

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien

Groupe RaMsEs

23 rue du Loess

BP 28

67037 – Strasbourg cedex 2

France Télécom - UI Auvergne

Lavoisier Central Téléphonique

32 rue du Clos Notre Dame

63000 Clermont-Ferrand

A l'attention de M. MAERTEN

Vos réf. : Bon de commande en attente

Nos réf. : Revue de demande de prestation n° : 07-2012-1

OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre de l'expertise demandée par le CHSCT de l'UI Auvergne de France Télécom, portant sur l'exposition externe et interne des risques aux rayonnements ionisants et leurs risques pour la santé des salariés, le groupe RaMsEs de l'IPHC a en charge les simulations Monte Carlo de différents scénarii d'exposition aux parasurtenseurs.

Ce travail vient en complément de l'étude réalisée par l'IRSN (Rapport DRPH 2010-7) et permet l'évaluation, pour chaque type d'opération et pour un parasurtenseur donné, de la dose correspondante. Sur la base du retour d'expérience du CHSCT de l'UI Auvergne, certaines modifications ont été apportées aux hypothèses initiales :

- Géométries des parasurtenseurs, des répartiteurs et des boîtiers,
- L'activité et le radioélément dans le parasurtenseur,
- Le déroulement des opérations, le temps d'exposition et la distance de l'opérateur au terme source.

Un outil de modélisation a été fourni au CHSCT de l'UI Auvergne afin de permettre à celui-ci de modifier certaines hypothèses pour chaque étape d'un scénario, à savoir :

- L'activité du parasurtenseur,
- Le temps d'exposition,
- La distance de l'opérateur aux parasurtenseurs.

Le rapport comporte 46 pages.

La reproduction du rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

	Rédacteur	Responsable Technique
Date	16/05/2014	16/05/2014
Nom/Visa	A. SELLAM	A. NOURREDDINE

Sommaire

1.	Historique et démarche de l'étude.....	4
2.	Méthode d'évaluation de l'exposition externe	5
3.	Géométries utilisées	5
1.1	Parasurtenseurs.....	5
1.1.1	M01.....	5
1.1.2	M06.....	6
1.1.3	CITEL 0790061 (C20).....	6
1.1.4	CITEL 71.....	6
1.2	Conditionnement en magasin	7
1.2.1	Parasurtenseurs M01 et M06	7
1.2.2	Parasurtenseurs CITEL 0790061 (C20) et CITEL 71.....	8
1.3	Conditionnement dans une poche	9
1.3.1	Parasurtenseurs M01 et M06	9
1.3.2	Parasurtenseurs CITEL 0790061 (C20) et CITEL 71.....	9
1.4	Répartiteurs.....	10
1.4.1	Tête de câble.....	10
1.4.2	Grand répartiteur.....	11
1.4.3	Petit répartiteur	11
1.5	Boitiers.....	12
1.5.1	RPF 1Q.....	12
1.5.2	RPF 7Q.....	13
1.5.3	RPC 14.....	14
1.5.4	RPC 28.....	15
4.	Scénarii d'exposition et résultats	16
1.6	Scénario n°1 : Installation des têtes de câble dans un répartiteur d'abonnés	16
1.6.1	Rappel du scénario de l'IRSN.....	16
1.6.2	Scénario 1.1 : Installation d'une tête de câble dans un grand répartiteur d'abonnés sur deux journées de travail	17
1.6.3	Scénario 1.2 : Installation d'une tête de câble dans un petit répartiteur d'abonnés sur une journée de travail	18
1.7	Scénario n°2 : Installation de parasurtenseurs dans les boitiers	20
1.7.1	Rappel du scénario de l'IRSN.....	20
1.7.2	Scénario 2.1 : Installation d'un boîtier de type RPF 7Q sur une demi-journée de travail.....	20
1.7.3	Scénario 2.2 : Installation d'un boîtier de type RPF 1Q sur une demi-journée de travail.....	22
1.8	Scénario n°3 : Une journée de travail dans un répartiteur avec remplacement de 50 parasurtenseurs	23
1.8.1	Rappel du scénario de l'IRSN.....	23
1.8.2	Scénario 3.1 : Une journée de travail dans un grand répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M01	24
1.8.3	Scénario 3.2 : Une journée de travail dans un grand répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M06.....	26
1.8.4	Scénario 3.3 : Une journée de travail dans un petit répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M01	28
1.8.5	Scénario 3.4 : Une journée de travail dans un petit répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M06.....	30
1.9	Scénario n°4 : Une journée de maintenance de boitiers	32
1.9.1	Rappel du scénario de l'IRSN.....	32
1.9.2	Scénario 4.1 : Maintenance d'un boîtier type RPF 7Q sur une journée de travail.....	32
1.9.3	Scénario 4.2 : Maintenance d'un boîtier type RPC 28 sur une journée de travail	34
1.9.4	Scénario 4.3 : Maintenance d'un boîtier type RPC 14 sur une journée de travail	35
1.10	Scénario n°4bis : Opération unitaire de test de parasurtenseurs lors d'un dépannage.....	36
1.10.1	Scénario 4.1bis : Test d'un parasurtenseur de type CITEL 079 0061 sur terrain dans un boîtier RPF 7Q (Opération unitaire).....	37
1.10.2	Scénario 4.2bis : Test d'un parasurtenseur de type CITEL 71 sur terrain dans un boîtier RPF 14 (Opération unitaire).....	38

1.11	Scénario n°5 : Dépose des parasurtenseurs d'un répartiteur	38
1.11.1	<i>Rappel du scénario de l'IRSN.....</i>	38
1.11.2	<i>Scénario 5.1 : Dépose d'une ferme dans un grand répartiteur d'abonnés sur une journée de travail.....</i>	39
1.11.3	<i>Scénario 5.2 : Dépose d'une ferme dans un petit répartiteur d'abonnés sur une demi-journée de travail.....</i>	40
1.12	Scénario n°6 : Une journée de maintenance de boîtiers	41
1.12.1	<i>Rappel du scénario de l'IRSN.....</i>	41
1.12.2	<i>Scénario 6.1 : Dépose de parasurtenseurs d'un boîtier type RPF 7Q sur une journée de travail</i>	41
1.12.3	<i>Scénario 6.2 : Dépose de parasurtenseurs d'un boîtier type RPC 14 sur une journée de travail.....</i>	42
1.13	Scénario n°6bis : Opération unitaire de dépose d'un boîtier	43
1.13.1	<i>Scénario 6bis.1 : Dépose d'un boîtier RPF 7Q (Opération unitaire).....</i>	43
1.13.2	<i>Scénario 6bis.2 : Dépose d'un boîtier RPC 14 (Opération unitaire).....</i>	44
1.14	Scénario 7 : Evaluation de l'exposition interne par inhalation	45
1.14.1	<i>Rappel du scénario de l'IRSN.....</i>	45
1.14.2	<i>Résultats</i>	45
5.	Outil de modélisation	46

1. Historique et démarche de l'étude

Afin de définir certaines hypothèses utilisées dans les scénarii d'exposition, de nombreuses réunions de travail, le recueil de témoignages d'opérateurs ayant travaillé avec des parasurtenseurs ainsi que des mesures sur le terrain ont été réalisées. Les principaux événements qui se sont produits sur ces deux années qui ont été nécessaires à la réalisation de cette étude, sont listés ci-dessous :

- 16 mai 2012 : réunion de travail de la commission parafoudre sur les scénarii d'exposition
- 25 mai 2012 : réunion de travail au CHSCT sur les scénarii d'exposition
- 1 Juillet 2012 : début de la prestation IPHC pour la modélisation des scénarii d'exposition
- 4 octobre 2013 : réunion téléphonique (CHSCT UI AUVERGNE, SECAFI et IPHC) pour la définition des hypothèses des scénarii d'exposition
- 12 décembre 2012 : réunion à Clermont-Ferrand (CHSCT UI AUVERGNE, SECAFI et IPHC) pour la définition des hypothèses des scénarii d'exposition
- 18 décembre 2012 : prise de mesures des équipements de protection (boîtes RP/RPC) et des bâtiments techniques de France Télécom en réponse au questionnement de l'IPHC. (Travail commun commission parafoudres/chef de projet parafoudres)
- 18 janvier 2013 : réunion téléphonique (CHSCT UI AUVERGNE, SECAFI et IPHC) pour la définition des hypothèses des scénarii d'exposition
- 22 janvier 2013 : Caractérisation détaillée d'une tête Thomson 65 par la commission parafoudres.
- 13 février 2013 : remise par l'IPHC d'un rapport présentant l'influence sur l'exposition externe du nombre de ferme dans un répartiteur d'abonnés
- 15, 18, 21, 22 et 25 février 2013 : observations terrains de la commission parafoudres pour dénombrer le nombre de fermes dans les petits et les grands répartiteurs
- 13 mars 2013 : travail en commun avec le chef de projet parafoudres, la commission parafoudres du CHSCT et les techniciens de l'UI Auvergne pour répondre précisément aux questions formulées par l'IPHC de Strasbourg concernant les scénarii d'exposition au rayonnement ionisant.
- 4 avril 2013 : Remplacement des parafoudres radioactifs du classe IV de Blesle (Haute-Loire) ; cette opération a permis de valider la distance tête opérateur/tête de câble en réponse au questionnement de l'IPHC de Strasbourg (Travail commission parafoudres)
- 22 mai 2013 : réunion téléphonique (CHSCT UI AUVERGNE, SECAFI et IPHC) pour la définition des hypothèses des scénarii d'exposition
- 10 juillet 2013 : réunion de la commission parafoudre sur les hypothèses
- 21 novembre 2013 : Présentation des résultats préliminaires par l'IPHC pour les scénarii 1 à 4 et finalisation des hypothèses pour les scénarii restant.
- 16 décembre 2013 : réunion téléphonique (CHSCT UI AUVERGNE, SECAFI et IPHC) pour la définition des hypothèses des scénarii d'exposition
- 28 janvier 2014 : réunion de travail à Clermont-Ferrand pour la définition des hypothèses de l'étude.
- 25 février 2014 : Présentation des résultats de l'étude.
- 19 mai 2014 : Présentation de l'outil de modélisation.

