

CRIIRAD

Commission de Recherche
et d'Information Indépendantes
sur la Radioactivité

Site : www.criirad.org
Tel : + 33 (0)4 75 41 82 50
Fax : + 33 (0)4 75 81 26 48
E-mail : laboratoire@criirad.org

Valence le 24 février 2010.

Rapport CRIIRAD N°10-08

Analyses radiologiques de parasurtenseurs FRANCE TELECOM

Etude effectuée pour la CGT FAPT Cantal

1 / Introduction

Contexte et objectifs

Le syndicat **CGT FAPT du Cantal** a commandé au laboratoire de la CRIIRAD une expertise consistant à caractériser sur le plan radiologique divers modèles de parasurtenseurs utilisés dans le passé pour protéger les lignes téléphoniques contre les surtensions.

L'étude France Télécom de juin 2003 [O2] précise :

« Ces parasurtenseurs à fort pouvoir d'écoulement sont placés entre la terre et la ligne de l'abonné en divers points du réseau : chez l'abonné, à la jonction entre réseau aérien et réseau souterrain (boîtier RP), à l'arrivée de la ligne au central téléphonique au niveau du répartiteur.

Les parasurtenseurs sont des limiteurs de tension. Ils ont pour but de décharger les lignes lorsque la tension électrique des fils sur lesquels ils sont placés devient trop élevée. Les parasurtenseurs à gaz sont constitués d'électrodes enfermées dans une enceinte étanche (verre, métal ou céramique) contenant un gaz. Des produits radioactifs (**Ra 226**, **Pm 147**, **H3**, **Th 232**...) furent utilisés pour pré-ioniser le gaz et ainsi obtenir des tensions d'amorçage répétitives ».

« L'utilisation de radioéléments dans les parasurtenseurs a progressivement été abandonnée depuis la **fin des années 70**. Il persiste donc relativement peu de dispositifs de ce type sur le réseau ».

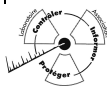
Cette affirmation doit être nuancée par le fait que l'inventaire préliminaire réalisé par France Telecom en 2002 [O1] précisait : « le total de parafoudres à déposer, collecter puis éliminer peut être estimé entre **700 00 et 1 million d'unités**, avec une marge d'incertitude importante, de l'ordre de +/- 50 % ».

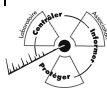
Compte tenu de questionnements des agents sur l'impact sanitaire de leurs conditions de travail et en particulier à l'exposition aux rayonnements ionisants, l'entreprise France Telecom a fait réaliser depuis quelques années des expertises.

Les principaux documents que nous ont transmis les agents sont référencés en fin de ce rapport [O1 et O2].

Afin de disposer d'évaluations indépendantes, le syndicat CGT FAPT du Cantal a souhaité avoir l'avis du laboratoire de la CRIIRAD sur la caractérisation radiologique de certains modèles et sur l'estimation des risques radiologiques, tant en ce qui concerne l'exposition passée que l'exposition actuelle en particulier lors de la collecte de ces parasurtenseurs.

Compte tenu des moyens financiers mis à disposition (2 000 Euros), le laboratoire de la CRIIRAD n'a pu s'engager dans une expertise approfondie mais a proposé un travail préliminaire objet du présent rapport





Mise à disposition d'un compteur Geiger

Une première réunion de travail a eu lieu au laboratoire de la CRIIRAD le **14 janvier 2009**.

Elle réunissait messieurs Franck Refouvelet et Yves Colombat, agents France Telecom, membres du **CHSCT UI Auvergne**, et M. Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD.

Au cours de cette réunion, la CRIIRAD a pu effectuer un premier niveau de commentaire sur la base des documents remis et formuler un certain nombre de recommandations sur les précautions à prendre afin de limiter les risques de contamination et d'exposition externe lors de l'échantillonnage de parasurtenseurs. Un compteur Geiger de marque RADEX a été remis aux agents. Il permet un premier niveau de contrôle radiométrique (mesure de débit de dose bêta-gamma exprimé en microSieverts par heure ou microrem par heure selon le choix du paramétrage).

Cet appareil a une gamme de mesure qui va du bruit de fond naturel (0,05 à 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ selon les régions : altitude et contexte géologique) à 9,99 $\mu\text{Sv/h}$ (au-delà de cette valeur, l'appareil est saturé).

Les valeurs données par le RADEX sont assimilables à une dose en profondeur (Hp10) lorsque les mesures sont effectuées à quelques centimètres des parasurtenseurs.

Pour des mesures au contact, l'interprétation dosimétrique est plus complexe compte tenu de la composante bêta, mais l'utilisation de l'appareil reste pertinente pour réaliser un tri radiométrique.

Collecte des échantillons de parasurtenseurs

Il existe de très nombreux modèles qui présentent des caractéristiques radiologiques très différentes.

Les modèles étudiés dans le cadre du présent rapport ont été choisis par monsieur Franck Refouvelet, sur la base de mesures préliminaires de débit de dose bêta-gamma au contact effectuées au moyen du compteur Geiger RADEX.

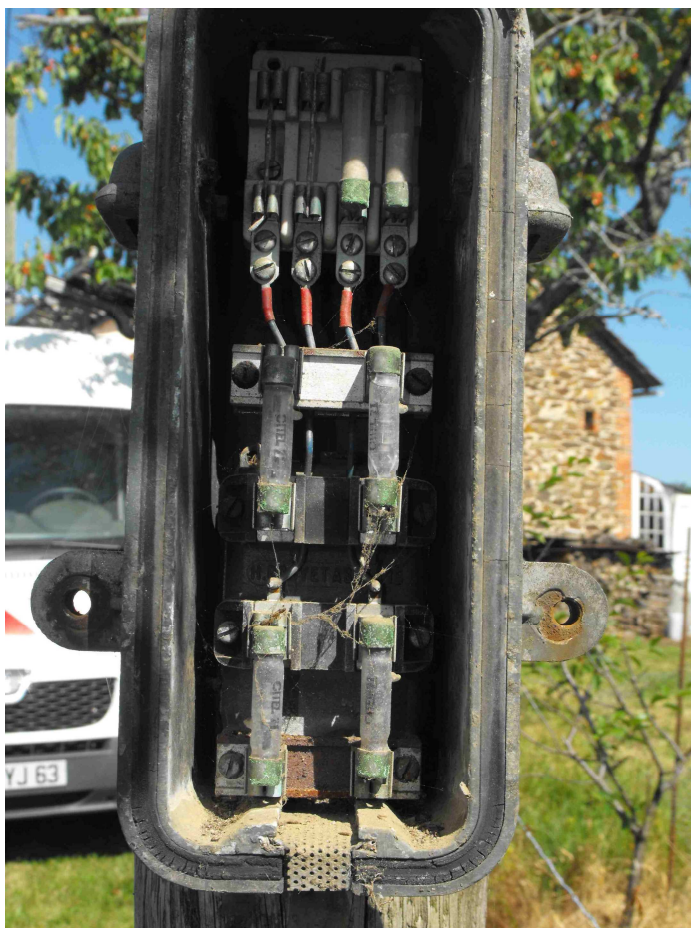
Les échantillons ont été réceptionnés au laboratoire de la CRIIRAD le **15 janvier 2010** par M. Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire et Mme Jocelyne Ribouet, technicienne en charge des préparations. Les premières mesures radiométriques ont été effectuées en présence de messieurs Franck Refouvelet et Yves Colombat.

Les planches photographiques reproduites en Annexe 1 présentent les différents modèles testés au laboratoire de la CRIIRAD.

Il s'agit de 9 lots enregistrés sous le code CRIIRAD 190110 A1 à A9.

Le choix des modèles a porté sur 2 critères : des parasurtenseurs présentant manifestement un niveau de rayonnement bêta gamma supérieur à la normale (cas A1, A2 et A8-A9) et des modèles ne présentant pas de niveau radiométrique nettement supérieur au bruit de fond, mais pour lesquels les agents souhaitaient une vérification en laboratoire (cas A3, A4, A5, A6 et A7).

