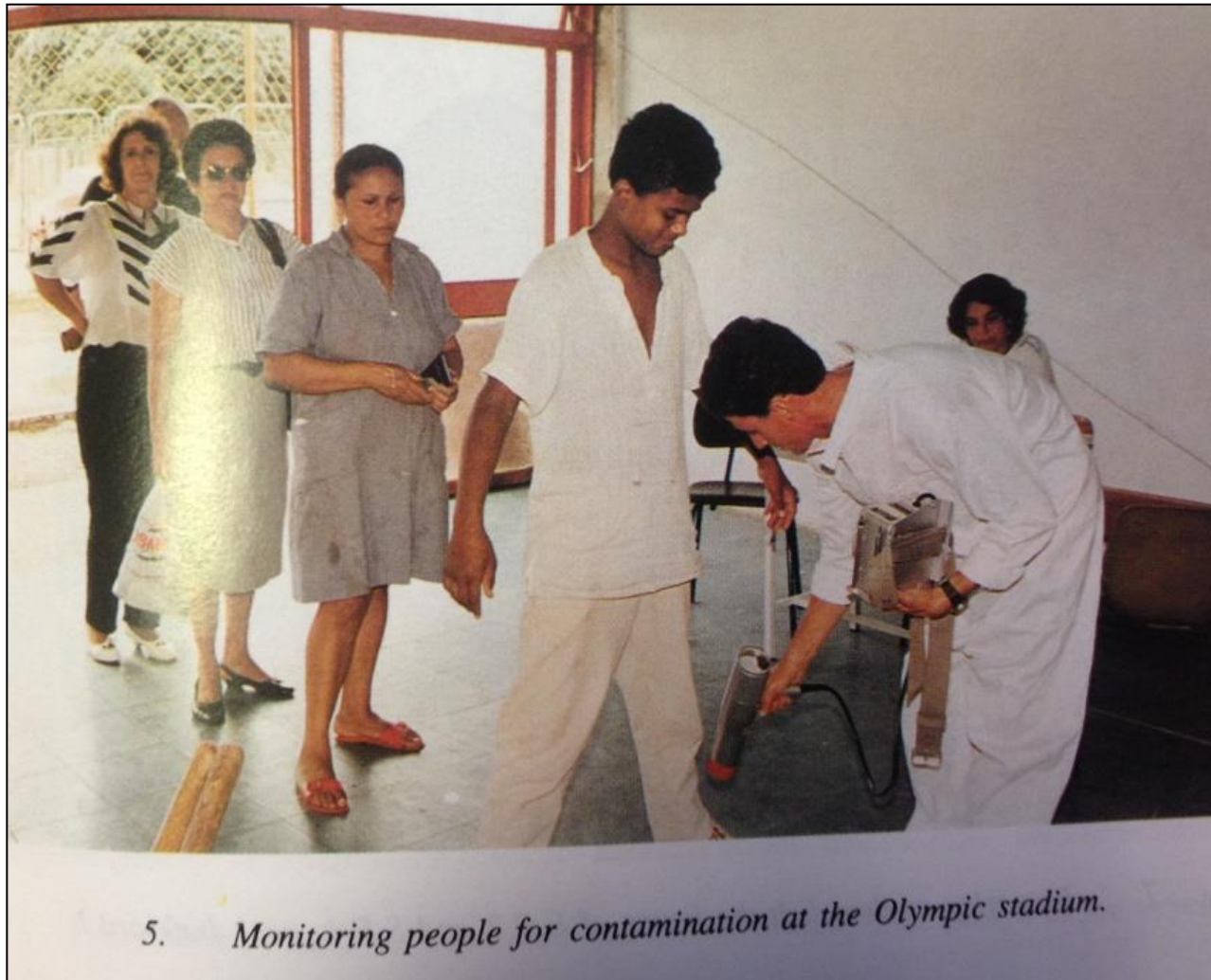


ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



*Photos et commentaires extraits du document AIEA concernant cet accident:
« The radiological Accident in Goiania, IAEA, Vienna, 1988 – Pub 815 »*