2. Méthode d'évaluation de l'exposition externe

La modélisation de l'exposition externe a été réalisée à l'aide du code MCNPX. Ce code initialement développé par le Laboratoire de Los Alamos aux Etats Unis, est couramment utilisé pour la simulation du transport de particules dans des géométries ou des configurations tridimensionnelles complexes.

La dose a été obtenue à l'aide des coefficients de conversion de la CIPR 74 en utilisant la géométrie d'irradiation « antéro-postérieure ». Cette approche permet d'estimer l'exposition externe de manière très pénalisante.

Pour chaque scénario d'exposition, les doses corps entier, aux extrémités, à la peau et au sein ont été déterminées en tenant compte des données géométriques, du radioélément (^{226}Ra ou ^{147}Pm), du type de rayonnement (bêta ou gamma), du temps d'exposition et de la distance aux parasurtenseurs.

3. Géométries utilisées

1.1 Parasurtenseurs

4 types de parasurtenseurs ont été retenus pour cette étude : M01, M06, CITEL 0790061 (C20) et CITEL 71. Afin de relever les caractéristiques géométriques, des mesures ont été réalisées sur des exemples de parasurtenseurs mis à disposition par le CHSCT.

1.1.1 M01

Ce type de parasurtenseurs, contenant une activité de 560 Bq^1 de Radium 226 (en équilibre avec tous ses descendants), est composé d'une tige en acier et d'une enveloppe en verre. La photo ci-après illustre un exemple de M01.

Les caractéristiques géométriques retenues sont présentées sur la figure suivante.

La source de rayonnement, considérée comme ponctuelle, est située au centre du parasurtenseur.

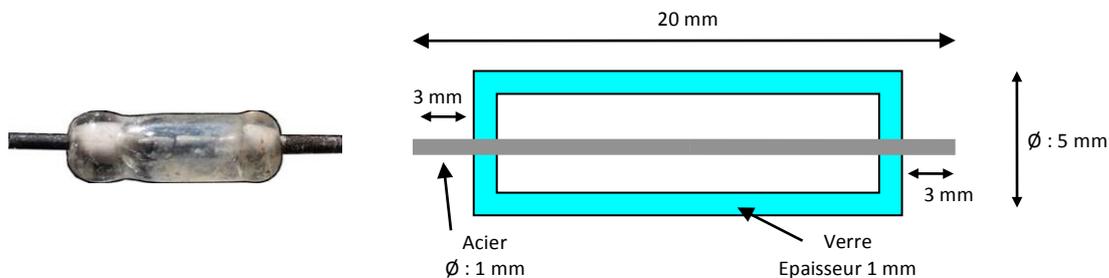


Photo d'un M01

Caractéristiques géométriques retenues

¹ Mesures SUBATECH – Catalogue Hémisphère

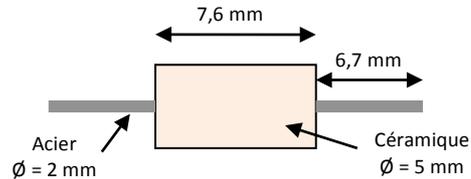
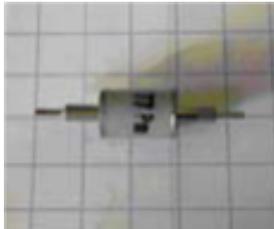
Rapport d'expertise n° RE 12_32

1.1.2 M06

Ce type de parasurtenseurs, contenant une activité de 200 000 Bq² de Prométhéum 147, est composé d'une tige en acier et d'une enveloppe en céramique. La photo ci-après illustre un exemple de M06.

Les caractéristiques géométriques retenues sont présentées sur la figure suivante.

La source de rayonnement, considérée comme ponctuelle, est située au centre du parasurtenseur.

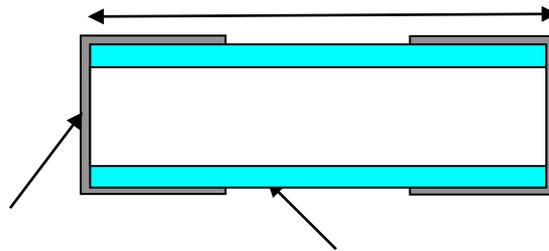


1.1.3 CITEL 0790061 (C20)

Ce type de parasurtenseurs, également appelé C20 et contenant une activité de 2500 Bq³ de Radium 226 (en équilibre avec tous ses descendants), est composé d'une partie métallique et d'une enveloppe en verre. La photo ci-après illustre un exemple de C20.

Les caractéristiques géométriques retenues sont présentées sur la figure suivante.

La source de rayonnement, considérée comme ponctuelle, est située au centre du parasurtenseur.

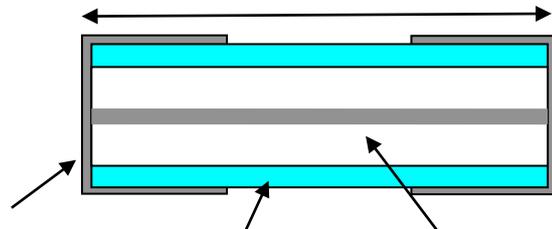


1.1.4 CITEL 71

Ce type de parasurtenseurs, contenant une activité de 5700 Bq⁴ de Radium 226 (en équilibre avec tous ses descendants), est composé d'une tige en acier et d'une enveloppe en verre. La photo ci-après illustre un exemple de CITEL 71.

Les caractéristiques géométriques retenues sont présentées sur la figure suivante.

La source de rayonnement, considérée comme ponctuelle, est située au centre du parasurtenseur.



² Mesures IPHC en 2012 (rapport RI 12_20) – l'activité a été rapportée à l'année 1976

³ Mesure IPHC 2012 (rapport RI 12_20)

⁴ Mesure CRIIRAD 2010 (rapport 10-08)

1.2 Conditionnement en magasin

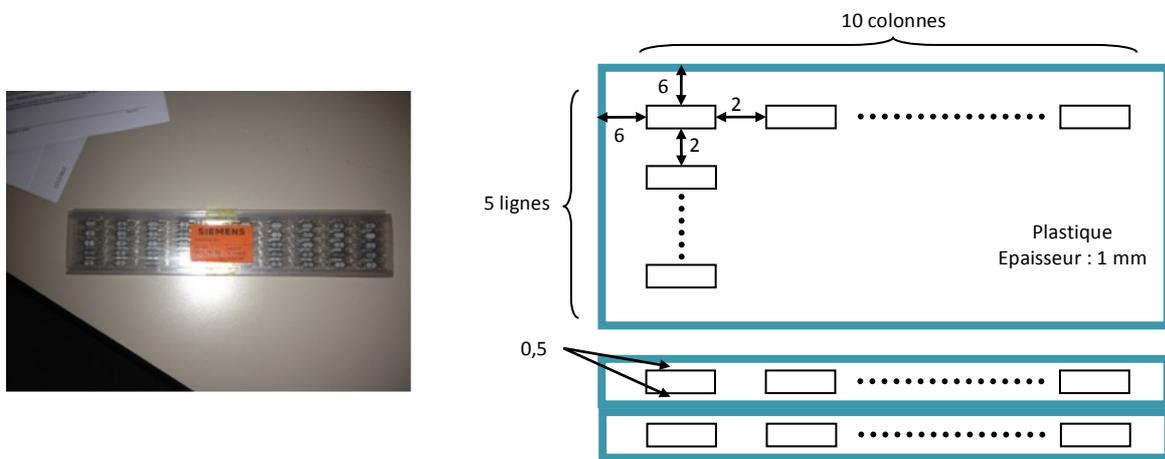
Dans les 4 premiers scénarii d'exposition, l'opérateur se rend dans un magasin où se trouvent 10 000 parasurtenseurs pour effectuer son ravitaillement.