Le lot **A1 (boîtier RPF)**. Ce boîtier en fonte d'aluminium était situé **sur un poteau** dans le secteur d'Aurillac (cf. photographie page suivante). Les mesures initiales effectuées par M Refouvelet sur le boîtier fermé montraient une radioactivité 4 à 5 fois supérieure à la normale. Une fois le couvercle du boîtier ouvert, à 2 centimètres des parasurtenseurs, le Radex indiquait 9 $\mu\text{Sv/h}$ soit une valeur 60 fois supérieure au bruit de fond naturel local (0,15 $\mu\text{Sv/h}$). Dans la mesure où l'un des parasurtenseurs était manifestement fendu, c'est l'ensemble du boîtier qui a été ensaché, réemballé et amené au laboratoire. Ce boîtier contient **4 parasurtenseurs CITEL 21**, d'aspect identique, mais les mesures de flux de rayonnement gamma au contact réalisées au laboratoire de la CRIIRAD ont montré un niveau de radioactivité différent pour chaque spécimen (de 250 à 950 c/s au scintillomètre SPP2). Chaque parasurtenseur a donc été répertorié à part (code A1-a à A1-d).

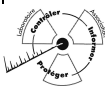


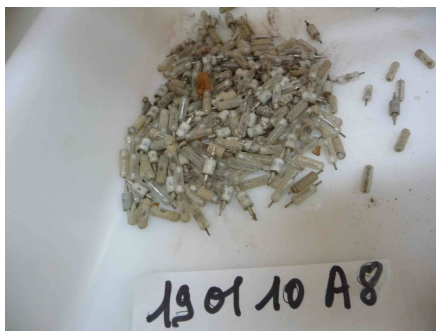
Boitier RPF sur son poteau (code CRIIRAD A1)

Le lot **A2** est un petit coffret plastique (longueur 8 cm) « **H Pouyet** PTT Paris » à 10 broches et contenant 4 parasurtenseurs. Il provient d'un local d'équipement technique de l'Allier. Le contrôle au RADEX indiquait $0,4 \mu\text{Sv/h}$ soit une valeur 2,6 fois supérieure au bruit de fond naturel local ($0,15 \mu\text{Sv/h}$).

Le lot **A8** consistait en une boîte contenant **189 parasurtenseurs** en vrac, principalement de type **MO1**, oxydés et souillés (cf. photographie ci-après) ramassés au sol de passages de câbles de bâtiments de classe 4 dans le Cantal (Saint Cernin, St Martin Valmeroux et Pierrefort). Ces parasurtenseurs équipent les têtes de **câbles Thomson 65**. Ils étaient régulièrement changés à l'époque et tombaient dans les passages de câbles (profondeur 1 à 1,2 mètres) situés au droit des installations. Le contrôle RADEX initial indiquait une radioactivité de $0,45 \mu\text{Sv/h}$ au contact de la boîte soit une valeur 2,7 fois supérieure au bruit de fond local.

Suite aux contrôles radiométriques effectués au laboratoire de la CRIIRAD, un **parasurtenseur couteau** de forme différente nettement plus actif que le reste du lot (210 c/s SPP2) a été séparé et enregistré sous la référence **A9**. Cet objet était initialement contenu dans **une boîte RPC** du Cantal (zone Aurillac Marmiers). Ce type de parasurtenseur allait être jeté à la poubelle alors que la note « *Procédure de recherche dans les bâtiments et de localisation sur le réseau des parafoudres à radioéléments de l'UI Auvergne* » en date du 12 décembre 2008 requiert leur récupération et remise au magasin spécifique. M Refouvelet en a collecté un exemplaire, l'a regroupé avec le lot A8. et a informé par écrit la hiérarchie France Telecom afin de sensibiliser sur la nécessité de récupérer correctement ces objets et de les stocker dans le bidon prévu à cet effet dans le local magasin du site d'Aurillac Marmiers.





189 parasurtenseurs de type MO1 (lot A8)

Pour les lots ci-dessous, le contrôle préliminaire au RADEX n'indiquait pas de signal significativement supérieur au bruit de fond local :

- Le lot **A3** est un coffret plastique « Soulé » contenant 4 parasurtenseurs identiques, de forme circulaire, destiné à protéger les équipements en 220 volts. Il a été collecté à Riom-es-Montagnes.
- Le lot **A4** est un parasurtenseur circulaire « **Soulé** » destiné à protéger les équipements en 220 volts. Il a été collecté à Riom-es-Montagnes.
- Les lots **A5, A6 et A7** concernent des parasurtenseurs de type **couteau** de 3 modèles différents équipant des têtes **Thomson 31**. Ils ont été collectés à Riom-es-Montagnes directement sur les têtes de câble en place.

Méthodologie appliquée par le laboratoire de la CRIIRAD

Des mesures de **flux de rayonnement gamma** et du **taux de comptage alpha-bêta-gamma** ont été réalisées sur tous les lots afin de déterminer s'ils émettaient des rayonnements ionisants.

Une analyse semi-quantitative par **spectrométrie gamma** sur détecteur Hp Ge a été effectuée sur chacun des lots A2 à A9 et sur le parasurtenseur le plus actif du boîtier RPF (lot A1-c). La spectrométrie gamma permet d'identifier (et de quantifier) les radionucléides qui émettent en se désintégrant des rayonnements gamma.

Afin de limiter les coûts de l'expertise, la CRIIRAD n'a pu effectuer une caractérisation exhaustive de tous les modèles remis le 15 janvier 2010.

C'est ainsi que le test d'émanation de **radon 222** (gaz issu de la désintégration du radium 226 utilisé dans certains parasurtenseurs) et le test d'émanation du **tritium** (isotope radioactif de l'hydrogène utilisé dans certains parasurtenseurs) ont été effectués sur l'ensemble des lots regroupés.

Des **frottis** ont été effectués sur les 4 parasurtenseurs du boîtier RPF et à l'intérieur du boîtier RPF dans la mesure où l'ampoule en verre de l'un des parasurtenseurs présentait une fissure.

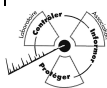
Des mesures de **débit de dose** ont en outre été effectuées sur le boîtier RPF (A1) et le parasurtenseur le plus radioactif (A1-c).

Des remarques concernant la radioprotection du personnel de la CRIIRAD dans le cadre de la réalisation de cette expertise sont reportées en Annexe 2.

Limitation de l'étude

Le présente rapport rend compte de ces différentes mesures et propose un premier niveau d'interprétation concernant les risques liés à l'exposition aux rayonnements ionisants pour les agents amenés à manipuler ces matériels.

Compte tenu de la variété des modèles utilisés, des niveaux de radioactivité variables enregistrés sur les différents spécimens du même modèle, et des différents scénarios d'exposition envisageables, il ne s'agit ici que d'un avis préliminaire.



Une partie des mesures effectuées par la CRIIRAD a été filmée en interne. De ce support vidéo pourront être extraites des séquences à visée pédagogique permettant aux agents de se familiariser avec les contrôles radiométriques.

2 / Mesure du flux de rayonnement gamma

A réception au laboratoire de la CRIIRAD, les parasurtenseurs ont fait l'objet d'une mesure du flux de rayonnement gamma (scintillomètre SPP2 de marque Saphymo) à travers l'emballage d'origine, puis directement au contact du parasurtenseur ou des parasurtenseurs après enlèvement des couvercles (cas des boîtiers et coffrets).

Ils ont été photographiés et enregistrés selon un code interne de A1 à A9.

Les mesures effectuées, exprimées en coups par seconde (c/s) sont reportées dans la colonne « SPP2 » du tableau T1 pages suivantes.

Le bruit de fond naturel dans le laboratoire est de **40 à 45 c/s**.