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

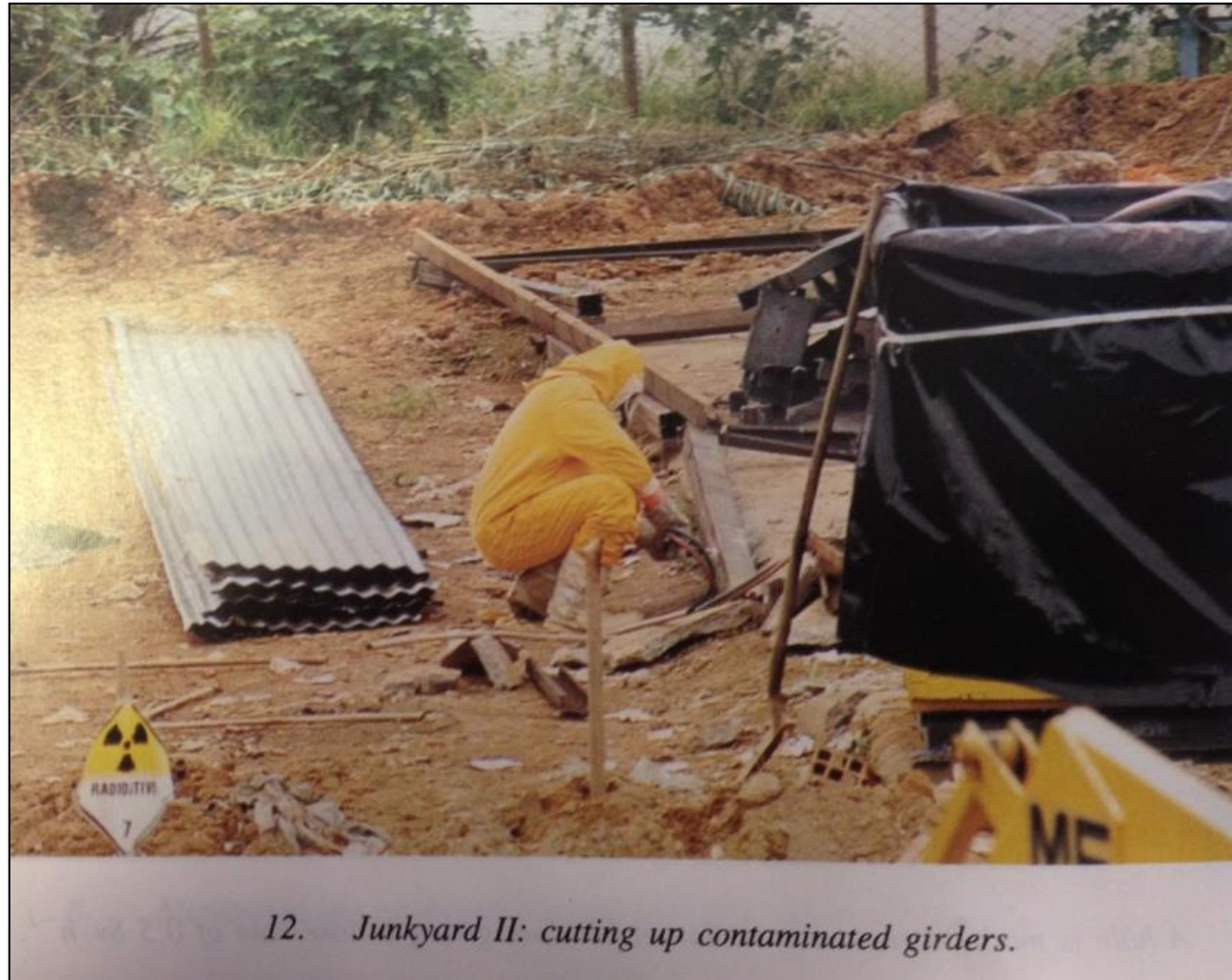


ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



13. Contaminated rubble from the demolition of R.A.'s house on 57th Street.

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les premiers contrôles radiologiques ont été faits à pied dans ces zones contaminées. Plusieurs foyers principaux ont été repérés aux alentours des dépôts de ferraille; des débits de dose jusqu'à **1 sievert/heure** à un mètre de distance ont été relevés en plusieurs points.

Une reconnaissance aérienne par un hélicoptère spécialement équipé a permis de s'assurer qu'aucune zone importante de contamination n'avait échappé à la détection. En deux jours, toute l'agglomération urbaine de Goiânia — plus de 67 km² — a été passée au crible.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'extension des sept foyers principaux a été confirmée et on n'a découvert qu'une seule zone qui avait échappé aux contrôles précédents, où l'on a relevé un débit de dose de quelque 20 millisieverts (mSv) par heure à un mètre.

Vers la fin d'octobre, on a entrepris d'évacuer les déchets des principales opérations de décontamination vers un site choisi par l'Etat de Goiás, à une vingtaine de kilomètres de Goiânia.

A la mi-décembre, les restrictions imposées aux principales zones contaminées de la ville avaient été levées. Plus de 3000 m³ de déchets ont été déposés sur le site prévu.

Aujourd'hui d'autres personnes sont décédées (à confirmer).



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident de GOIANIA

a été classé au **niveau 6** de

l'échelle INES



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- Goiania 1987
- **Forbach 1991**
- Yanango 1999
- Cochabamba 2002
- Fleurus 2006
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Auteur de l'article et de l'analyse : Jean-Claude ZERBIB
(ancien responsable du groupe radioprotection des accélérateurs du CEA saclay)

La Société Ionest avait pour objectif la stérilisation, par irradiation au moyen d'un faisceau d'électrons d'énergie comprise entre 1,6 et 2,5 millions d'électronvolts (MeV), de produits pharmaceutiques, de matériels chirurgicaux et de divers autres produits.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'entreprise, EBS vise un marché important où la concurrence est faible : le traitement, par ionisation, de granulés ou de copeaux de téflon en provenance de Hollande.

Le polytétrafluoroéthylène commercialement dénommé "téflon", irradié à très fortes doses se dépolymérise et devient cassant. Il peut alors être broyé finement. La poudre "micronisée" ainsi obtenue est utilisée pour réaliser du téflon pour constituer la matière de bombes d'aérosols.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les débits de dose délivrés par ce type d'appareil se mesurent en millions de rads par seconde.

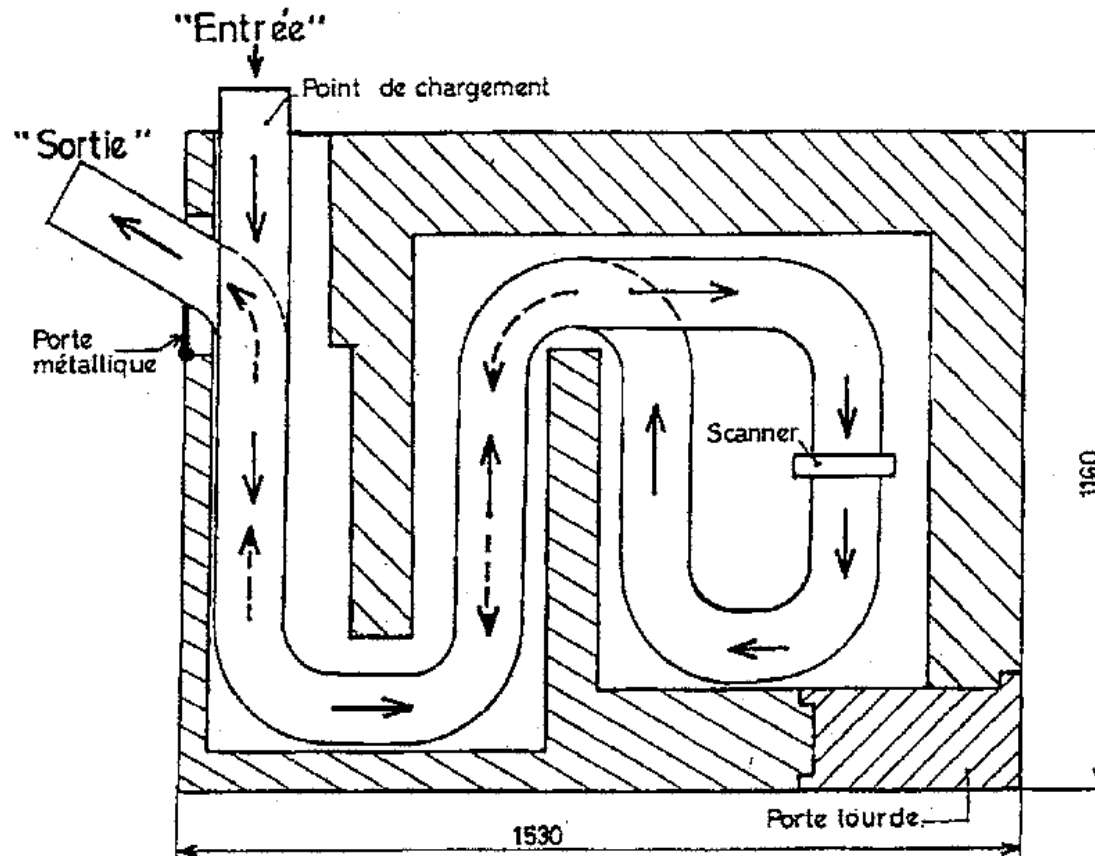
**L'appareil d'EBS délivrait
80 000 grays par seconde.**

Irradiation accidentelle grave de trois personnes.
Le 13 août 1991, M. Leroy Daniel pénètre, par la sortie du convoyeur, dans la salle d'irradiation afin de rafistoler une gaine de ventilation en aluminium qui court à même le sol sous le convoyeur. A l'aplomb du scanner, ce tube a pris des doses très importantes et il est fragilisé.