1.2.1 Parasurtenseurs M01 et M06

Les parasurtenseurs de type M06 étaient conditionnés dans deux « blisters » en plastiques contenant chacun 50 parasurtenseurs. Aucun conditionnement n'a été retrouvé pour les parasurtenseurs de type M01. L'hypothèse retenue est que le conditionnement des M01 est identique à celui des M06.

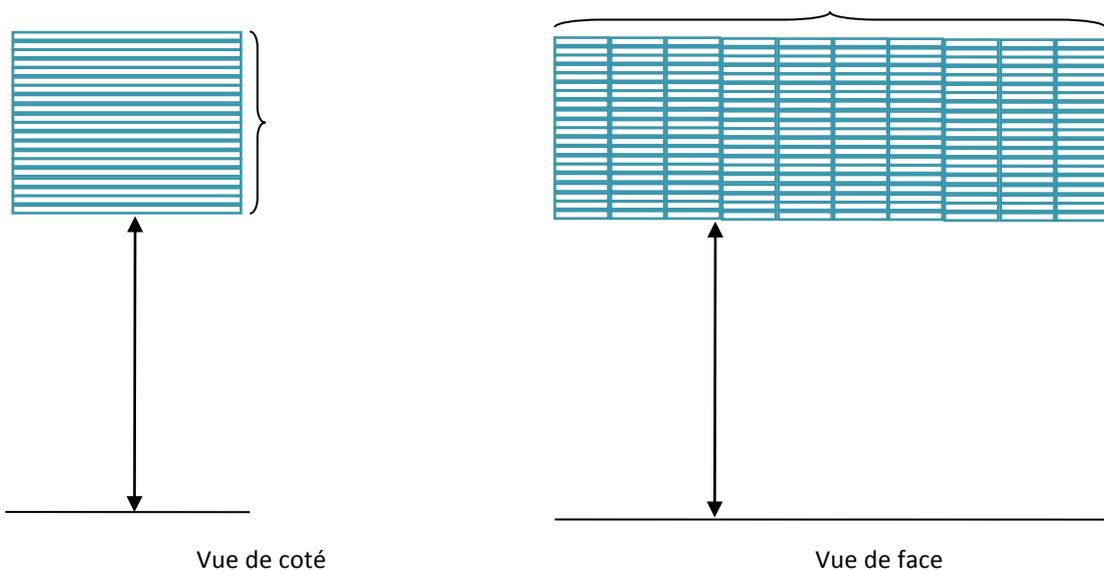
La photo ci-après illustre un exemple de conditionnement de M06.

Les caractéristiques géométriques retenues sont présentées sur la figure suivante (données en mm).



Les 10 000 parasurtenseurs sont répartis en 10 rangées de 10 paquets superposés de deux blisters de 50 parasurtenseurs. Les paquets de blister sont positionnés à 85 cm du sol.

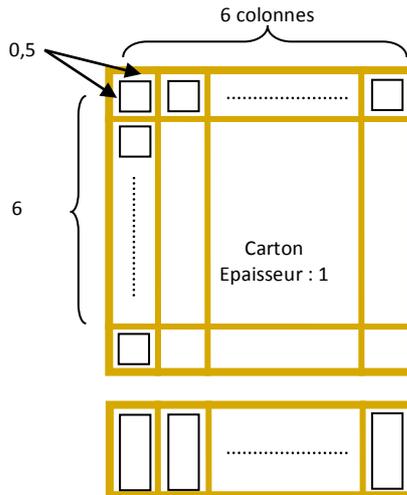
L'hypothèse retenue est que l'opérateur voit les blisters sur la petite largeur.



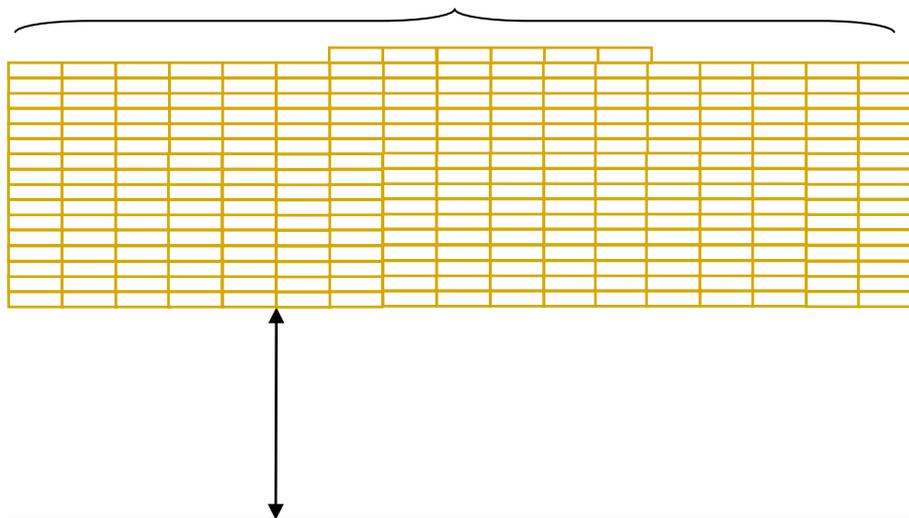
1.2.2 Parasurtenseurs CITEL 0790061 (C20) et CITEL 71

Aucun conditionnement n'a été retrouvé pour les parasurtenseurs de type CITEL 0790061 (C20) et CITEL 71. En se basant sur le conditionnement d'autres parasurtenseurs de taille similaire, l'hypothèse retenue est que le conditionnement est une boîte en carton de 1 mm d'épaisseur, contenant 36 parasurtenseurs (6 x 6) séparés par des cartons de 1 mm d'épaisseur. Les parasurtenseurs (C20 et CITEL 71) sont positionnés verticalement.

Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur la figure suivante (données en mm).



Les 10000 parasurtenseurs sont répartis en 17 rangées de 16 boîtes de 36 parasurtenseurs et une ligne de 6 boîtes. Les paquets cartonnés sont positionnés à 85 cm du sol.



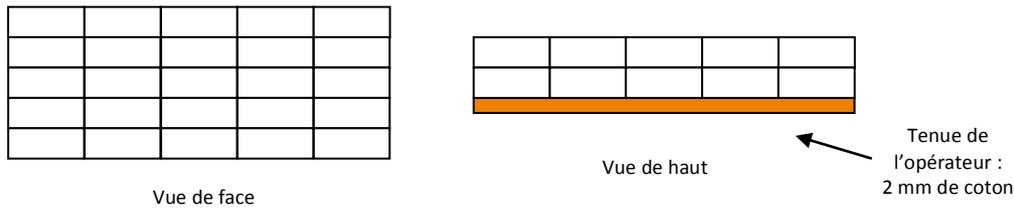
1.3 Conditionnement dans une poche

Dans certains scénarii d'exposition, l'opérateur porte un certain nombre de parasurtenseurs dans une poche. L'hypothèse retenue est que la poche se trouve au niveau de la poitrine.

1.3.1 Parasurtenseurs M01 et M06

L'opérateur porte, dans la poche poitrine, 50 parasurtenseurs répartis en deux couches de 5 x 5 parasurtenseurs. La tenue vestimentaire de l'opérateur est représentée par une épaisseur de 2 mm de coton.

La disposition des parasurtenseurs dans la poche est présentée sur la figure suivante :



1.3.2 Parasurtenseurs CITEL 07900061 (C20) et CITEL 71

L'opérateur porte, dans la poche poitrine, 4 ou 10 parasurtenseurs. La tenue vestimentaire de l'opérateur est représentée par une épaisseur de 2 mm de coton.

Les répartitions se présentent sous la forme d'une couche de :

- 5 x 2 parasurtenseurs, pour le port de 10 parasurtenseurs. La figure suivante présente la configuration :



- 4 x 1 parasurtenseurs, pour le port de 4 parasurtenseurs. La figure suivante présente la configuration :