Cinq modèles (A1, A2, A5, A8 et A9) présentaient un flux de rayonnement gamma supérieur au bruit de fond et compris entre **55-60 c/s** et **950 c/s** soit une valeur jusqu'à 21 fois supérieure au bruit de fond local.

On notera que dans, le cas des parasurtenseurs contenus dans le boîtier RPF (A1), bien que leur apparence soit identique, le flux de rayonnement gamma était différent d'un facteur 4 (250 à 950 c/s) selon les spécimens.

Quatre modèles référencés A3, A4, A6 et A7 ne présentaient aucune élévation sensible du niveau de rayonnement gamma au contact.

Ceci ne signifie pas qu'ils ne contiennent pas de substances radioactives mais indique simplement que, soit la substance radioactive n'émet pas de rayonnements gamma (c'est par exemple le cas du tritium qui est un émetteur bêta pur), soit que l'activité de la substance radioactive est très faible et ne conduit pas à une émission suffisante pour être distinguée du bruit de fond naturel.

Ceci a été confirmé par exemple pour le lot A4. Le flux de rayonnement gamma au contact de ce parasurtenseur « SOULE LS 8134 » est comparable au bruit de fond (45 c/s) mais l'analyse par spectrométrie gamma indique la présence de radium 226 avec une activité estimée à **20 Bq (Becquerels)**.



Mesure de flux de rayonnement gamma au moyen du scintillomètre SPP2

3 / Mesure du taux de comptage alpha-bêta-gamma

En complément, des mesures du taux de comptage alpha-bêta-gamma ont été effectuées au moyen d'un contaminomètre CANBERRA MCB2 utilisé au contact des objets sortis de leurs coffrets et boîtiers. L'appareil est utilisé sans son capot de protection de manière à pouvoir détecter, outre un signal lié à une émission de rayonnements gamma, un signal lié à des rayonnements alpha et bêta. En effet, compte tenu de leur faible capacité à traverser la matière, la présence du capot, bloquerait totalement les rayonnements alpha et atténuerait fortement les rayonnement bêta qui ne pourraient pas alors atteindre correctement le volume de détection).



Mesure de taux de comptage alpha-bêta-gamma au moyen du MCB2

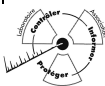
Le résultat exprimé en coups par seconde (c/s) est reporté dans les colonnes MCB2 du tableau T1 page suivante.

Compte tenu de la fluctuation statistique lors du comptage, deux valeurs sont reportées. Il s'agit de la valeur minimale et de la valeur maximale observées au cours d'un comptage de 30 secondes. Le bruit de fond naturel dans le laboratoire est estimé entre **0,2 et 1,8 c/s**.

Cinq modèles (A1, A4, A5, A8 et A9) présentaient un taux de comptage significativement supérieur au bruit de fond et compris entre **2,6 c/s et 228 c/s**. Pour ce dernier relevé, il s'agit d'une valeur plus de 100 fois supérieure au bruit de fond.

Quatre modèles référencés A2, A3, A6 et A7 ne présentaient pas d'élévation sensible du niveau de rayonnement alpha-beta-gamma au contact (valeur maximale inférieure ou égale à 2 c/s).

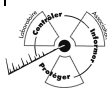
Dans le cas du lot A2, la mesure a été effectuée au contact du boîtier en plastique sans en extraire les 4 parasurtenseurs. C'est ce qui explique que le signal alpha-bêta-gamma soit faible (valeur maximale de 1,8 c/s), alors que la mesure du signal gamma effectuée au SPP2 est supérieure au bruit de fond de plus de 30 % (55-60 c/s). Ceci est dû au fait que les rayonnements gamma traversent facilement le boîtier alors que ce dernier arrête totalement les rayonnements alpha et assez fortement les rayonnements bêta. L'analyse par spectrométrie gamma du lot A2 a confirmé la présence de radium 226 avec une activité de 240 Bq (Becquerels) pour les 4 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Dans ce cas de figure, c'est la mesure au scintillomètre SPP2 qui s'est avérée la plus « sensible ».



A l'inverse, le parasurtenseur A4 (activité en radium 226 estimée à 20 Becquerels), n'a pas donné de signal gamma significatif (45 c/s SPP2) mais a montré une élévation sensible du signal alpha-bêta-gamma (2,6 c/s max au MCB2). Ceci est lié au fait que, pour de très faibles activités en radium 226 (moins de 100 Becquerels) le taux d'émission gamma n'est pas suffisant pour se distinguer du bruit de fond, alors qu'au contact immédiat de la source le taux d'émission bêta lié aux descendants du radium 226 peut être suffisant pour être distingué du bruit de fond (d'autant que le rendement de détection du compteur MCB2 est supérieur dans le cas des rayonnements bêta au contact par comparaison aux rayonnements gamma).

T1 / résultats des mesures radiométriques sur 9 lots de parasurtenseurs

Code CRIIRAD	Description	SPP2 (c/s)	MCB2 (sans capot)	
			Min (c/s)	Max (c/s)
190110 A1	Boîtier RPF avec couvercle (contenant 4 parasurtenseurs)	200		
190110 A11	Intérieur du Boîtier RPF sans les 4 parasurtenseurs	40	0,2	1,6
190110 A1-a	Parasurtenseur couteau dans Boîtier RPF	700	20	37
	Parasurtenseur couteau sorti du boîtier RPF		13	15
190110 A1-b	Parasurtenseur couteau dans Boîtier RPF	250	14	30
	Parasurtenseur couteau sorti du boîtier RPF (cassé)		13	25
190110 A1-c	Parasurtenseur couteau dans Boîtier RPF	950	126	139
	Parasurtenseur couteau sorti du boîtier RPF		208	228
190110 A1-d	Parasurtenseur couteau fissuré dans boîtier RPF	350	22	33
	Parasurtenseur couteau sorti du boîtier RPF (cassé)		31	57
190110 A2	Boîtier "H. Pouyet PTT Paris" à 10 broches et contenant 4 parasurtenseurs "	55-60	0,4	1,8
190110 A3	Coffret "SOULé" contenant 4 parasurtenseurs (sans couvercle)	40	0,2	1,2
190110 A4	1 Parasurtenseur "SOULé" LS 8134	45	0,4	2,6
190110 A5	3 Parasurtenseurs couteau	60-65	1,6	3,6
190110 A6	3 Parasurtenseurs couteau	40-45	0,2	1,2
190110 A7	1 Parasurtenseur couteau	40-45	0,2	2,0
190110 A8	189 parasurtenseurs en vrac dont type MO1 (oxydés et souillés)	130	4	16
190110 A9	1 parasurtenseur couteau	210	45	68



4 / Mesures de débit de dose

On appelle irradiation externe (ou exposition externe) l'exposition par une source située à l'extérieur de l'organisme. Dans le cadre de la présente étude, le matériel qui entraîne l'exposition externe la plus importante est le boîtier RPF.

Exposition du corps entier

Les mesures de débit d'équivalent de dose au corps entier (Hp 10) effectuées sur le boîtier RPF (A1) au moyen d'un compteur proportionnel compensé en énergie LB1236 de marque Berthold ont donné les résultats suivants :

Au contact du boîtier fermé : **0,53 à 0,59 $\mu\text{Sv/h}$** (mesure au RADEX de 0,43 à 0,46 $\mu\text{Sv/h}$).

A 10 centimètres du boîtier fermé : **0,21 $\mu\text{Sv/h}$** soit une valeur ajoutée de + 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ par rapport au bruit de fond.

Le fait de rester 100 heures à 10 centimètres de ce boîtier fermé entraîne une exposition ajoutée cumulée de 10 microSieverts soit une valeur supérieure à la valeur de 10 microSieverts par an au-delà de laquelle la directive Euratom 96/29 considère que l'impact d'une pratique n'est pas négligeable sur le plan de la radioprotection.