CONCEPTION DE L'INSTALLATION

Les tentatives de restauration, au moyen de ruban adhésif, effectuées par M. Leroy sont difficiles car la gaine cède même sous une légère pression des doigts.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Au bout d'un quart d'heure environ d'essais infructueux, le Chef d'Equipe, Biès Jean-Marc, envoie M. Nespola Giovanni pour aider son collègue. Il intervient à son tour, environ 1/4 d'heure. Compte tenu de la localisation du dommage de la gaine d'aluminium, Leroy et Nespola se situent de part et d'autre du scanner et passent à plusieurs reprises les mains, les avant-bras, la tête, le dos, sous le scanner.

Etant accroupi, M. Leroy a eu également une exposition des jambes. M. Biès a dirigé une partie des opérations en prenant plusieurs positions par rapport au scanner. Il aide également ses deux collègues et passe, comme eux, les mains et avant-bras sous le scanner, ce qui lui occasionnera des brûlures radiologiques..



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les conditions de l'accident:

Pour un accélérateur, il existe deux conditions importantes à respecter en matière de sécurité. Elles consistent à :

- Interdire la mise sous faisceau d'une salle d'irradiation tant que son évacuation n'est pas assurée,
- Arrêter l'installation en cas d'intrusion d'une personne dans la salle où un faisceau de particules est émis.

Ces dispositions sont réalisées au moyen d'une "chaîne de sécurité" qui consiste en un ensemble de dispositifs (clés, "rondiers", arrêts d'urgence, "fins de course", etc.) que l'on va placer dans une position particulière suivant une séquence définie et dans un délai inférieur à un temps préalablement fixé, (afin d'éviter l'entrée incontrôlée d'une personne durant la phase d'évacuation).



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Ainsi, à EBS, lorsque l'accélérateur doit être mis en marche, l'opérateur effectue un parcours obligé qui le conduit à activer un "rondier" qui témoigne de son passage, à fermer des portes munies de "fins de course" (switchs) ou d'un système optique, avant de pouvoir passer la clé de commande du pupitre de la position "off" (arrêt) à la position "control on" qui permet ensuite de passer sans contrainte de temps en phase active.

Le parcours doit s'effectuer en moins de trois minutes sous peine d'être repris à sa phase initiale.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accélérateur est ensuite placé sous tension en passant en position "High Voltage". Puis le faisceau est délivré en tournant la clé sur "Beam Current". Le courant s'établit progressivement jusqu'à la valeur choisie.

Les conditions habituelles de travail, depuis la réduction à 4 bars de la pression du SF6 dans la cuve, étaient les suivantes:

Haute Tension = 1,7 million de volts Intensité = 16 mA



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'arrêt complet de l'appareil (retour en position "off" qui, seule, autorise à accéder en toute sécurité dans la salle d'irradiation) conduit à un arrêt programmé de l'installation d'une durée de **15 à 45 minutes**.

Aussi, afin d'éviter cette procédure pénalisante, l'habitude a été prise de placer la clé de commande en position "high voltage" et de pénétrer dans l'irradiateur en passant par la sortie du convoyeur où un espace d'un mètre de haut environ était aménagé. **Dans cette position, l'alimentation du filament de tungstène - source d'électrons - est coupée mais la haute tension accélératrice est maintenue.**



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le courant qui traverse alors l'accélérateur est très faible. Il se dénomme **courant "sombre" ou "résiduel"** (ou également "effet de cathode froide").

Partant du débit de dose en fonctionnement normal, une réduction d'un facteur un million laisse encore subsister des débits de dose voisins de **0,1 gray par seconde (10 rads par seconde)** débits encore énormes et devant interdire tout accès au local.

Même s'il est évalué de manière grossière, le temps d'exposition de M. Leroy (30 minutes, soit 1 800 secondes) par exemple, montre que la dose "peau" de 40 sieverts (4 000 rems à l'époque) accusée par son film dosimètre est explicable.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Pour pénétrer physiquement dans l'enceinte de l'irradiateur, il existe théoriquement trois possibilités : la grande porte blindée principale (munie de switchs incorporés dans la chaîne de sécurité), la porte métallique placée en bout de chicane du convoyeur (également munie de switchs), le dessus du convoyeur côté "sortie" (côté "entrée" le passage très étroit ne peut être franchi).

En ouvrant la grande porte ou la porte métallique qui jouxte la "sortie" du convoyeur (voir plan), la "chaîne de sécurité" est rompue et arrête, si ce n'est déjà fait, l'installation. Il est alors nécessaire d'attendre **15 minutes** avant de pouvoir relancer la séquence de démarrage (temps nécessaire à l'évacuation de l'ozone produit par l'ionisation de l'air).



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Seul, le dessus du convoyeur ne dispose pas de détecteur d'intrusion.

Aussi l'examen des divers procès-verbaux d'audition montre qu'il était habituel de placer la clé du pupitre de commande sur "high voltage" et de pénétrer dans l'enceinte de l'irradiateur par la "sortie" du convoyeur:

Notons, en fait, que la porte métallique, intégrée dans la chaîne de sécurité, n'était pas munie de verrou. Dans un premier temps, le seul moyen de la maintenir fermée fut une caisse à outils remplacée plus tard par... **un balai.** (D 206)

La rusticité des moyens utilisés, pour maintenir en position fermée, une porte dont les contacteurs sont incorporés dans la chaîne de sécurité de l'irradiateur est particulièrement surprenante.



LES DOSES RECUES EN mGy

	Juillet 1991		Août 1991	
Nom	Exposition peau	Exposition organisme entier	Exposition peau	Exposition organisme entier
Leroy			40 000	1 000
Nespola			9 000	250
Biès		150	150	5 000 ?