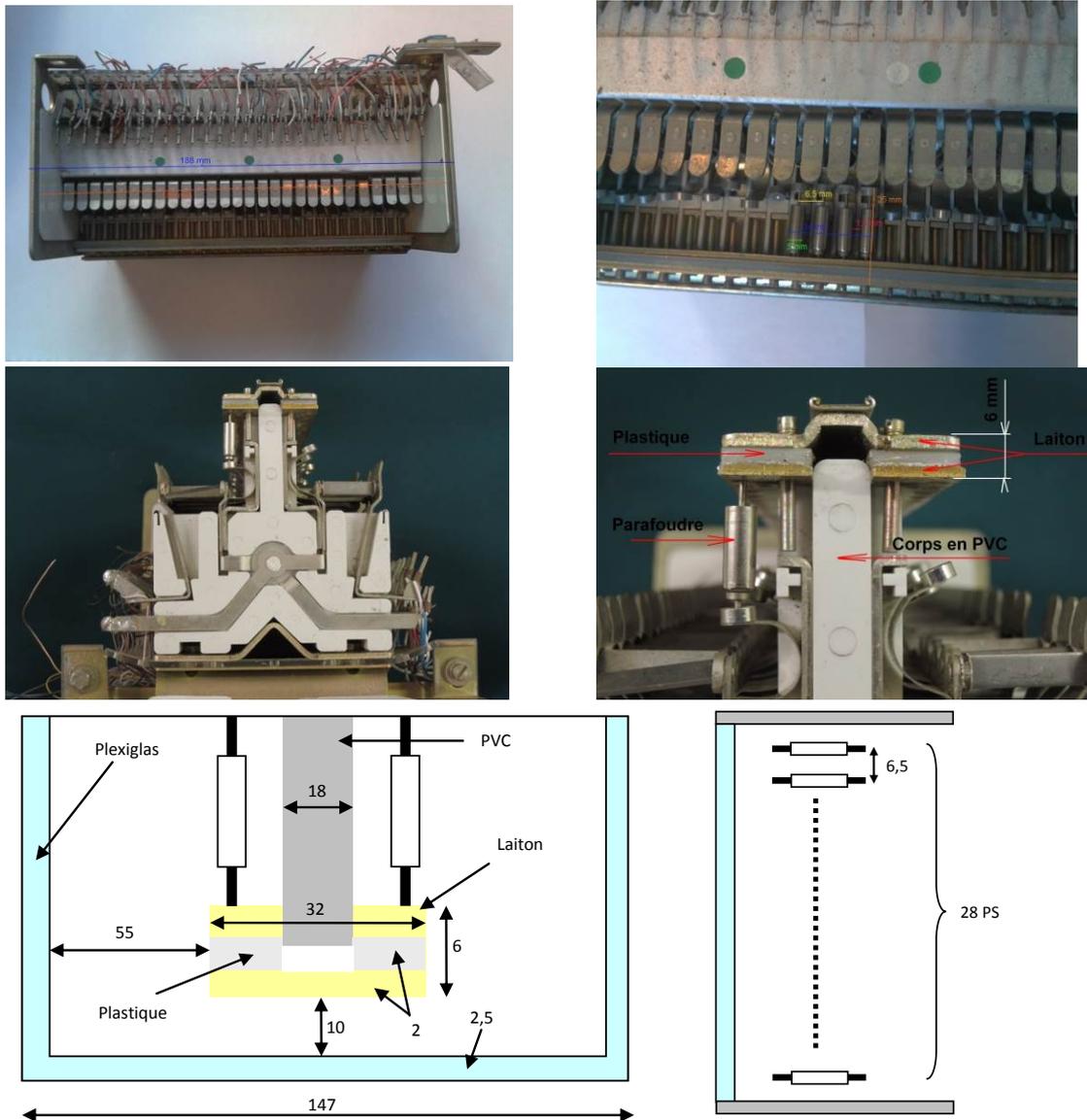
Rapport d'expertise n° RE 12_32

1.4 Répartiteurs

Les répartiteurs sont composés de blocs appelés têtes de câbles, positionnés l'un sur l'autre dans des colonnes appelées fermes.

1.4.1 Tête de câble

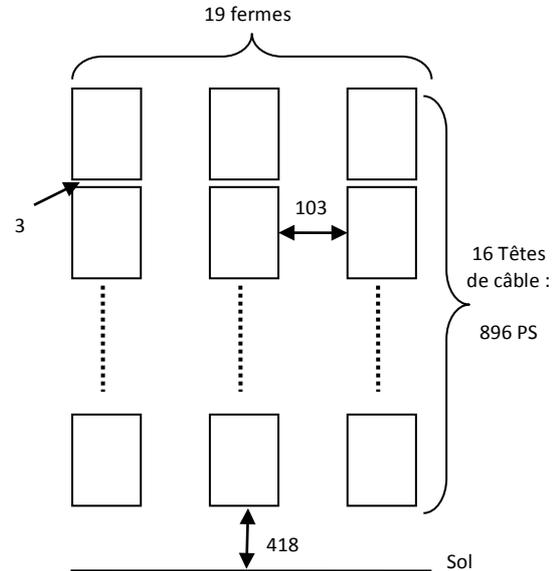
Une tête de câble contient 56 parasurtenseurs répartis sur deux colonnes de 28 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur la figure suivante (données en mm).



Rapport d'expertise
n° RE 12_32

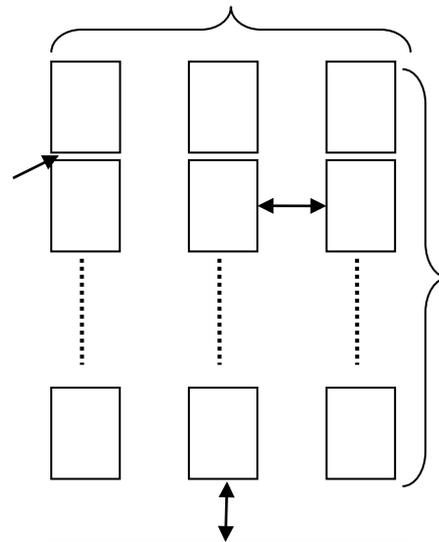
1.4.2 Grand répartiteur

Un grand répartiteur est composé de 19 fermes contenant chacune 16 têtes de câble, soit au total 17 024 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur la figure suivante (données en mm).



1.4.3 Petit répartiteur

Un petit répartiteur est composé de 7 fermes contenant chacune 8 têtes de câble, soit au total 3136 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur la figure suivante (données en mm).



**Rapport d'expertise
n° RE 12_32**

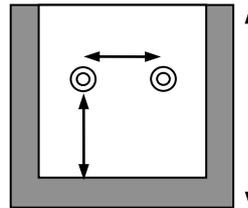
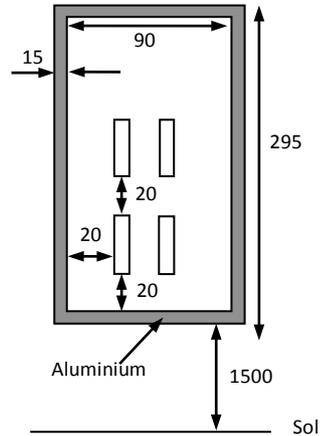
1.5 Boitiers

1.5.1 RPF 1Q

Le boîtier RPF 1Q contient 4 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur les figures suivantes (données en mm).



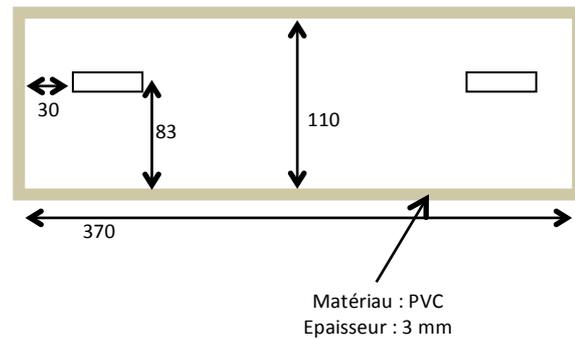
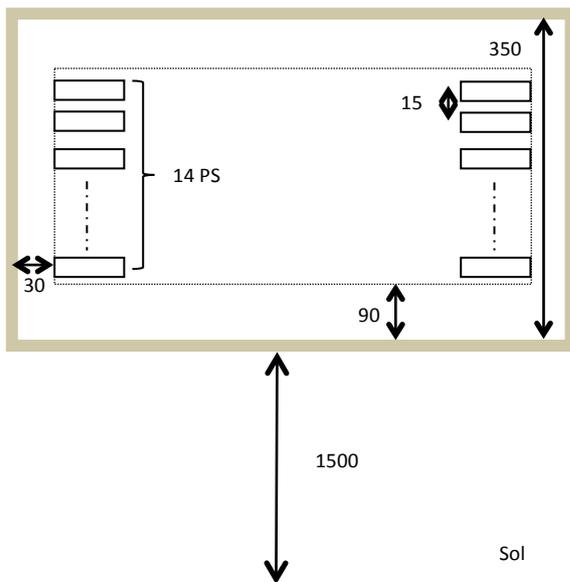
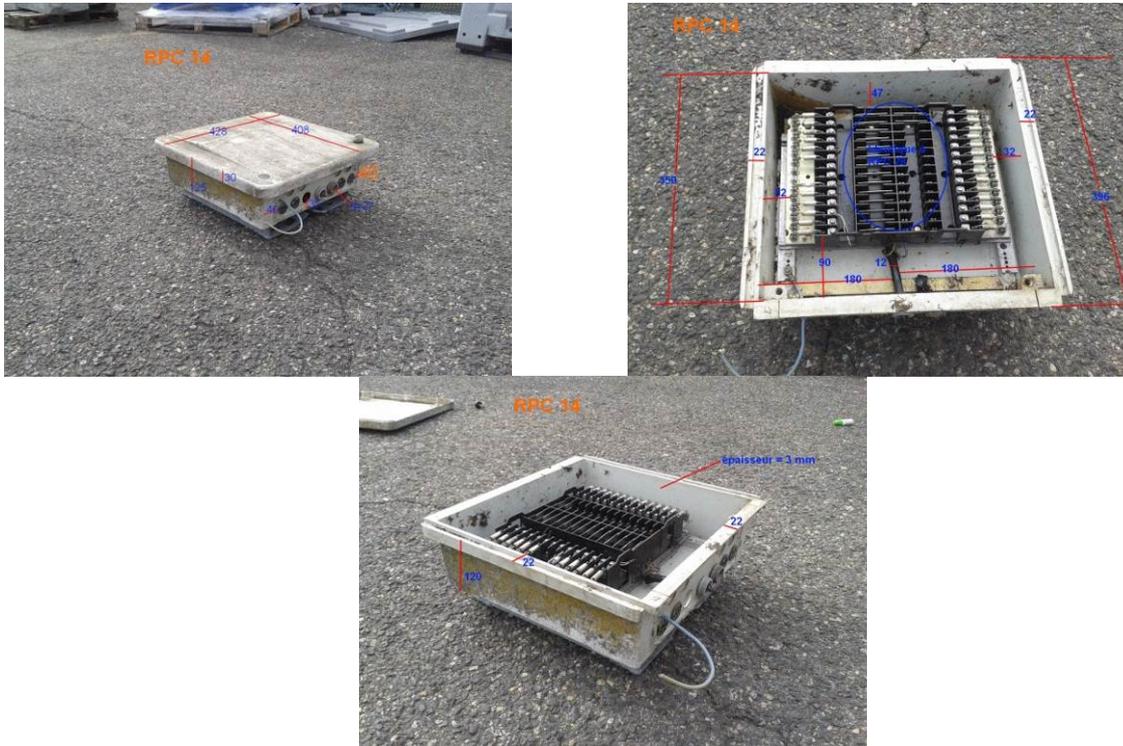
Boîtier RPF sur son poteau (code CRIIRAD A1)