Des mesures réalisées avec un compteur Geiger RADEX par des agents France Telecom sur d'autres boîtiers RPF fermés ont donné des valeurs de 0,92 $\mu\text{Sv/h}$ (Lieu : les Combes de Bournoncle, mesure de M. Yves Colombat) et 1,7 $\mu\text{Sv/h}$ (Lieu : Allier, mesure de M. Renaud Candotti-besson).

Ces mesures sont nettement supérieures à celles réalisées sur le boîtier fermé A1 (0,43 à 0,46 $\mu\text{Sv/h}$) et illustrent la variabilité des résultats en fonction du type de parasurtenseurs et du nombre de parasurtenseurs par boîtiers.

La reconstitution des expositions nécessite donc de poursuivre la caractérisation des matériels.

L'exposition est évidemment supérieure lorsque le boîtier est ouvert, il faut donc en tenir compte pour calculer les expositions.

A cette exposition externe doit être ajoutée l'exposition liée à l'incorporation. C'est la somme de toutes ces expositions qui permet d'évaluer le risque radiologique.

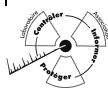
Exposition de la peau

Sur le parasursentensur A1-c (le plus actif), la mesure au contact donne 2,70 $\mu\text{Sv/h}$ (sonde LB1236, dose en profondeur Hp 10).

Une mesure complémentaire a été effectuée au laboratoire de la CRIIRAD au moyen d'un dosimètre opérationnel EPD (marque APVL) qui mesure le débit de dose au corps entier (Hp 10) : valeur de 2,8 $\mu\text{Sv/h}$ et le débit de dose à la peau (Hp 0,07) : valeur de **44,9 $\mu\text{Sv/h}$** . Ces mesures ont été effectuées du 21 au 22 février 2010 pendant 20 heures.

Ces résultats montrent que la manipulation régulière de parasurtenseurs au radium 226 peut entraîner une exposition non négligeable de la peau.

C'est d'ailleurs la conclusion du rapport France Telecom de juin 2003 [O2] : « *Les débits de dose au contact des parasurtenseurs sont suffisamment élevés pour devoir être discutés en fonction des conditions d'utilisation de ces matériels, des données cliniques et épidémiologiques* ».



5 / Analyses par spectrométrie gamma

Objectifs

Tous les lots A2 à A9 et le parasurtenseur le plus actif (A1-c) du lot A1 ont fait l'objet d'un comptage individuel par spectrométrie gamma sur détecteur HpGe afin de déterminer la nature des radionucléides présents (dans le cas où leur désintégration s'accompagne de l'émission de rayonnement gamma) et d'évaluer leur activité.

A partir de la liste des radionucléides publiée dans le rapport Hémisphères de 2002 [O1], on retiendra en particulier les émetteurs gamma suivants :

- le radium 226 et certains de ses descendants radioactifs (plomb 214, bismuth 214 et plomb 210).
- le thorium 232 à travers certains de ses descendants radioactifs (actinium 228, plomb 212 et thallium 208)
- l'américium 241.

Pour ces radionucléides, les limites de détection pour un comptage d'une journée sont de l'ordre du Becquerel.

Les limites de détection sont cependant nettement plus élevées pour des radionucléides comme le prométhéum 147 et le krypton 85 mentionnés dans le rapport Hémisphères.

En effet, pour le prométhéum 147 le taux d'émission gamma n'est que de 0,00285 %. Selon le rapport [O1] l'activité maximale de certains parasurtenseurs serait de 4 000 Bq, ce qui représente seulement 0,1 rayonnement gamma par seconde. Pour le krypton 85, qui aurait été détecté dans un modèle de parasurtenseur (20 000 Bq), le taux d'émission gamma est de 0,4 %.

Il est à souligner que lors du traitement des spectres, le laboratoire de la CRIIRAD analyse toutes les raies gamma présentes ce qui permet une caractérisation détaillée.

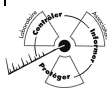
Méthodologie

Les comptages ont été effectués le 22 janvier 2010 pour des durées allant de 1 à 2 heures pour les 7 lots « actifs » à une nuit pour les lots A3 et A6 qui ne présentaient pas de niveau radiométrique supérieur au bruit de fond.

L'évaluation de l'activité est difficile car les objets ne correspondent pas forcément aux géométries calibrées utilisées habituellement.

En première approximation, les calculs ont été effectués en utilisant les coefficients d'étalonnage associés à la géométrie la plus proche soit : source ponctuelle pour A1-c, A7 et A9, petite boîte de pétri pour A5 et A6, boîte de pétri pour A2 et A8 et pot B 250 pour A3 et A4. Nous estimons que l'incertitude liée aux géométries ne devrait pas excéder 50 %. Les spectres ont été traités par M. Stéphane Patrigeon, technicien métrologue au laboratoire de la CRIIRAD.

Les résultats concernant le radium 226 et le plomb 210 sont synthétisés dans le tableau T2 ci-dessous.



T2 / mesures par spectrométrie gamma sur 9 modèles de parasurtenseurs

Code	Description	SPP2	MCB2	N°comptage	Activité du radium 226	Activité du plomb 210
CRIIRAD		(c/s)	Max (c/s)	Durée		
190110 A1-c	1 Parasurtenseur couteau sorti du boîtier RPF	950	228	C 24915 / 5216 sec	5 700 Bq	3 800 Bq
190110 A2	Boîtier "H. Pouyet PTT Paris" à 10 broches et contenant 4 parasurtenseurs "	55-60	1,8	C 24909 / 4152 sec	240 Bq	< 20 Bq
190110 A3	1 parasurtenseur extrait du Coffret "SOULé" contenant 4 parasurtenseurs	40	1,2	C 24918 / 54 965 sec	< 2,2 Bq	< 1,7 Bq
190110 A4	1 Parasurtenseur "SOULé" LS 8134	45	2,6	B 24912 / 5502 sec	20 Bq	< 29 Bq
190110 A5	3 Parasurtenseurs couteau	60-65	3,6	C 24911 / 5430 sec	224 Bq	33 Bq
190110 A6	3 Parasurtenseurs couteau	40-45	1,2	B 24919 / 54883 sec	< 0,32 Bq	< 0,6 Bq
190110 A7	1 Parasurtenseur couteau	40-45	2,0	B 24910 / 3816 sec	< 0,7 Bq	< 0,9 Bq
190110 A8	189 parasurtenseurs en vrac dont type MO1 (oxydés et souillés)	130	16	C 24913 / 5088 sec.	1 080 Bq	440 Bq
190110 A9	1 parasurtenseur couteau	210	68	B 24914 / 4558 sec	800 Bq	394 Bq

Le radium 226

On remarque que tous les échantillons pour lesquels les mesures radiométriques ont révélé une activité significative contiennent du **radium 226**.

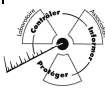
L'activité mesurée est comprise entre **20 Becquerels** pour A4 et **5 700 Becquerels** pour A1-C (boîtier RPF). Il est important de rappeler que les 4 parasurtenseurs visuellement identiques contenus dans le boîtier RPF (A1) présentent un niveau de rayonnement gamma très variable (facteur 4). C'est le parasurtenseur le plus actif qui a été analysé. L'activité en radium 226 est probablement nettement inférieure dans le spécimen qui présente le niveau radiométrique le plus faible.

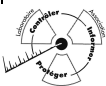
Le rapport Hémisphères de 2002 [O1] faisait état d'activités en radium 226 comprises entre 5 Bq et 560 Bq pour les répartiteurs et 4,6 Bq à 3 800 Bq pour les boîtes en ligne. La valeur maximale de **3 800 Bq** étant associée au modèle C19. Le rapport France Telecom de Juin 2003 [O2] mentionne des activités en radium 226 pouvant atteindre **7 000 Bq** dans les parasurtenseurs équipant les boîtiers RPF.