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- **Sur le plan de la radioprotection, cette installation reprise le 1^{er} juillet 1991, après la faillite de la société lonest précédemment propriétaire de cet accélérateur, présentait de nombreux manquements:**
 - **pas de contrôle par un organisme agréé avant première utilisation, problèmes relationnels avec l'APAVE**
 - **formation sommaire du contremaître et pas de formation du tout pour les deux autres agents**
 - **recours à du personnel intérimaire sans qualification et sans formation**
 - **méconnaissance du fonctionnement de l'installation, ignorance de la présence de rayonnements résiduels**



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Suites de cet accident:

- Le 29 juin 1993, soit deux ans après l'accident, le responsable de l'installation a été condamné à 1an de prison dont 6 mois fermes, le PDG à 1an avec sursis et l'administrateur à 6 mois avec sursis.
- Les deux intérimaires ont été victimes de graves brulures qui ont nécessité des soins très lourds, notamment des greffes de peau avec des séjours en chambre stérile pour différentes interventions. L'un d'eux est décédé au début des années 2000.
- Cet accident a été très largement commenté dans la presse à cette époque.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



Giovanni Nespola et Daniel Leroy, venu «montrer les ravages de l'irradiation».

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le Monde, 26/3/07:

L'irradié de Forbach est mort

Daniel Leroy s'est éteint, à 42 ans, samedi 24 mars, à son domicile de Behren-lès-Forbach (Moselle). Le 12 août 1991, ce jeune ouvrier intérimaire avait été gravement brûlé par des rayonnements ionisants après avoir pénétré dans un accélérateur de particules de la société Electron Bean Service (EBS), pour y accomplir des travaux de maintenance. Plongé dans un coma artificiel, cantonné durant des mois en chambre stérile, sa vie n'avait plus été qu'un long combat contre les radiations.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

"Une vie de souffrance rythmée par les opérations, les greffes et les amputations, sans espoir de guérison", témoigne son épouse, Ernestine. Daniel Leroy avait mis des années avant d'obtenir de la justice une rente à vie et des dommages et intérêts. Le 17 février 1994, la cour d'appel de Metz avait condamné le directeur et le PDG d'EBS à un an d'emprisonnement, dont onze mois avec sursis, pour "coups et blessures involontaires". A l'audience, l'avocat général avait pointé "une somme considérable d'incompétences, d'insuffisances et d'indifférence".



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident de FORBACH
a été classé au **niveau 3** de
l'échelle INES

Ce classement est
controversé vers un niveau 4



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- Goiania 1987
- Forbach 1991
- **Yanango 1999**
- Cochabamba 2002
- Fleurus 2006
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Radiographie sur la tuyauterie d'une usine hydroélectrique: vérification des soudures

Source : ^{192}Ir

Activité le jour de l'accident, le 20 Février 1999: 1370 GBq
(40 Ci)



Photo 2. Source pigtail connected to drive cable.

*Photos et commentaires extraits du document AIEA concernant cet accident:
IAEA Books – The Radiological accident in Yanango*

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Entre 11 h 30 et 16 h perte de la source

Le soudeur **ne connaissant rien à la radioactivité** la trouve à **16 h** et la met dans la poche arrière de son jean.

Il la gardera jusqu'à **22 h 30** moment où il rentre chez lui. Il sent une douleur derrière, sur le haut de la cuisse. Il pose son pantalon sur une chaise.

Sa femme s'assied sur la chaise 5 minutes.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le poids des mots:

Les doses calculées **en GRAY** par les médecins péruviens ont donné les résultats suivants :

peau (1cm) :	10000
tissus mous (2 cm) :	2500
tissus mous (5 cm) :	400
fémur et artère fémorale (7 cm) :	140
gonades (18 cm) :	23
rectum (20 cm) :	18



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les traitements médicaux ont été entamés le lendemain.

Grande variation du taux de lymphocytes selon le produit administré. Incompréhension du phénomène

Évolution des lésions

traitement au Pérou de février jusqu'au 28 mai.

Arrivée pour traitement à l'hôpital Percy à partir d'octobre.

Décès du patient (jamais officiellement annoncé).



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le choc des photos:

ÂMES SENSIBLES S'ABSTENIR

Rendez vous au slide 62



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



21 février 1999



23 février 1999

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



1er mars 1999



15 mars 1999



19 mars 1999

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



3 mai 1999



18 octobre 1999



14 décembre 1999

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



28 avril 2000



18 mars 1999



18 octobre 1999

femme du soudeur

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident de YANANGO
a été classé au **niveau 3** de
l'échelle INES

Ce classement est
controversé vers un niveau 4



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- Goiania 1987
- Forbach 1991
- Yanango 1999
- **Cochabamba 2002**
- Fleurus 2006
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

En avril 2002 un accident radiologique impliquant une source de gammagraphie (radiographie industrielle) a eu lieu à Cochabamba à environ 400 km de la capitale La Paz.

Un container défectueux a été renvoyé à la direction de l'entreprise à La Paz en même temps avec les autres équipements, par bus. Ce bus avait à son bord des passagers (personnes du public).

Cela a donné un risque potentiel très important d'exposition non seulement des passagers, mais aussi des employés de l'entreprise chargés du transport de la source.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'activité est de 0,67 TBq (670 GBq).

A 9 h 30 le travailleur n° 1 récupère le conteneur et commence le travail seul. Il ne porte pas son dosimètre (comme il le devrait). La seule fois où il utilisera un radiamètre sera au tout début de son travail lors de la première exposition. Entre 10 et 11 h 30 il fait 10 clichés.

Il n'utilise pas le radiamètre pour vérifier que la source a bien réintégré la position de sécurité entre chaque cliché.

A ce moment là il déconnecte le câble d'accroche.

En fait la source n'a jamais été connectée. Mais quand le câble pousse la source, elle va en position d'irradiation. Une fois à cette place, elle ne peut plus revenir.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

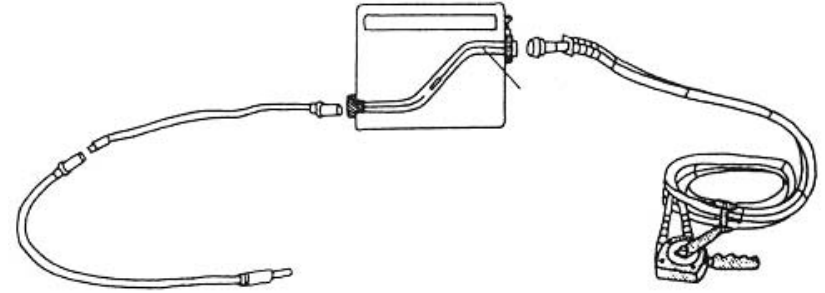


FIG. 4. Male connector on the drive cable (on the right) and female connector on the source pigtail.

Photos et commentaires extraits du document AIEA concernant cet accident:
« The radiological Accident in Cochabamba, IAEA- Pub 1199 »



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Au moment où il déconnecte le câble pousseur (là où il y a la manivelle), il devrait voir le point d'attache (photo en couleur au-dessus) du porte source. Comme il a travaillé dans un environnement assez sale (terre, sable) il ne fait pas attention et pense que la source est quand même bien rentrée dans le conteneur.