Rapport d'expertise
n° RE 12_32

1.5.3 RPC 14

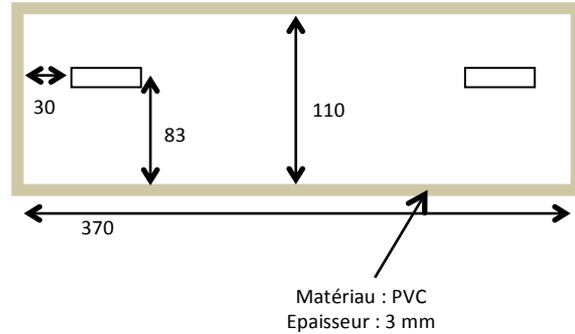
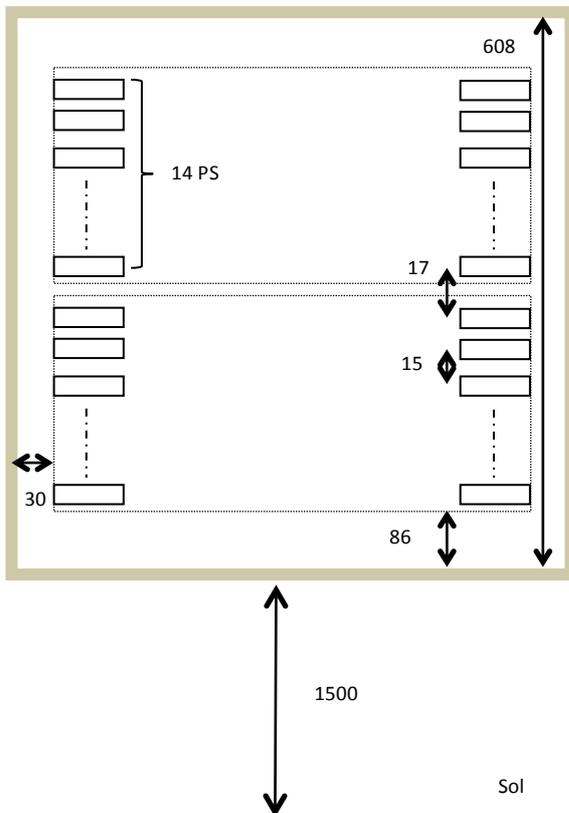
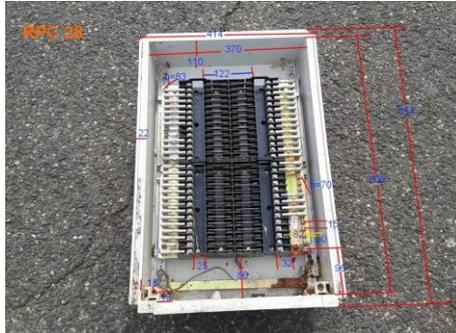
Le boîtier RPC 14 contient 28 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur les figures suivantes (données en mm).



Rapport d'expertise
n° RE 12_32

1.5.4 RPC 28

Le boîtier RPC 28 contient 56 parasurtenseurs. Le détail des caractéristiques géométriques retenues est présenté sur les figures suivantes (données en mm).



4. Scénarii d'exposition et résultats

L'évaluation de l'exposition externe ou interne a été réalisée sur la base de 7 scénarii décrit dans le rapport⁵ de l'IRSN. Chaque scénario a été complété afin de mieux prendre en compte les remarques du CHSCT de l'UI Auvergne. Les modifications ont été apportées aux données suivantes :

- Géométries des parasurtenseurs, des répartiteurs et des boîtiers,
- L'activité et le radioélément dans le parasurtenseur,
- Le déroulement des opérations, le temps d'exposition et la distance de l'opérateur au terme source.

1.6 Scénario n°1 : Installation des têtes de câble dans un répartiteur d'abonnés

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors de l'installation d'une tête de câble dans :

- un grand répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M01, sur deux journées de travail (scénario 1.1)
- un petit répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M06, sur une journée de travail (scénario 1.2)

1.6.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Pour les quatre premiers scénarios, il est postulé l'existence d'un magasin d'entreposage du matériel dans lequel il y a un stockage de 10 000 parasurtenseurs.

Il est fait le distinguo entre les grands répartiteurs d'abonnés et les petits répartiteurs d'abonnés. Pour les grands répartiteurs d'abonnés : une tête de câble a une hauteur égale à 4 m avec 896 parasurtenseurs, nécessite 8 heures de câblage et 4 heures de pose de parasurtenseurs. Pour les petits répartiteurs d'abonnés : une tête de câble à une hauteur égale à 2 m avec 448 parasurtenseurs, nécessite 4 heures de câblage et 2 heures de pose de parasurtenseurs.

- dans le magasin : l'opérateur passe 5 minutes dans le magasin pour prendre les 896 parasurtenseurs dont il a besoin pour une tête de câble. Pendant ce temps, il est considéré se trouver en moyenne à une distance «égale à 30 cm du stockage des parasurtenseurs ;
- entre le magasin et la tête de câble : l'opérateur prend 5 minutes pour porter les parasurtenseurs du magasin à la tête du câble;
- sur la tête du câble : pendant qu'il câble une tête du câble, l'opérateur est exposé aux parasurtenseurs des têtes de câble précédemment montées (opération dite de câblage). Pendant qu'il pose les parasurtenseurs d'une tête de câble (opération dite de pose), l'opérateur est supposé avoir déposé les parasurtenseurs correspondants dans une boîte, celle-ci se trouvant en moyenne à 50 cm de lui; de plus, il est fait l'hypothèse que l'opérateur détient 50 parasurtenseurs en permanence dans une poche poitrine pendant tout le temps de pose des parasurtenseurs. L'opérateur est considéré se tenir en moyenne à 10 cm des têtes de câble pendant qu'il effectue un câblage et à 30 cm en moyenne quand il pose les parasurtenseurs.

⁵ Rapport DRPH 2010-7

1.6.2 Scénario 1.1 : Installation d'une tête de câble dans un grand répartiteur d'abonnés sur deux journées de travail

1.6.2.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 17024 parasurtenseurs de type M01 (^{226}Ra – 560 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur deux journées de travail, est de 12 heures et 10 minutes.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 4 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10 000 parasurtenseurs de type M01, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Trajet

Pour installer la tête de câble dans le répartiteur, l'opérateur récupère 18 blisters de 50 parasurtenseurs, soit un total de 900, positionnés l'un sur l'autre. Pendant 5 minutes, il transporte les parasurtenseurs au contact de son corps.

Etape 3 : Câblage

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 8 heures, il est exposé par :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 10 cm et ses extrémités sont au contact de la ferme centrale.
- 850 nouveaux parasurtenseurs, conditionnés dans 17 blisters positionnés l'un sur l'autre. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 50 cm.
- 50 nouveaux parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 10 cm de ses extrémités.

Etape 4 : Pose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 4 heures, il est exposé à :

- 17 024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 20 cm et ses extrémités sont au contact de la ferme centrale.
- 850 nouveaux parasurtenseurs, conditionnés dans 17 blisters positionnés l'un sur l'autre. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 50 cm.
- 50 nouveaux parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 20 cm de ses extrémités.