Les descendants du radium 226

Lorsque le radium 226 est présent, il est nécessairement accompagné de ses descendants radioactifs (radon 222, plomb 214, bismuth 214, plomb 210, polonium 210, etc.). Au bout d'un mois, l'activité du radium 226 est en effet en équilibre avec celle de ses premiers descendants à période courte : radon 222, polonium 218, plomb 214, bismuth 214, polonium 214. Compte tenu de la période plus longue du plomb 210 (22,3 ans) et du polonium 210 (138,5 jours) leur activité peut être différente de celle du radium 226 en fonction du processus d'extraction du radium 226, de la date de fabrication, de l'étanchéité de l'enveloppe du parasurtenseur, etc..

On détecte effectivement par spectrométrie gamma la présence du plomb 210 à des





activités inférieures à celles du radium 226. Ceci peut être dû au fait que les valeurs mentionnées ici ne sont pas corrigées de l'auto-atténuation ou au fait que, selon les processus de fabrication indiqués plus haut l'équilibre radium 226-plomb 210 n'est pas atteint.

On retiendra cependant pour les calculs de radioprotection une activité en plomb 210 et polonium 210 égales à celle du radium 226. Il convient de noter qu'au cours des décennies à venir, l'activité du plomb 210 va augmenter jusqu'à atteindre celle de son précurseur le radium 226.

Compte tenu de la très forte radiotoxicité du plomb 210 et du polonium 210 par ingestion, il est très important en effet de prendre en compte leur activité pour l'évaluation des doses liées à une contamination par ingestion (cf. paragraphes suivants sur les frottis).

Doute concernant la présence de l'américium 241 ?

On remarque dans 2 échantillons A8 et A9, outre les pics caractéristiques du radium 226 et de ses descendants, la présence d'un certain nombre de raies X dont une raie à 59,3 keV.

Il n'est pas possible d'exclure l'hypothèse que cette raie soit liée à un transuranién, **l'américium 241** qui émet à 59,5 keV soit une énergie très proche. Dans cette hypothèse l'activité de l'américium 241 serait respectivement de 11,4 et 46 Becquerels.

Un autre hypothèse est que ces raies X correspondent à **l'excitation du tungstène stable** (formule chimique W). Cette hypothèse est plausible compte tenu de la présence sur le spectre d'un certain nombre de raies X correspondant au tungstène (par exemple 57,9 keV, 67,2 keV).

La présence de l'américium 241 est mentionnée dans le rapport Hémisphères de 2002 [O1] : « L'Am 241 (émetteur gamma) n'est retrouvé que dans deux types de parafoudres et à des teneurs très faibles, et de plus en présence du radium 226, ce qui peut paraître étonnant. La faiblesse de cette activité devant celle du radium 226 a conduit à ne pas retenir l'Am 241 dans l'inventaire ».

Même si l'hypothèse d'une excitation du tungstène stable nous semble plus plausible, il serait utile d'effectuer d'autres analyses (analyse chimique et spectrométrie alpha) pour lever le doute.

En effet, compte tenu de sa très forte radiotoxicité, l'hypothèse de la présence de l'américium 241 ne devrait pas être négligée pour l'évaluation des risques en cas d'incorporation. A titre de comparaison, le facteur de dose par inhalation d'américium 241 est 266 fois supérieur à celui du radium 226 (cas des composés de classe F, directive Euratom 96/29, facteur de dose pour l'adulte : radium 226 = $3,6 \times 10^{-7}$ Sv/Bq ; américium 241 = $9,6 \times 10^{-5}$ Sv/Bq).

Autres radionucléides

On détecte dans certains lots la présence de **thorium 232** (9 Bq pour A4, 38 Bq pour A1-c) et de **potassium 40** (49 Bq pour A5, 103 Bq pour A8 et 113 Bq pour A4).

6 / Réalisation d'un test d'émanation de tritium

Les données bibliographiques existantes montrent que certains parasurtenseurs sur boîtes en ligne contenaient une source de tritium. Le rapport hémisphères [O1] fait état d'activités comprises entre **24 Bq** (modèle C05) et **5,2 millions de Becquerels** (modèle C22).

Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène (émetteur bêta, de période 12,3 ans). Les émissions bêta du tritium ont une très faible énergie qui ne leur permet pas de traverser les parois des ampoules de verre.

Par contre, le tritium parvient à diffuser directement à travers de nombreux matériaux. Il est alors possible de détecter la présence de tritium émanant de sources tritiées dans le cas où leur étanchéité n'est pas parfaite. Le laboratoire de la CRIIRAD a effectué dans le passé des tests sur des montres contenant des peintures radio luminescentes au tritium. Bien que les boîtiers et verres apparaissent intacts, il émanait en permanence du tritium de ces objets.

Le laboratoire de la CRIIRAD utilise pour effectuer un test qualitatif d'émanation de tritium un récipient (pot 1000) contenant de l'eau non tritiée (100 ml d'eau des abatilles) exposé ouvert à proximité des échantillons à tester, l'ensemble étant placé dans une enceinte fermée de volume 46,6 dm³. Si du tritium s'échappe des objets à tester, il diffuse dans l'air puis, du fait de sa solubilité, va contaminer l'eau exposée.

Le test a été effectué du 20 au 21 janvier 2010. L'eau ainsi exposée aux 9 lots de parasurtenseurs (A1 à A9) a été comptée par scintillation liquide. Le comptage¹ a révélé une activité volumique en tritium de **199 Bq/l** alors que le niveau initial dans l'eau était inférieur à la limite de détection (< 2,5 Bq/l).

Ceci montre que du tritium diffuse à partir de certains des parasurtenseurs.

Il faudrait renouveler le test sur chacun des lots pour déterminer précisément de quel modèle il s'agit.

Si le tritium ne présente pas de risques tant qu'il reste confiné à l'intérieur des parasurtenseurs (pas de rayonnement détectable au contact des objets), son transfert à l'extérieur des parasurtenseurs est à prendre en compte.

Un transfert est possible par diffusion progressive au travers des parois du parasurtenseur (l'atome d'hydrogène est le plus petit atome existant et sa diffusion en est facilitée).

Le transfert est évidemment encore plus significatif en cas de bris du parasurtenseur.

Le test effectué par le laboratoire de la CRIIRAD montre en tout cas que du tritium s'échappe des parasurtenseurs. La reconstitution de l'exposition des agents de France Telecom doit intégrer la question de l'incorporation du tritium par ingestion, inhalation et transfert cutané.

Ceci est d'autant plus légitime que, d'après l'étude Hémisphères de 2002 [O1], le tritium représenterait selon une première estimation plus de 99,9 % de l'activité totale de tous les parasurtenseurs France Telecom (5,38 E11 Bq soit 538 milliards de becquerels).

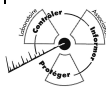
De ce point de vue, l'affirmation du rapport France Telecom de juin 2003 [O2] : « A ce jour nous pensons que l'éventuel risque sanitaire ne pouvait concerner que les parasurtenseurs contenant du radium 226 », devrait être revu.

En ce qui concerne la gestion des équipements existants, Il est nécessaire évidemment de veiller à ne pas briser les ampoules des parasurtenseurs et à les entreposer dans tous les cas dans des lieux ventilés. Dans les locaux où sont entreposés des parasurtenseurs au tritium un test d'émanation de tritium dans l'air ambiant devrait être effectué.

Du point de vue méthodologique, Il est indispensable de réaliser des campagnes de mesure du taux d'émanation du tritium à travers des parasurtenseurs intacts ainsi qu'en cas de bris de leur enveloppe. Il conviendrait de déterminer également sous quelle forme physico-chimique se trouve le tritium dans les différents modèles de parasurtenseurs qui en contiennent.

Note : des informations sur le tritium sont reportées en Annexe 3.

¹ Comptage T 355 du 29 janvier au 3 février 2010, en flaconnage plastique et scintillant UG 10/10, 5 cycles de 100 minutes. Activité mesurée : 199 +/- 20 Bq/l.