Mais il n'utilise toujours pas son radiamètre.

Il appelle quand même le siège de l'entreprise pour lui faire part de ses interrogations. Avec la direction ils décident de rapatrier la source et les équipements (câble pousseur et gaine porte source) par le bus.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



FIG. 10. Industrial radiography equipment prepared for transport in the bus.

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Il conditionne le colis pour le mettre dans le bus. Entre 13 h 15 et 13 h 30 il met le colis dans les bagages à charger. Ce sont des employés (pas identifiés) de la compagnie de bus qui chargent le colis en soute.

Le plan suivant donne la disposition des passagers et des colis dans le bus.

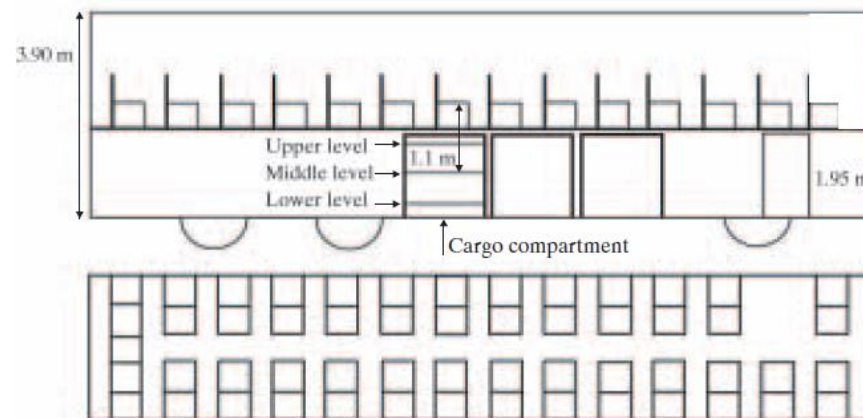


FIG. 11. Plan and elevation views of the bus in which the radiography equipment was transported.

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

33 passagers vont faire un voyage de huit heures jusqu'à La Paz, depuis Cochabamba. 22 personnes montent dans le bus 30 minutes plus tard à Quillacollo.

Le jour suivant le dimanche 14 avril à 10 h à la Paz deux employés de la société de gammagraphie viennent récupérer le colis à bord du bus. Mais la colis étant nominatif, les deux personnes ne sont pas autorisés à la retirer. C'est l'autre employé qui était sur le chantier qui revient à 14 heures avec le superviseur.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

C'est une fois rentré à la société et dans le bunker d'irradiation qu'ils constatent (ils sont 3) l'incident en utilisant le radiamètre. Celui-ci déclenche une alarme au contact de la gaine porte source qui devrait être vide !!

L'autorité de contrôle bolivienne est immédiatement prévenue. Entre mai et juin une tentative de reconstitution d'accident est en cours avec l'aide de l'Argentine.

La société de gammagraphie est, bien entendu suspendue temporairement.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les doses reçues

Pour le travailleur n° 1 (sur le chantier): 0,92 Gy

Pour les travailleurs n° 2 et n° 3 (au moment de la récupération du matériel dans le bunker) : 0,83 Gy

Pour le superviseur (idem) : 0,83 Gy

Vous remarquez au passage que les valeurs dans le cas d'une situation accidentelle sont données en gray et pas en sievert !

Valeurs confirmées par une analyse cytogénétique puisque tout le monde avait soigneusement omis de porter un dosimètre.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les doses reçues

Pour les passagers du bus les estimations donnent les valeurs suivantes :

TABLE 5. ESTIMATES BY IBTEN OF DOSES (Gy) TO THE PASSENGERS IN THE BUS

Seat numbers	High	Medium	Low
1-4	0.02	0.02	0.02
5-6	0.03	0.03	0.03
7-10	0.04	0.04	0.04
11-14	0.07	0.07	0.06
15-18	0.14	0.12	0.09
19-22	0.38	0.24	0.16
23-26	1.64	0.52	0.24
27-30	2.77	0.52	0.24
31-34	2.29	0.52	0.23
35-38	0.52	0.29	0.17
39-42	0.17	0.14	0.11
43-46	0.09	0.08	0.07
47-50	0.05	0.05	0.04
51-55	0.03	0.03	0.03



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Ce sont les passagers de sièges 27 à 30 qui ont apparemment reçu le plus de doses (2,77 Gy).

Pour les travailleurs des prélèvements sanguins ont commencé 5 jours après l'accident.

C'est une campagne de presse (journaux, radio, télévision) entre le 7 et le 21 juin qui est lancée pour retrouver les passagers du bus et le chauffeur de taxi qui a emmené la source du bus au siège de la société.

Ce sont 30 passagers du bus que l'on a identifié par leur nom et en fait 15 d'entre eux sont retrouvés de manière individuelle.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



FIG. 18. Reconstruction by the IAEA of the circumstances of the accident. In the foreground is the radiography equipment with its guide tube unwound up to the cargo compartment of the bus.

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Conclusion

Au final les doses reçues par les travailleurs se sont révélées être de l'ordre de 0,2 Gy au maximum tout comme le passager le plus exposé. En fait la dose pour ces derniers a diminué avec la distance assez rapidement et en fonction des autres bagages positionnés dans la soute du bus.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les leçons à tirer

Le principal enseignement après les accidents d'exposition en gammagraphie et qu'il est impératif pour les « radiologues » (opérateurs de gammagraphie) de vérifier que la source a réintégré le conteneur en position de sécurité en faisant une mesure de débit de dose au niveau de l'appareil.

La responsabilité première de ce genre d'incident incombe aux personnels qui ne respectent pas la réglementation.

Il est également IMPERATIF d'utiliser les dosimètres et les radiamètres dès que l'activité commence.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident de COCHABAMBA

a été classé au **niveau 3** de

l'échelle INES

Ce classement est

controversé vers un niveau 4

En raison du nombre de personnes exposées



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- Goiania 1987
- Forbach 1991
- Yanango 1999
- Cochabamba 2002
- **Fleurus 2006**
- Epinal 1987-2007



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

ACCIDENT D'EXPOSITION DE FLEURUS **Analyse par AFCN**
11 MARS 2006 (mauvaise date le 11 mars !)