1.6.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	5 min	900	0 (Contact)	0 (Contact)	
Câblage	Grand répartiteur	8 h	17 924	17024 contenus dans les 19 fermes	10	0 (Contact)
				850 nouveaux contenus dans 17 blisters	50	50
				50 dans sa poche	0 (Contact)	10
Pose des parasurtenseurs	Grand répartiteur	4 h	17 924	17024 contenus dans les 19 fermes	20	0 (Contact)
				850 nouveaux contenus dans 17 blisters	50	50
				50 dans sa poche	0 (Contact)	20

1.6.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 1.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10000	0,204	0,002	0,201	0,031	0,193	0,002	5,688	0,229
Trajet	900	3,030	0,026	2,985	0,504	2,861	0,031	1,768	0,251
Câblage	17024 (19 fermes)	16,829	0,109	16,606	2,636	15,902	0,173	30,492	1,429
	850 (17 blisters)	3,316	0,036	3,267	1,628	3,131	0,083	3,267	1,628
Pose des parasurtenseurs	50 (Poche)	215,680	6,444	212,864	1996,421	203,792	29,875	4,410	6,789
	17024 (19 fermes)	7,149	0,049	7,052	1,706	6,754	0,049	15,246	0,715
	850 (17 blisters)	1,658	0,018	1,634	0,813	1,565	0,041	1,634	0,813
	50 (Poche)	107,840	3,221	106,432	998,211	101,896	14,937	0,282	0,448
	Total	355,707	9,906	351,041	3001,949	336,093	45,191	62,787	12,301

1.6.3 Scénario 1.2 : Installation d'une tête de câble dans un petit répartiteur d'abonnés sur une journée de travail

1.6.3.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 3136 parasurtenseurs de type M06 (^{147}Pm – 200 000 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 6 heures et 10 minutes.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 4 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M06, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Trajet

Pour installer la tête de câble dans le répartiteur, l'opérateur récupère 10 blisters de 50 parasurtenseurs, soit un total de 500, positionnés l'un sur l'autre. Pendant 5 minutes, il transporte les parasurtenseurs au contact de son corps.

Etape 3 : Câblage

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 4 heures, il est exposé à :

- 3 136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 10 cm et ses extrémités sont au contact de la ferme centrale.
- 450 nouveaux parasurtenseurs, conditionnés dans 9 blisters positionnés l'un sur l'autre. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 50 cm.
- 50 nouveaux parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 10 cm de ses extrémités.

Etape 4 : Pose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 2 heures, il est exposé à :

- 3 136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 20 cm et ses extrémités sont au contact de la ferme centrale.
- 450 nouveaux parasurtenseurs, conditionnés dans 9 blisters positionnés l'un sur l'autre. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 50 cm.
- 50 nouveaux parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 20 cm de ses extrémités.

1.6.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Localisation	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs (PS)	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	5 min	900	0 (Contact)	0 (Contact)	
Câblage	Grand répartiteur	4 h	3636	3136 contenus dans les 7 fermes	10	0 (Contact)
				450 nouveaux contenus dans 9 blisters	50	50
				50 dans sa poche	0 (Contact)	10
Pose des parasurtenseurs	Grand répartiteur	2 h	3636	3136 contenus dans les 7 fermes	20	0 (Contact)
				450 nouveaux contenus dans 9 blisters	50	50
				50 dans sa poche	0 (Contact)	20

1.6.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 1.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000	0,054	0,000
Trajet	900	0,026	0,000	0,023	0,000	0,023	0,000	0,018	0,000
Câblage	3136 (7 fermes)	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000
	450 (9 blisters)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	50 (Poche)	0,025	0,000	0,021	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000
Pose des parasurtenseurs	3136 (7 fermes)	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,002	0,000
	450 (9 blisters)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	50 (Poche)	0,025	0,000	0,021	0,000	0,022	0,000	0,000	0,000
	Total	0,080	0,000	0,069	0,000	0,071	0,000	0,077	0,000

1.7 Scénario n°2 : Installation de parasurtenseurs dans les boîtiers

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors de l'installation de parasurtenseurs dans un boîtier de type :

- RPF 7Q contenant des parasurtenseurs de type CITEL 0790061, sur une demi-journée de travail (scénario 2.1)
- RPF 1Q contenant des parasurtenseurs de type CITEL 71, sur une demi-journée de travail (scénario 2.2)

1.7.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Pour les quatre premiers scénarios, il est postulé l'existence d'un magasin d'entreposage du matériel dans lequel il y a un stockage de 10 000 parasurtenseurs.

Pour approvisionner le coffre du véhicule : chaque semaine, l'opérateur fait 5 allers-retours entre le coffre de son véhicule et le magasin pour approvisionner à chaque fois l'équivalent de 2 boîtiers. Chaque aller-retour dure 5 minutes et nécessite 5 minutes dans le magasin (durée pendant laquelle l'opérateur se trouve en moyenne à une distance égale à 30 cm du stockage des parasurtenseurs).

Les trajets : l'opérateur se déplace avec son véhicule, de boîtiers en boîtiers, avec les parasurtenseurs dans son coffre (soit 2280). Il est retenu une heure de trajet par jour et une distance de 50 cm entre les parasurtenseurs et l'opérateur au volant du véhicule (distance possible d'un véhicule de type utilitaire).

Sur chaque boîtier : l'opérateur prend environ 1 heure pour câbler un boîtier et 10 minutes pour poser les parasurtenseurs. Pendant le temps de câblage, les parasurtenseurs sont supposés à une distance moyenne de l'opérateur égale à 1m (les parasurtenseurs étant supposés laissés dans le coffre pendant le câblage). Pendant la pose des parasurtenseurs, l'opérateur est supposé à une distance moyenne de 30 cm des parasurtenseurs. De plus, l'opérateur est supposé avoir 50 parasurtenseurs en permanence dans une poche poitrine pendant tout le temps de pose de parasurtenseurs.

1.7.2 Scénario 2.1 : Installation d'un boîtier de type RPF 7Q sur une demi-journée de travail

1.7.2.1 Descriptif

Le boîtier RPF 7Q contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061 (^{226}Ra – 2500 Bq).

Pour l'installation d'un boîtier, la durée totale des opérations, répartie sur une demi-journée de travail, est de 2 heures et 20 minutes.

L'installation d'un boîtier est réalisée en 5 étapes :

Etape 1 : Aller-retour véhicule-magasin

L'opérateur transporte deux boîtes de 36 parasurtenseurs au contact de son corps, cette étape prend 5 minutes.

Etape 2 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 3 : Trajet

L'opérateur récupère 3 boîtes de 36 parasurtenseurs positionnées l'une sur l'autre, soit un total de 108 parasurtenseurs. Durant le trajet, effectué en véhicule sur une durée de 1 heure, les 3 boîtes sont positionnées à 50 cm de son corps et de ses extrémités.

Etape 4 : Câblage

L'opérateur est exposé pendant une 1 heure par les 3 boîtes de parasurtenseurs se trouvant dans le véhicule à 1 m.

Etape 5 : Pose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant le boîtier RPF 7Q. Durant 10 minutes, il est exposé à :

- 28 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont au contact.
- 10 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.
- 98 parasurtenseurs, se trouvant dans le véhicule. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 1 m.

1.7.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Aller-retour véhicule-magasin	Entre le véhicule et le magasin	5 min	72	0 (Contact)	0 (Contact)	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le boîtier	1 h	108	50	50	
Câblage	Devant le boîtier RPF 7Q	1 h	108	100	100	
Pose des parasurtenseurs	Devant le boîtier RPF 7Q	10 min	136	28 contenus dans le boîtier	30	0 (Contact)
				10 dans sa poche	0 (Contact)	30
				98 dans le véhicule	100	100

1.7.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 2.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Aller-retour véhicule-magasin	72	0,515	0,002	0,508	0,519	0,486	0,008	0,743	0,571
Ravitaillement	10 000	1,144	0,011	1,133	3,113	1,079	0,072	2,651	26,403
Trajet	108 (3 boîtes)	0,216	0,008	0,216	1,108	0,204	0,030	0,216	1,038
Câblage	108 (3 boîtes)	0,061	0,001	0,061	0,121	0,058	0,006	0,061	0,121
Pose des parasurtenseurs	28 (Boîtiers RPF 7Q)	0,024	0,005	0,025	1,100	0,023	0,017	0,413	13,359
	10 (Poche)	0,337	0,006	0,333	3,835	0,319	0,013	0,011	0,271
	98 (Véhicule)	0,009	0,000	0,009	0,025	0,009	0,001	0,009	0,021
Total		2,308	0,033	2,286	9,822	2,178	0,147	4,105	41,786

1.7.3 Scénario 2.2 : Installation d'un boîtier de type RPF 1Q sur une demi-journée de travail

1.7.3.1 Descriptif

Le boîtier RPF 1Q contient 4 parasurtenseurs de type CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

Pour l'installation d'un boîtier, la durée totale des opérations, répartie sur une demi-journée de travail, est de 1 heure et 45 minutes.

L'installation d'un boîtier est réalisée en 5 étapes :

Etape 1 : Aller-retour véhicule-magasin

Pendant une durée de 5 minutes, l'opérateur transporte une boîte de 36 parasurtenseurs au contact de son corps.