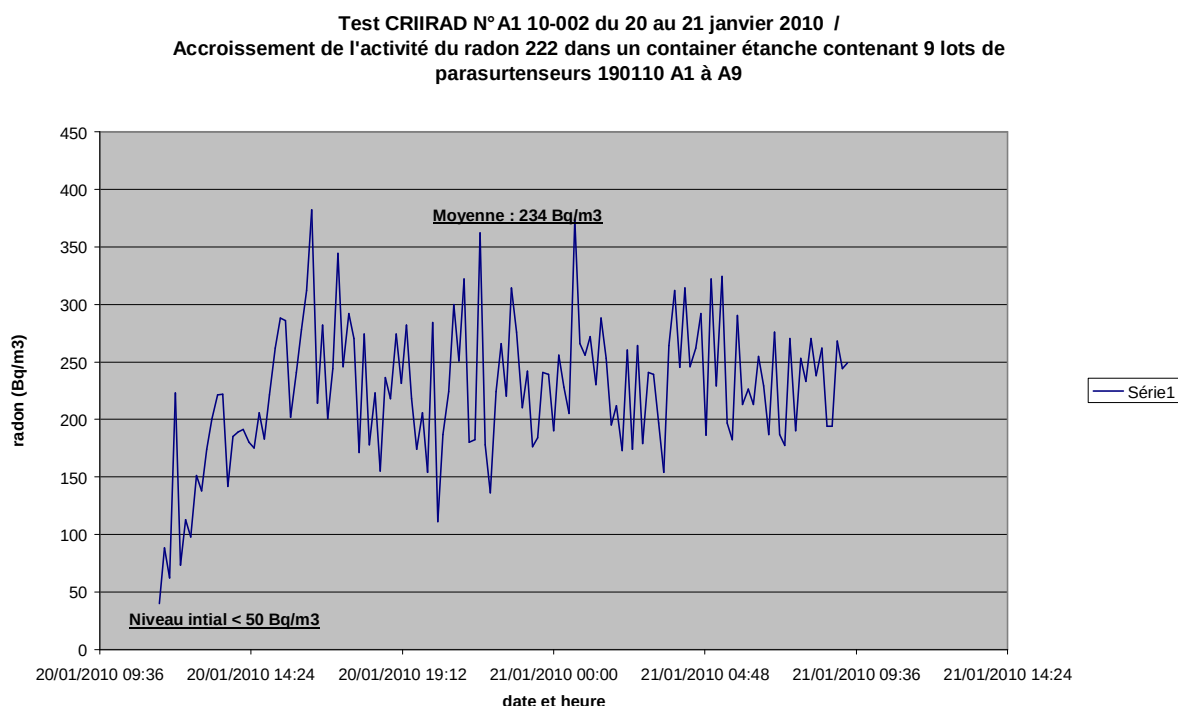


7 / Réalisation d'un test d'émanation de radon 222

Certains parasurtenseurs contiennent du radium 226 (parfois plusieurs milliers de Bq). Or sa désintégration conduit à la production permanente d'un gaz radioactif, le radon 222. Nous avons souhaité déterminer si du radon 222 émanait des 9 lots de parasurtenseurs.

A cette fin un moniteur radon ALPHAGUARD de marque Genitron a été placé à proximité des échantillons à tester, l'ensemble étant placé dans une enceinte fermée de volume $46,6 \text{ dm}^3$.

Le test a été effectué du 20 au 21 janvier 2010.



La courbe d'évolution de l'activité volumique du radon 222 dans l'enceinte contenant tous les parasurtenseurs A1 à A9 est reproduite ci-dessus.

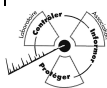
Partant d'une activité volumique initiale inférieure à 50 Bq/m^3 (correspondant à l'activité naturelle classique dans le bâtiment où est situé le laboratoire), l'activité atteint en quelques heures un niveau moyen d'équilibre de **234 Bq/m^3** .

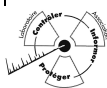
Ce test montre que la reconstitution de l'exposition des agents de France Telecom doit intégrer la question de l'inhalation du radon 222, en particulier lorsque des quantités importantes de parasurtenseurs contenant du radium 226 sont entreposés dans les lieux fermés et occupés par des travailleurs et à plus forte raison si les parasurtenseurs sont endommagés.

Du point de vue méthodologique, Il est indispensable de réaliser des campagnes de mesure du taux d'émanation du radon 222 à travers des parasurtenseurs intacts ainsi qu'en cas de bris de leur enveloppe.

Il est nécessaire évidemment de veiller à ne pas briser les ampoules des parasurtenseurs et à les entreposer dans tous les cas (par précaution) dans des lieux ventilés.

Des tests de bris volontaires de parasurtenseurs en milieu confiné (volume de 25 dm^3) mentionnés dans le rapport France Telecom de juin 2003 [O2] font état de fortes concentrations en radon 222 ($30\,000 \text{ Bq/m}^3$ pour 4 parasurtenseurs C20 équipant des boîtiers RPF).





8 / Réalisation de frottis

Un frottis à l'alcool a été effectué sur les 4 parasurtenseurs du boîtier RPF (A1) avant de les démonter. L'analyse par spectrométrie gamma (N° C 2 4905 du 20 janvier 2010, durée 23 741 secondes) n'a révélé aucune contamination mesurable (Ra 226 < 0,9 Bq, Pb 210 < 2,4 Bq).

Un frottis effectué à l'intérieur du boîtier RPF lui-même a révélé par contre une contamination mesurable en radium 226 (33,7 Bq) et plomb 210 (57 Bq) : analyse N°B 24906 du 20 janvier 2010, durée 22 183 secondes.

Ce dernier résultat montre qu'il existe un risque de contamination lors de la manipulation de ce type de matériel. Ce risque est d'autant plus important que certaines ampoules de parasurtenseurs sont fissurées. Par ailleurs, compte tenu de l'état d'oxydation des contacts, le risque de casse est très important lorsque l'on tente de retirer les parasurtenseurs de leur logement.

A titre indicatif l'ingestion de **50 Bq** de radium 226 à l'équilibre avec ses descendants induit une dose de **109 microSieverts** sur la base des facteurs de dose pour l'adulte préconisés par la directive Euratom 96/29 (55 % de la dose est due au polonium 210, 32 % au plomb 210 et 13 % au radium 226).

L'inhalation d'une particule de **50 Bq** de radium 226 à l'équilibre avec ses descendants induit une dose de **94 à 970 microSieverts** sur la base des facteurs de dose pour l'adulte préconisés par la directive Euratom 96/29. La première évaluation porte sur une particule de classe F et la seconde sur une particule de classe S. Ces classes rendent compte du type d'absorption pulmonaire.

Une particule de radium 226 pur d'activité 50 Bq a une masse extrêmement faible de l'ordre du nanogramme (soit 1 milliardième de gramme). Une telle particule serait invisible à l'œil nu et facilement incorporable.

Un travail régulier au contact de parasurtenseurs au radium endommagés pourrait donc entraîner sur l'année une exposition supérieure à la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an.

La contamination interne est une voie d'exposition à prendre en compte d'autant plus sérieusement que certains agents témoignent du fait qu'ils transportaient les parasurtenseurs usagés dans la bouche.