STERIGENICS à Fleurus est une entreprise de stérilisation de matériel médical et de denrées alimentaires

Cet établissement comprend deux irradiateurs utilisant les rayonnements gamma émis par des sources radioactives de cobalt 60 (Co-60). L'irradiateur GMMIR I ($74 \cdot 10^{15}$ Bq) procède par irradiation continue, l'irradiateur GMMIR II ($30 \cdot 10^{15}$ Bq) procède par contre par irradiation en batch.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les sources radioactives de Co-60 sont contenues dans des cellules d'irradiation dont les parois en béton ont une épaisseur de 2 mètres, formant le blindage contre les radiations pendant le fonctionnement de l'irradiateur.

Pendant une irradiation, les portes d'accès à la cellule sont fermées et verrouillées. Personne ne peut entrer dans la cellule.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Lorsqu'aucune production n'est en cours, ces sources sont stockées en position basse dans une piscine d'eau d'une profondeur de 5 à 6 mètres. L'eau assure un écran biologique contre les rayonnements, permettant aux opérateurs d'entrer dans la cellule afin d'effectuer des travaux d'entretien ou d'exécuter des interventions nécessaires.

Un détecteur de radiations, placé à l'intérieur du bunker, indique qu'il n'existe pas de rayonnement à l'intérieur du bunker afin de garantir la sûreté de l'opérateur qui entre.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le 11 mars, un opérateur de garde (qui est chez lui et qui est le technicien le plus expérimenté de la société) est appelé sur place par un jeune collègue pour une alarme au niveau des détecteurs de radioactivité à l'extérieur de la cellule de l'irradiateur GAMMIR II alors qu'aucune production n'est en cours. Il acquitte ces alarmes et ne constate rien d'anormal.

La porte en plomb est ouverte et la procédure de sûreté prévoit que, préalablement à la fermeture de cette porte, une vérification de l'absence de personnel dans la cellule soit effectuée.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

A cette fin, l'opérateur pénètre jusqu'au fond de la cellule d'irradiation et appuie sur un bouton qui valide ce contrôle. Une fois l'opération terminée, il sort de la cellule et referme la porte.

Comme il est « expérimenté » il ne prend ni radiamètre ni dosimètre avec lui.

La règle voudrait pourtant que l'on fasse une mesure préalable.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Quelques temps plus tard, cet opérateur est pris de nausées et de vomissements mais ne fait pas de relations avec son intervention dans la cellule d'irradiation. Son médecin traitant considérera d'ailleurs qu'il est sujet à un problème digestif.

Environ trois semaines plus tard, il se plaint auprès de son médecin du travail d'une perte de cheveux.

Excellente réaction de ce dernier qui soupçonne une irradiation. Le bilan sanguin effectué immédiatement indique alors une forte suspicion d'irradiation avec une dose de rayonnement qui pourrait s'élever jusqu'à 4 Gy.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le 31 mars 2006, l'opérateur est transféré dans un hôpital français spécialisé dans le traitement des personnes irradiées (l'hôpital PERCY à Clamart). A ce jour, une irradiation sur tout le corps est confirmée et la dose reçue par l'opérateur est évaluée **entre 4,4 Gy et 4,8 Gy**.

Rappel DL 50 = 4,5 Gy



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

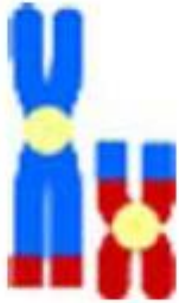


Schéma d'une translocation

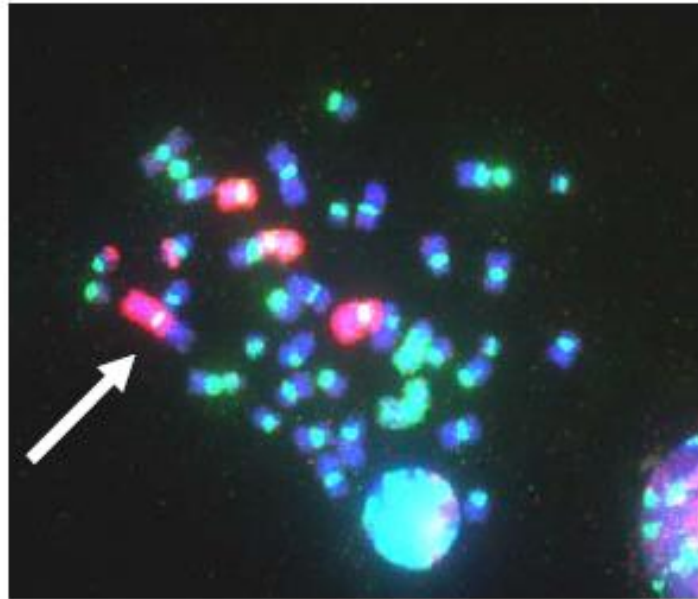


Figure 7: Schéma d'une translocation chromosomique à gauche et image de translocations à droite détectées par marquage fluorescent des chromosomes (Chromosome doublement coloré rose et bleu - flèche)

Exemple d'analyse biologique car l'opérateur ne portait pas de dosimètre (système de mesure individuel).

Photos: IRSN

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Au cours de l'enquête, il est apparu que 4 autres opérateurs se sont trouvés sur le site au moment du déclenchement des alarmes des détecteurs extérieurs.

La vérification des dosimètres de ces personnes ne montre pas d'exposition anormale. Ces 4 opérateurs ont fait néanmoins l'objet d'une analyse sanguine. Aucune anomalie n'a été révélée ce qui permet de conclure que ces opérateurs n'ont pas été soumis à un rayonnement important. Afin d'être complètement rassurés sur leur état de santé, un bilan chromosomique est en cours de réalisation. Les conclusions définitives ont été connues au mois d'avril.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'enquête de terrain menée par l'AFCN n'a pas donné d'éléments supplémentaires pouvant conclure à l'exposition accidentelle de ces personnes.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'hypothèse principale concernant l'origine de l'accident est **une défaillance du système de contrôle-commande hydraulique** ayant provoqué des mouvements oscillatoires et intempestifs de la source radioactive dans la cellule GAMMIR II, l'amenant donc à quitter sa position la plus basse dans la piscine. Ces mouvements pourraient provenir d'interférences entre les systèmes hydrauliques des deux installations GAMMIR I et GAMMIR II.

Les enregistrements informatiques des mouvements de source recueillis par l'AFCN tendent à prouver cette hypothèse. Des experts externes en hydraulique analysent le système hydraulique dans son ensemble.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Après les premières investigations du 31 mars et du 1er avril 2006, l'AFCN a pris la décision de mettre sous scellés la cellule d'irradiation GAMMIR II.

Celle-ci s'est trouvée à l'arrêt. Aucune production n'a pu y être traitée et les différentes portes d'accès à cette cellule ont été scellées.