Etape 2 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type CITEL 71, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 3 : Trajet

L'opérateur récupère 3 boîtes de 36 parasurtenseurs positionnées l'une sur l'autre, soit un total de 108 parasurtenseurs. Durant le trajet, effectué en véhicule sur une durée de 1 heure, les 3 boîtes sont positionnées à 50 cm de son corps et de ses extrémités.

Etape 4 : Câblage

L'opérateur est exposé pendant une 30 minute par les 3 boîtes de parasurtenseurs se trouvant dans le véhicule à 1 m.

Etape 5 : Pose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant le boîtier RPF 7Q. Durant 5 minutes, il est exposé à :

- 4 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont au contact.
- 4 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.
- 104 parasurtenseurs, se trouvant dans le véhicule. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 1 m.

1.7.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Aller-retour véhicule-magasin	Entre le véhicule et le magasin	5 min	36	0 (Contact)	0 (Contact)	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le boîtier	1 h	108	50	50	
Câblage	Devant le boîtier RPF 1Q	30 min	108	100	100	
Pose des parasurtenseurs	Devant le boîtier RPF 1Q	5 min	112	4 contenus dans le boîtier	30	0 (Contact)
				4 dans sa poche	0 (Contact)	30
				104 dans le véhicule	100	100

1.7.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 2.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Aller-retour véhicule-magasin	36	0.302	0.302	0.298	0.302	0.285	0.285	6.447	10.176
Ravitaillement	10 000	4.214	0.033	4.143	0.459	3.975	0.034	14.291	2.365
Trajet	108 (3 boîtes)	0.476	0.004	0.469	0.091	0.449	0.005	0.469	0.091
Câblage	108 (3 boîtes)	0.061	0.000	0.060	0.011	0.057	0.000	0.060	0.011
Pose des parasurtenseurs	4 (Boîtiers RPF 1Q)	0.004	0.000	0.004	0.003	0.004	0.000	0.236	0.149
	4 (Poche)	0.032	0.000	0.032	0.002	0.031	0.000	0.005	0.003
	108 (Véhicule)	0.010	0.000	0.010	0.001	0.009	0.000	0.010	0.001
Total		5.099	0.339	5.016	0.870	4.811	0.326	21.517	12.796

1.8 Scénario n°3 : Une journée de travail dans un répartiteur avec remplacement de 50 parasurtenseurs

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors d'une journée de travail dans :

- un grand répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M01 (scénario 3.1)
- un grand répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M06 (scénario 3.2)
- un petit répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M01 (scénario 3.3)
- un petit répartiteur d'abonnés contenant des parasurtenseurs de type M06 (scénario 3.4)

Ces opérations, nécessitant le remplacement de 50 parasurtenseurs, étaient réalisées suite à des événements météorologiques de type orage.

1.8.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Pour les quatre premiers scénarios, il est postulé l'existence d'un magasin d'entreposage du matériel dans lequel il y a un stockage de 10 000 parasurtenseurs.

Dans ce scénario, l'opérateur est affecté à l'exploitation et la maintenance d'un répartiteur d'abonnés. Il est amené à s'approcher des têtes de câble soit pour les mouvements de jarretières, soit pour le remplacement de parasurtenseurs.

Les remplacements de parasurtenseurs ont principalement lieu lors d'événements météorologiques de type orage. Il est retenu de manière forfaitaire (10 événements par an) nécessitant à chaque fois le remplacement de 50 parasurtenseurs.

De manière à calculer la dose annuelle, ce scénario est décomposé selon les situations suivantes :

- Dans le magasin :
 - o le jour de chaque événement de type orage, l'opérateur prend 50 parasurtenseurs dans le magasin qu'il dépose dans sa poche poitrine, opération qui lui prend environ 5 minutes. Pendant ce temps, il se trouve en moyenne à une distance «égale à 30 cm du stockage des parasurtenseurs.
 - o par ailleurs et pour d'autres raisons d'exploitation du répartiteur d'abonnés, l'opérateur passe deux heures par jour dans le magasin, à une distance moyenne supposée égale à 50 cm du stockage des parasurtenseurs.
- devant les têtes de câble :
 - o l'opérateur procède aux mouvements de jarretières, à raison de 50 mouvements par jour dans un grand répartiteur d'abonnés et 1 par jour dans un petit répartiteur d'abonnés. Chaque mouvement de jarretière dure 2 minutes environ, opération au cours de laquelle l'opérateur est supposé se tenir à une distance moyenne égale à 30 cm des parasurtenseurs (les jarretières sont de l'autre côté de la tête de câble par rapport aux parasurtenseurs).
 - o l'opérateur procède au remplacement des parasurtenseurs défectueux les jours d'événements le nécessitant ; la recherche d'un parasurtenseur défectueux est estimée à 15 secondes, de même pour son remplacement. Toute la journée correspondante, l'opérateur est supposé avoir 50 parasurtenseurs dans sa poche poitrine en

permanence, configuration qui couvre le fait qu'un parasurtenseur défectueux vient remplacer un parasurtenseur neuf.

1.8.2 Scénario 3.1: Une journée de travail dans un grand répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M01

1.8.2.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 17024 parasurtenseurs de type M01 (^{226}Ra – 560 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 8 heures et 30 minutes. Le temps de travail de l'époque était de 42h30 par semaine ce qui correspond à 8h30 par jour.

Le temps nécessaire au mouvement de jarretières a été modifié et décomposé entre le temps nécessaire au tirage (5 min par tirage) et au raccordement (2 min par raccordement) de la jarretière.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 6 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M01, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Exploitation des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve dans le magasin où sont stockées 10 000 parasurtenseurs de type M01. Durant 2 heures, il exploite des parasurtenseurs en étant exposé à :

- 10 000 parasurtenseurs posés sur la table à 50 cm.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 3 : Trajet

Durant 30 minutes, l'opérateur est exposé aux 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine

Etape 4 : Mouvement des jarretières – opérations de tirage

L'opérateur, situé derrière la ferme centrale, réalise 50 tirages de jarretières de 5 minutes chacun. Durant 4 heures et 10 minutes, il est exposé par :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur et ses extrémités se trouvent à 1 m à l'arrière de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 5 : Mouvement des jarretières – opérations de raccordement

L'opérateur, situé devant la ferme centrale, réalise 50 raccordements de jarretières de 2 minutes chacun. Durant 1 heure et 40 minutes, il est exposé par :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 6 : Remplacement des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 25 minutes, il est exposé à :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

1.8.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000 sur la table		30	0 (Contact)
Exploitation des Parasurtenseurs	Magasin	2 h	10 050	10 000 sur la table	50	50
				50 dans la poche	0 (Contact)	30
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	30 min	50 dans la poche		0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de tirage	Grand répartiteur	4 h 10 min : 50 x 5 min	17 074	17024 contenus dans les 19 fermes	100	100
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de raccordement	Grand répartiteur	1 h 40 min : 50 x 2 min	17074	17024 contenus dans les 19 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Pose des parasurtenseurs	Grand répartiteur	25 min	17074	17024 contenus dans les 19 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30

1.8.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 3.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000 (Table)	0,204	0,002	0,201	0,031	0,193	0,002	5,687	0,237
Exploitation des Parasurtenseurs	10 000 (Table)	3,441	0,028	3,382	0,462	3,245	0,038	5,605	0,207
	50 (Poche)	45,202	1,530	44,608	499,062	42,708	7,397	0,141	0,218
Trajet	50 (Poche)	11,301	0,383	11,152	124,765	10,677	1,849	0,035	0,054
Mouvement des Jarretières Opérations de tirage	17 024 (19 fermes)	3,460	0,031	3,405	1,822	3,265	0,052	3,405	1,822
	50 (Poche)	94,171	3,188	92,933	1039,712	88,975	15,410	0,293	0,455
Mouvement des Jarretières Opérations de raccordements	17 024 (19 fermes)	2,600	0,018	2,564	0,262	2,456	0,018	6,330	0,187
	50 (Poche)	37,668	1,275	37,173	415,885	35,590	6,164	0,117	0,182
Pose des parasurtenseurs	17 024 (19 fermes)	0,650	0,005	0,641	0,065	0,614	0,004	0,000	0,047
	50 (Poche)	9,417	0,319	9,293	103,971	8,898	1,541	1,582	0,045
Total		208,114	6,777	205,352	2186,039	196,620	32,475	23,195	3,455

1.8.3 Scénario 3.2 : Une journée de travail dans un grand répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M06

1.8.3.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 17024 parasurtenseurs de type M06 (^{147}Pm – 200 000 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 8 heures et 30 minutes. Le temps de travail de l'époque était de 42h30 par semaine ce qui correspond à 8h30 par jour.