9 / Conclusion et recommandations

La présente étude préliminaire permet de dégager un certain nombre de recommandations :

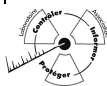
Concernant la **gestion des parasurtenseurs radioactifs** encore en place nous recommandons :

- Qu'une **fiche d'information pédagogique** soit rédigée à l'attention des agents en explicitant la différence entre les risques liés à l'exposition externe et les risques liés à la contamination interne due à l'incorporation (ingestion, inhalation, transfert cutané).
- Pour la gestion des risques liés à l'exposition externe, la mise à disposition de **compteurs Geiger** grand public (comme par exemple le RADEX) est suffisante pour permettre aux agents de détecter la présence de parasurtenseurs irradiants (en pratique seuls les parasurtenseurs au radium 226 semblent entrer dans cette catégorie). Cela leur permettra de vérifier à partir de quelle distance des objets, têtes de câbles, boîtiers etc., le niveau de radiation redevient égal au bruit de fond naturel. Ceci permettra d'éviter des expositions inutiles qui peuvent intervenir pour des stations prolongées à proximité de certains équipements, en particulier dans le cas de l'entreposage de grandes quantités de parasurtenseurs radifères.
- Pour la gestion des risques liés à l'incorporation, la recommandation d'utiliser des **gants** lors de la manipulation des parasurtenseurs doit être généralisée, ainsi que le fait d'emballer les coffrets et boîtiers en **sachet plastique** et d'entreposer les matériels dans des lieux ventilés. En cas de doute la réalisation de frottis est à recommander.
- Il est nécessaire de vérifier l'activité volumique du **radon 222** dans l'air ambiant des locaux d'entreposage des parasurtenseurs contenant du radium 226.
- Il est nécessaire de vérifier le niveau de **tritium** dans l'air ambiant des locaux d'entreposage des parasurtenseurs contenant du tritium.

Concernant la reconstitution des **expositions passées**, il est important de tenir compte de toutes les voies d'exposition et d'en effectuer le cumul :

- **Exposition externe** induite principalement par les parasurtenseurs au radium 226. Il convient d'effectuer des évaluations pour les différents scénarios (travail sur les lignes, au niveau des répartiteurs, entreposage des parasurtenseurs neufs et usagés, etc.).
- Exposition interne par incorporation du fait de la diffusion du **tritium** (en distinguant le cas des parasurtenseurs intacts et des parasurtenseurs endommagés).
- Exposition interne par incorporation du fait de la diffusion du **radon 222** (en distinguant le cas des parasurtenseurs intacts et des parasurtenseurs endommagés).
- Exposition interne par ingestion ou inhalation de **particules radioactives** (radium 226, plomb 210, polonium 210, américium 241 (à confirmer), prométhéum 147, etc..) en particulier lorsque les parasurtenseurs sont endommagés.

Les résultats préliminaires obtenus dans le cadre de la présente étude montrent que les expositions aux rayonnements ionisants n'étaient certainement **pas négligeables** et que la dose maximale annuelle admissible de 1 000 microSieverts par an a pu être dépassée pour certains scénarios dès lors que l'on tient compte des risques de contamination interne.





Le rapport d'étude France Telecom de juin 2003 [02] donne de premiers éléments d'estimation des doses au corps entier et des doses à la peau dans le cas des parasurtenseurs au radium 226.

Ce travail devra être approfondi et complété par la réalisation d'expertises permettant de statuer sur les risques liés à l'incorporation par inhalation de tritium et de radon 222 (inhalation de gaz) ainsi que l'incorporation par ingestion et ou inhalation de radionucléides sous forme particulaire (radium 226 et descendants, américium 241 (?), prométhéum 147).

Il est important que les personnels concernés travaillent au côté des experts pour que la définition des scénarios d'exposition soit représentative de leurs conditions de travail réelles.

Rédaction : Bruno CHAREYRON, ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD.

Approbation : Corinne CASTANIER, directrice de la CRIIRAD.

Bibliographie

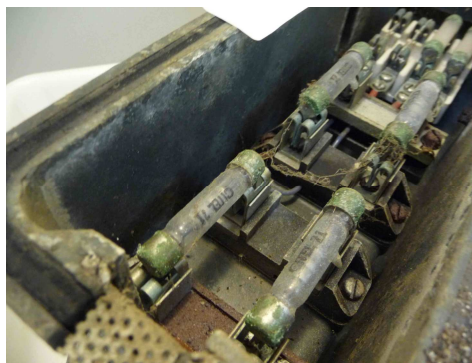
[01] Rapport « Document de Synthèse relatif aux para-foudres radioactifs » / Hémisphères / France Telecom / Juillet 2002.

[02] France Telecom / Direction régionale de Lyon / Parasurtenseurs contenant du radium 226 / Rapport d'étude / Christian Torres, Sylvie Crussière, Agnès Verzier / Juin 2003.

ANNEXE 1 / Photographies des parasurtenseurs

190110 A1

Boîtier RPF contenant 4 parasurtenseurs Citel 21 : (A1-a, A1-b, A1-c et A1-d)



190110 A2

Boîtier « H Pouyet PTT Paris » contenant 4 parasurtenseurs



190110 A3

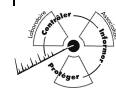
Coffret « Soulé » contenant 4 parasurtenseurs / photographie avant enlèvement du couvercle



190110 A4

Parasurtenseur « Soulé » LS 8134





190110 A5
3 parasurtenseurs couteau



190110 A6
3 parasurtenseurs couteau

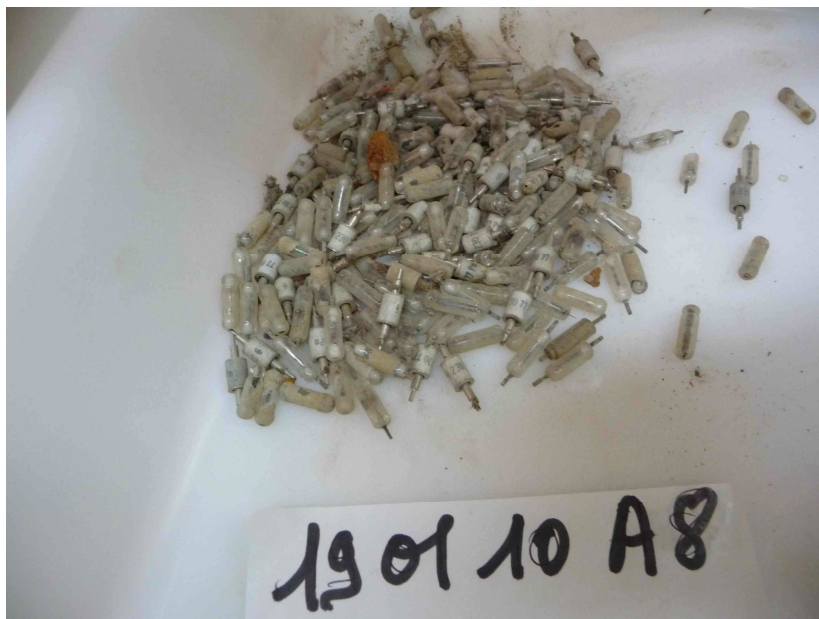


190110 A7
1 parasurtenseur couteau



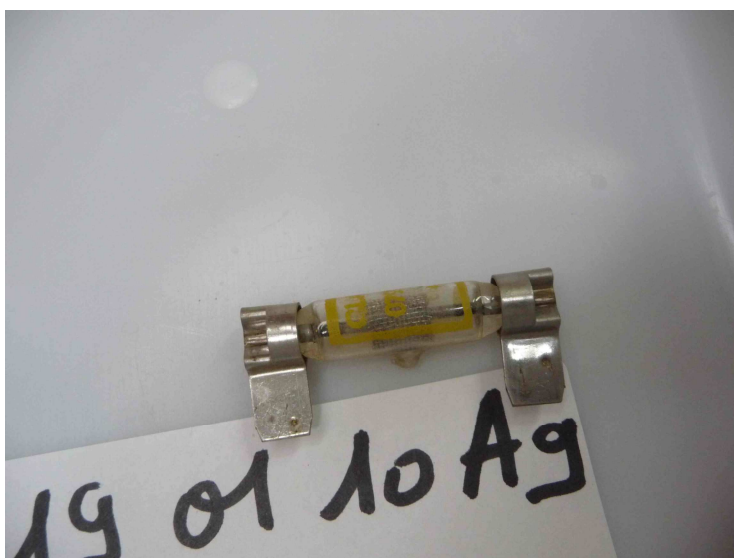
190110 A8

Boîte contenant 189 parasurtenseurs principalement de type MO1 récupérés dans un chemin de câbles