Les scellés n'ont été levés par un inspecteur nucléaire de l'AFCN qu'à condition qu'après le rapport d'expertise complet qui a permis de déterminer avec précision les causes de l'accident;

Il a été nécessaire de faire des modifications à l'installation afin d'en augmenter la sécurité.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident de FLEURUS
a été classé au **niveau 4** de
l'échelle INES



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Introduction
- Goiania 1987
- Forbach 1991
- Yanango 1999
- Cochabamba 2002
- Fleurus 2006
- **Epinal 1987-2007**



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Cet évènement constitue le plus important accident impliquant les rayonnements ionisants, ayant eu lieu en France.

L'accident : contexte et causes

En mai 2004, le protocole de radiothérapie conformationnelle appliqué aux tumeurs de la prostate a été modifié, afin de se servir plus largement des possibilités du logiciel de dosimétrie en place depuis 2000.

Il passe ainsi de l'utilisation de coins statiques à celle de coins dynamiques. Ce changement suppose de modifier également le paramétrage assurant le calcul d'intensité d'irradiation, ce qui ne sera pas fait pour certains malades.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Ces « coins » statiques ou dynamiques ont pour but de diminuer la dose de rayons reçue par les organes proches de la prostate (rectum, vessie), très sensibles à l'irradiation..

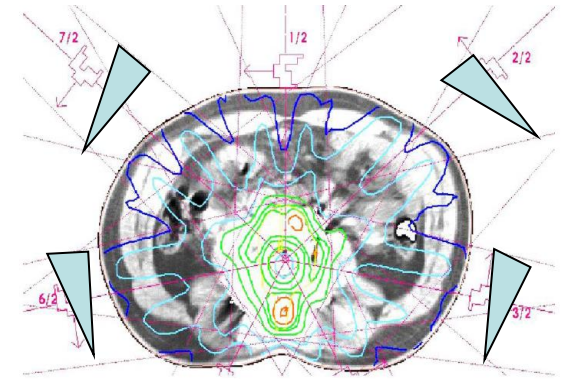
A ce stade, l'erreur aurait pu être corrigée si le calcul indépendant du nombre d'unités moniteurs (UM) et la dosimétrie in vivo, qui permet de vérifier la dose réelle reçue par le malade, avaient été maintenus. Malheureusement ces lignes de défense sont levées, l'utilisation des **coins dynamiques** les rendant inopérantes en l'état.



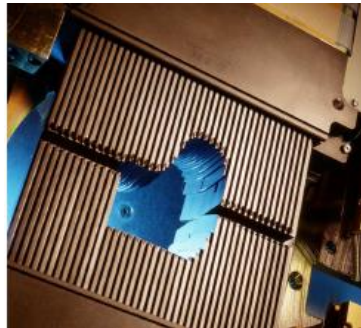
ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Le positionnement des faisceaux :

La définition des accessoires :



Coins statiques : le champ d'irradiation à un point donné est constant durant la durée d'irradiation



Coins dynamiques ou virtuels : le champ d'irradiation à un point donné est variable durant la durée d'irradiation

**Les coins dynamiques sont moins absorbants
que les coins statiques**

ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

La décision n'est pas préparée : la traçabilité des opérations, l'écriture préalable du protocole, l'adaptation à cette nouvelle pratique en amont de la dosimétrie in vivo et du calcul indépendant d'UM n'ont pas été effectuées.

Il faut également noter que très peu d'installations existent en France à ce moment-là (4).

Le radiophysicien est également assez isolé et ne fait pas appel à d'autres compétences.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les manipulateurs ne disposent d'aucun guide d'utilisation en français adapté à leur pratique quotidienne.

Ils n'ont pas été formés correctement à la modification effectuée : deux démonstrations individuelles ont été faites à deux manipulateurs, l'une exacte, l'autre entachée d'erreur.

Ceux-ci ont transmis l'information, l'un à deux, l'autre à trois collègues, qui ont à leur tour reproduit fidèlement ce qu'ils avaient appris. La responsabilité des manipulateurs n'est donc pas en cause.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

La période pendant laquelle a eu lieu le surdosage des 23 malades, se situe entre le 6 mai 2004 et le 1er août 2005. Après cette date, un nouveau logiciel de dosimétrie remplace définitivement l'ancien, dont l'ergonomie ne permettait pas d'empêcher ce type d'erreur.

La prise de conscience de l'accident

Pour les malades, la période d'irradiation (qui dure entre 5 et 8 semaines) se passe de façon habituelle, mais les premiers symptômes du surdosage apparaissent, chez les premiers d'entre eux, à partir de janvier 2005.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Au fur et à mesure de l'apparition des premiers signes, les patients consultent leur médecin généraliste, qui les adresse à un gastro-entérologue.

L'endoscopie révèle l'existence d'une rectite radique, qui va en s'aggravant. A partir de mai 2005, cinq malades sont porteurs de lésions sévères ; en juin 2005, ils sont sept, et se retrouvent à dix en août 2005.

L'information et le suivi médical des malades

A la suite de la réunion, sept malades vont être informés du surdosage, lors de plusieurs entretiens avec la directrice de l'hôpital qui se tiendront au cours du dernier trimestre de l'année 2005.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Entre septembre 2005 et septembre 2006, quatre patients sont morts. Dix malades au moins présentent une complication radiologique sévère, avec des symptômes à type de douleurs intenses, écoulements, hémorragies nécessitant des transfusions répétées, fistules pour la plupart, difficulté ou impossibilité à rester assis, se déplacer, dormir.

Ces patients souffrent d'une altération de l'état général, de dépression, et présentent parfois un amaigrissement. Ils sont porteurs de colostomie et d'urétérostomie, et ont besoin en permanence de poches, sondes et cathéters. Neuf malades ont une atteinte modérée et peuvent mener une vie, sinon normale, du moins compatible avec une certaine activité.

Aucun malade n'est indemne



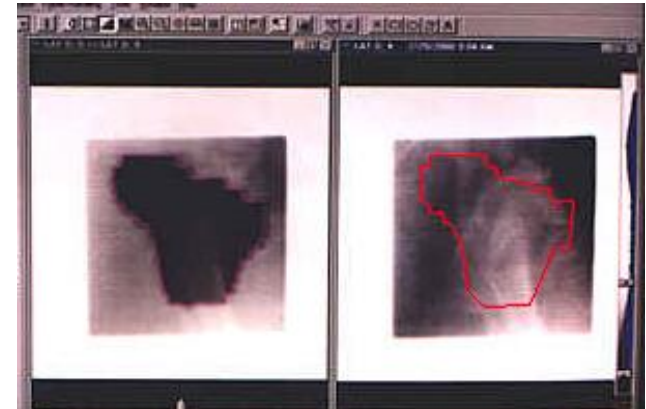
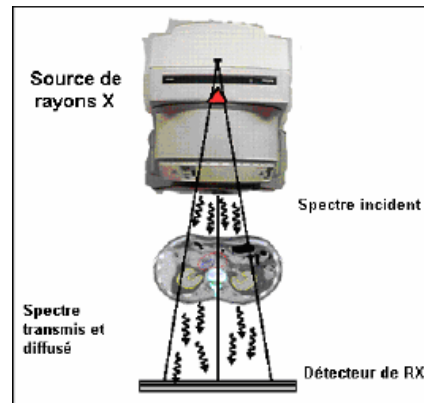
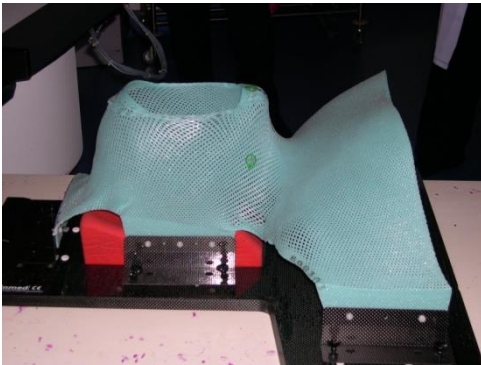
LA PLANIFICATION DU TRAITEMENT

Transfert informatique ou manuel des paramètres de planification vers la console de traitement

L'accélérateur



Positionnement du malade



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les autres malades porteurs de complications radiques

Les plaintes en effet ne sont pas limitées au seul accident. L'enquête de la mission auprès de gastro-entérologues a également retrouvé une liste de 44 autres personnes atteintes de rectite radique après radiothérapie conformationnelle de la prostate, s'ajoutant à celle des 23 malades surdosés.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Nouveaux cas de surexposition découverts en 2008

L'ASN a été ainsi informée le 16 janvier d'un cas concernant une patiente traitée en 1998 pour un cancer du sein, puis en 2003 pour une métastase osseuse dorsale. La superposition des champs d'irradiation lors des deux traitements aurait conduit à une surexposition de la zone traitée. Un deuxième cas concerne huit patientes traitées en 1993 pour un cancer du sein. Ces patientes auraient été surexposées à la suite d'une erreur de paramétrage des faisceaux faisant suite à l'installation d'un nouvel accélérateur.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

En fait les sur expositions ont commencé bien avant !

Épinal 1 [mai 2004 – août 2005]: 24 patients accidentés

Epinal 2 [oct 2000 – oct 2006]: 411 patients surexposés

Protocole de radiothérapie conformationnelle pour traiter des patients atteints d'un cancer de la prostate

- Contrôle qualité de repositionnement du patient
 - Imageries portales quotidiennes
 - Radiographies avec l'appareil de radiothérapie
- Dose d'irradiation non déduite de la dose de la séance
= surexposition 8 –10 %
- Absence de suivi => pas de détection des complications
- Des patients se font connaître car ils ont les mêmes symptômes (rectite...) que ceux de la cohorte Epinal 1 mais hors des dates.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Epinal 3 (1987 – 2000) : 5000 patients surexposés

➤ 1987 : changement de technique de radiothérapie
Nécessité de modifier la formule mathématique pour le calcul de la dose (calibration au centre de la tumeur au lieu de la peau)

➤ Erreur dans la rédaction du programme informatique «maison» :

oubli d'un inverse du carré de la distance !!

- Surdosage dépendant de l'énergie des RX
- Correction en juillet 2000



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

- Toutes localisations sauf cancer du sein (DSP)
 - 312 patients : surdosage de + 7,1 % (1999-2000)
(Clinac 25 MV)
 - 3600 patients : surdosage de + 5,5% (1987-1999)
(Saturne 12 MV)
 - 1100 patients : surdosage de +3% (1993-2000) (Clinac 6 MV)

- Patients traités sans erreur : 2 700 patients



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Epinal 4 [1993] : 8 patientes surexposées

- Radiothérapie pour cancer du sein en 1993
 - Erreur de calcul pour des filtres en coin
 - 8 premières patientes traitées avec un nouvel accélérateur linéaire
 - 60 à 84 Gy au lieu de 50 Gy



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Epinal 5 [1999]: 37 patientes surexposées

- Radiothérapie pour cancer du sein en 1999
 - Problème de technique de radiothérapie inappropriée
 - Exposition du cœur à une dose excessive
 - 36 patientes
 - 9 patientes ont eu des complications cardiaques graves (24%)



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les suites juridiques

Responsabilités retenues

Le tribunal considère que le délit de non-assistance à personne en danger qui suppose une abstention volontaire face à un péril grave est caractérisé à l'égard des deux médecins en raison du silence qu'ils ont gardé.

Il les condamne. Il retient des fautes d'omission et de négligence à l'égard du radiophysicien, de la directrice de l'hôpital, de la directrice de la DDASS et du directeur de l'ARH, mais il considère qu'elles ne caractérisent pas une abstention volontaire de porter secours. Il les relaxe.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Destruction de preuves

Le radiophysicien a été convaincu de destruction de documents ayant valeur de preuves. Une secrétaire du service l'avait vu prendre des documents dans les dossiers préparés pour les experts.

Il s'avéra qu'il s'agissait de feuilles de contrôles qui furent retrouvées dans son placard. Après avoir réagi d'une façon dramatique et donné des explications hasardeuses, il a été poursuivi pour le délit de soustraction de preuves et celui-ci a été retenu contre lui.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les condamnations

Le radiophysicien : homicides et blessures involontaires, soustraction de preuves ; 3 ans d'emprisonnement dont 18 mois assortis du sursis ; amende de 10 000 € ; 5 ans d'interdiction d'exercice de la profession de radiophysicien.

Les deux médecins : homicides et blessures involontaires, non assistance à personne en danger ; 4 ans d'emprisonnement dont 30 mois assortis du sursis ; amende de 20 000 € ; interdiction d'exercice définitive de la profession de médecin.



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

Les relaxes

Le radiophysicien : pour non assistance à personne en danger.
Les deux médecins : pour soustraction de preuves.
La directrice de l'hôpital, l'hôpital en tant que personne morale,
la directrice de la DDASS et le directeur de l'ARH : pour non assistance à personne en danger



ACCIDENTS RADIOLOGIQUES

L'accident d'Epinal
a été classé au **niveau 5** de
l'échelle INES

Ce classement est
controversé vers un niveau 6

En raison du nombre de personnes exposées



Pour aller plus loin ...



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Les accidents dus aux rayonnements ionisants

// le bilan sur un demi-siècle

Edition du 15 février 2007