190110 A9

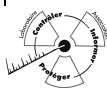
Parasurtenseur couteau extrait de la boîte A8



ANNEXE 2 / Remarques sur la radioprotection du personnel **CRIIRAD**

Lors du traitement des parasurtenseurs, la protection radiologique du personnel du laboratoire de la CRIIRAD a été assurée en particulier par le respect des consignes suivantes :

- Travail sous hotte ventilée lors de la manipulation des échantillons compte tenu de l'émanation possible de radon 222 et de tritium.
- Port de gants, lors de la manipulation d'échantillons non ensachés afin d'éviter la contamination. Mise en sachet des échantillons.
- Port du dosimètre passif,
- Décontamination systématique des paillasse, ustensiles et géométries de conditionnement au moyen de TFD4,
- Réalisation de frottis de contrôle sur les paillasse après traitement des échantillons (aucune contamination détectée : Ra 226 < 0,008 mBq/cm² ; Am 241 < 0,001 mBq/cm²).
- Entreposage des échantillons sous extracteur d'air afin d'éviter une accumulation de tritium ou de radon dans l'air ambiant avant restitution au producteur pour élimination vers un site agréé.



Annexe 3 / remarques sur Le tritium

Extrait d'un texte utilisé par la CRIIRAD en 2005 pour la sensibilisation des personnels d'AIR France confrontés au problème des consignes radioluminescentes contenant du tritium.

Données de physique

Le tritium est le seul isotope radioactif de l'Hydrogène (le noyau contient un proton et 2 neutrons). Les 2 autres isotopes étant l'hydrogène classique et le deutérium (non radioactifs).

Sa période physique est de 12,33 ans. Sa désintégration aboutit à la formation d'hélium stable.

Il émet en se désintégrant des rayonnements Bêta (électrons) de basse énergie ($E_{moy} = 5,7 \text{ keV}$, $E_{max} < 18,6 \text{ keV}$).

Ces rayonnements sont peu pénétrants :

- 1 cm dans l'air,
- 0,02 mm dans l'eau,
- 0,009 mm dans l'aluminium.

Le tritium ne peut être détecté par les méthodes classiques (compteur Geiger, dosimètre, contaminomètre de surface classique) et nécessite des moyens spécifiques (barboteurs ou frottis + scintillation liquide).

Risques radiologiques

Le tritium ne conduit pas à une exposition externe notable mais par contre, il est très mobile (hydrogène radioactif) et se retrouve assez rapidement sous forme de vapeur d'eau H₂O tritiée : risques d'inhalation et d'ingestion et transfert par la peau.

Dans l'environnement une partie du tritium est métabolisé par les plantes et rejoint la chaîne alimentaire sous une forme plus radiotoxique que l'eau tritiée : l'OBT : Organically Bound Tritium.

Les facteurs de dose officiels pour un adulte du public (Arrêté 1/9/2003) sont :

- Ingestion : $1,8E-5 \text{ } \mu\text{Sv/Bq}$ (eau tritiée) et $4,2E-5 \text{ } \mu\text{Sv/Bq}$ (OBT)
- Inhalation : $2,6E-4 \text{ } \mu\text{Sv/Bq}$ (classe S, la plus pénalisante).

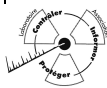
La radiotoxicité du tritium est totalement passée sous silence alors que de nombreux experts dénoncent la méconnaissance des effets d'une contamination chronique par ce radionucléide.

L'ouvrage « 2003 recommendations of the European Committee on Radiation Risk » estime que la **radiotoxicité du tritium est sous-estimée d'un facteur 10 à 30**.

EDF indique souvent à tort dans les documents destinés au public que le tritium « ne s'accumule pas dans les espèces vivantes ». Ceci constitue une négation des études portant sur la transformation du tritium libre en tritium organiquement lié dans les cellules des végétaux et des animaux. Les problèmes spécifiques posés par des radionucléides comme le tritium (et le carbone 14) sont dus au fait qu'en tant que constituants de base de la matière vivante, ces isotopes radioactifs de l'hydrogène et du carbone peuvent être intégrés à la molécule d'ADN elle-même par l'intermédiaire de ses précurseurs.

Ce processus est particulièrement sensible chez l'embryon. Plusieurs études sur les souris ont mis en évidence l'induction de cancers et d'effets héréditaires par les molécules tritiées organiques.

L'OPRI (Office de Protection Contre les Rayonnements Ionisants) indiquait d'ailleurs dans son rapport annuel 1996 que « S'agissant du tritium, l'attention de la communauté scientifique est focalisée sur les formes organiques dont certains auteurs établissent que



leurs effets biologiques sont 1000 fois supérieurs à ceux de l'eau tritiée. ». L'OPRI précisait que les études en cours avaient montré que « le tritium introduit sous forme de molécules organiques peut avoir une efficacité biologique considérable et tout à fait inexplicée ».

Montres contenant du tritium

Pour les peintures radio luminescentes des instruments horaires, le radium a été interdit à partir de juin 1996. Restait le tritium. Mais le décret 2002-450 interdit tout ajout délibéré de radioactivité aux biens de consommation

Le 2 octobre 2003, la CRIIRAD a tenu une conférence de presse sur le problème du tritium dans les montres. Sur une montre de marque FORTIS, la CRIIRAD a mesuré en effet une émission de 15 000 à 60 000 Bq de tritium par jour.

D'après la bibliographie, certaines montres rejettent **5 à 24 millions de becquerels par an**.

Les consignes radioluminescentes

Des consignes radioluminescentes au tritium sont utilisées sur les avions B 747, B 737, Airbus 320 :340. Il s'agit de consignes contenant de 2,5 à 10 Curies (inventaire Air France).

Un Curie = 37 milliards de Becquerels = 37 GBq.

Le 26 mai 2003 a été découverte une consigne au tritium endommagée dans un magasin de la zone maintenance d'Air France à Roissy (arrivée le 23 mai, ref : mars 1989, 0,8 Ci de tritium soit 29,6 GBq). Elle provenait de Nouméa.

Des mesures ont été réalisées par les services officiels :

Mesures de rayonnement gamma effectuées par les pompiers négatives : il s'agit d'un contrôle totalement inadapté dans la mesure où le tritium est un émetteur bêta.

L'IRSN est intervenu le 26 mai 2003 (rapport du 6 juin 2003) et a effectué un frottis sur la consigne cassée : 1,15 Bq/cm² : « *cette faible valeur confirme le fait que la consigne radio luminescente a été brisée longtemps avant sa découverte, le tritium s'étant presque totalement dissipé dans l'air* ».

Les mesures réalisées par l'IRSN sur les urines des travailleurs potentiellement exposés n'ont pas révélé d'activité (prélèvements du 26 et 27 mai 2003 et 11 juillet 2003, activité du tritium inférieure aux limites de détection: < 32 – à < 56 Bq/l).

A la demande de monsieur Joel Fraud / CFDT Air France, la CRIIRAD a effectué un test de présence de tritium dans l'air du local d'entrepasage de la consigne cassée.

Eau exposée du 13 au 20 juin 2003 (assiette sur carton contenant 2 consignes dont une endommagée) : analyse CRIIRAD : 37 000 à 38 000 Bq/l.

Ce test a révélé une émanation très significative de tritium ce qui démontre que la méthodologie de contrôle mise en œuvre par l'IRSN n'est pas satisfaisante.

Pour comparaison, des tests effectués précédemment par la CRIIRAD sur des eaux exposées à proximité de 60 à 90 consignes non endommagées n'avaient révélé aucune activité en tritium: < 2 Bq/l.

Rédaction : B Chareyron, CRIIRAD, janvier 2005.