Le temps nécessaire au mouvement de jarretières a été modifié et décomposé entre le temps nécessaire au tirage (5 min par tirage) et au raccordement (2 min par raccordement) de la jarretièrè.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 6 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockés 10000 parasurtenseurs de type M06, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Exploitation des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve dans le magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M06. Durant 2 heures, il exploite des parasurtenseurs en étant exposé par :

- 10 000 parasurtenseurs posés sur la table à 50 cm.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 3 : Trajet

Durant 30 minutes, l'opérateur est exposé aux 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine

Etape 4 : Mouvement des jarretières – opérations de tirage

L'opérateur, situé derrière la ferme centrale, réalise 50 tirages de jarretières de 5 minutes chacun. Durant 4 heures et 10 minutes, il est exposé par :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur et ses extrémités se trouvent à 1 m à l'arrière de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 5 : Mouvement des jarretières – opérations de raccordement

L'opérateur, situé devant la ferme centrale, réalise 50 raccordements de jarretières de 2 minutes chacun. Durant 1 heures et 40 minutes, il est exposé par :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 6 : Remplacement des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 25 minutes, il est exposé à :

- 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

1.8.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000 sur la table		30	0 (Contact)
Exploitation des Parasurtenseurs	Magasin	2 h	10 050	10 000 sur la table	50	50
				50 dans la poche	0 (Contact)	30
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	30 min	50 dans la poche		0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de tirage	Grand répartiteur	4 h 10 min : 50 x 5 min	17 074	17024 contenus dans les 19 fermes	100	100
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de raccordement	Grand répartiteur	1 h 40 min : 50 x 2 min	17074	17024 contenus dans les 19 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Pose des parasurtenseurs	Grand répartiteur	25 min	17074	17024 contenus dans les 19 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30

1.8.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 3.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000 (Table)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
Exploitation des Parasurtenseurs	10 000 (Table)	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000
	50 (Poche)	0,039	0,000	0,034	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000
Trajet	50 (Poche)	0,010	0,000	0,008	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
Mouvement des Jarretières Opérations de tirage	17 024 (19 fermes)	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000
	50 (Poche)	0,081	0,000	0,070	0,000	0,072	0,000	0,000	0,000
Mouvement des Jarretières Opérations de raccordements	17 024 (19 fermes)	0,002	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,003	0,000
	50 (Poche)	0,033	0,000	0,028	0,000	0,029	0,000	0,000	0,000
Pose des parasurtenseurs	17 024 (19 fermes)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	50 (Poche)	0,008	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
Total		0,180	0,000	0,155	0,000	0,159	0,000	0,015	0,000

1.8.4 Scénario 3.3 : Une journée de travail dans un petit répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M01

1.8.4.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 3 136 parasurtenseurs de type M01 (^{226}Ra – 560 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 3 heures et 7 minutes.

Le temps nécessaire au mouvement de jarretières a été modifié et décomposé entre le temps nécessaire au tirage (5 min par tirage) et au raccordement (2 min par raccordement) de la jarretière.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 6 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M01, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Exploitation des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve dans le magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M01. Durant 2 heures, il exploite des parasurtenseurs en étant exposé par :

- 10 000 parasurtenseurs posés sur la table à 50 cm.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 3 : Trajet

Durant 30 minutes, l'opérateur est exposé aux 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine

Etape 4 : Mouvement des jarretières – opérations de tirage

L'opérateur, situé derrière la ferme centrale, réalise 1 tirage de jarretière durant 5 minutes où il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur et ses extrémités se trouvent à 1 m à l'arrière de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 5 : Mouvement des jarretières – opérations de raccordement

L'opérateur, situé devant la ferme centrale, réalise 1 raccordement de jarretière durant 2 minutes où il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 6 : Remplacement des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 25 minutes, il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

1.8.4.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000 sur la table		30	0 (Contact)
Exploitation des Parasurtenseurs	Magasin	2 h	10 050	10 000 sur la table	50	50
				50 dans la poche	0 (Contact)	30
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	30 min	50 dans la poche		0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de tirage	Petit répartiteur	5 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	100	100
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de raccordement	Petit répartiteur	2 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Pose des parasurtenseurs	Petit répartiteur	25 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30

1.8.4.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 3.3 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000 (Table)	0,204	0,002	0,201	0,031	0,193	0,002	5,687	0,237
Exploitation des Parasurtenseurs	10 000 (Table)	3,441	0,028	3,382	0,462	3,245	0,038	5,605	0,207
	50 (Poche)	45,202	1,530	44,608	499,062	42,708	7,397	0,141	0,218
Trajet	50 (Poche)	11,301	0,383	11,152	124,765	10,677	1,849	0,035	0,054
Mouvement des Jarretières Opérations de tirage	3136 (7 fermes)	0,025	0,000	0,024	0,020	0,023	0,000	0,024	0,020
	50 (Poche)	1,883	0,064	1,859	20,794	1,780	0,309	0,006	0,009
Mouvement des Jarretières Opérations de raccordements	3136 (7 fermes)	0,029	0,000	0,029	0,005	0,028	0,000	0,122	0,006
	50 (Poche)	0,753	0,026	0,743	8,317	0,712	0,123	0,002	0,004
Pose des parasurtenseurs	3136 (7 fermes)	0,368	0,000	0,363	0,064	0,348	0,003	1,524	0,077
	50 (Poche)	9,417	0,319	9,293	103,971	8,898	1,541	0,029	0,045
Total		72,624	2,351	71,654	757,492	68,610	11,262	13,175	0,878

1.8.5 Scénario 3.4 : Une journée de travail dans un petit répartiteur d'abonnés comportant le remplacement de 50 parasurtenseurs de type M06

1.8.5.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 3136 parasurtenseurs de type M06 (^{147}Pm – 200 000 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 3 heures et 7 minutes.

Le temps nécessaire au mouvement des jarretières a été modifié et décomposé entre le temps nécessaire au tirage (5 min par tirage) et au raccordement (2 min par raccordement) de la jarretière.

L'installation d'une tête de câble est réalisée en 6 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockées 10000 parasurtenseurs de type M06, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Exploitation des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve dans le magasin où sont stockés 10000 parasurtenseurs de type M06. Durant 2 heures, il exploite des parasurtenseurs en étant exposé par :

- 10 000 parasurtenseurs posés sur la table à 50 cm.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 3 : Trajet

Durant 30 minutes, l'opérateur est exposé aux 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine

Etape 4 : Mouvement des jarretières – opérations de tirage

L'opérateur, situé derrière la ferme centrale, réalise 1 tirage de jarretière durant 5 minutes où il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur et ses extrémités se trouvent à 1 m à l'arrière de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 5 : Mouvement des jarretières – opérations de raccordement

L'opérateur, situé devant la ferme centrale, réalise 1 raccordement de jarretière durant 2 minutes où il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

Etape 6 : Remplacement des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 25 minutes, il est exposé à :

- 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités se trouvent au contact de la ferme centrale.
- 50 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.

1.8.5.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000 sur la table		30	0 (Contact)
Exploitation des Parasurtenseurs	Magasin	2 h	10 050	10 000 sur la table	50	50
				50 dans la poche	0 (Contact)	30
Trajet	Entre le magasin et le répartiteur	30 min	50 dans la poche		0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de tirage	Petit répartiteur	5 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	100	100
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Mouvement des jarretières - Opérations de raccordement	Petit répartiteur	2 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30
Pose des parasurtenseurs	Petit répartiteur	25 min	3186	3136 contenus dans les 7 fermes	30	0 (Contact)
				50 dans sa poche	0 (Contact)	30

1.8.5.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 3.4 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000 (Table)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000
Exploitation des Parasurtenseurs	10 000 (Table)	0,003	0,000	0,003	0,000	0,003	0,000	0,005	0,000
	50 (Poche)	0,039	0,000	0,039	0,000	0,035	0,000	0,000	0,000
Trajet	50 (Poche)	0,010	0,000	0,010	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
Mouvement des Jarretières Opérations de tirage	3136 (7 fermes)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	50 (Poche)	0,002	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Mouvement des Jarretières Opérations de raccordements	3136 (7 fermes)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	50 (Poche)	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
Pose des parasurtenseurs	3136 (7 fermes)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
	50 (Poche)	0,008	0,000	0,008	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000
Total		0,063	0,000	0,062	0,000	0,056	0,000	0,010	0,000

1.9 Scénario n°4 : Une journée de maintenance de boîtiers

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors d'opérations de maintenance dans un boîtier de type :

- RPF 7Q contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 0790061, sur une journée de travail (scénario 4.1)
- RPC 28 contenant 56 parasurtenseurs de type CITEL 71, sur une journée de travail (scénario 4.2)
- RPC 14 contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 71, sur une journée de travail (scénario 4.3)

1.9.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Pour les quatre premiers scénarios, il est postulé l'existence d'un magasin d'entreposage du matériel dans lequel il y a un stockage de 10 000 parasurtenseurs.

Dans ce scénario, l'opérateur est affecté à l'entretien et la maintenance des boîtiers RPF et RPC. De manière à calculer la dose annuelle ce scénario est décomposé selon les situations suivantes :

- dans le magasin : chaque semaine, l'opérateur approvisionne le coffre de son véhicule de 56 parasurtenseurs qu'il prend dans le magasin. Cet approvisionnement nécessite de passer 5 minutes dans le magasin ; pendant ce temps, l'opérateur se trouve à une distance égale à 30 cm du stockage de parasurtenseurs.
- entre le magasin et le coffre du véhicule : chaque semaine l'opérateur fait un trajet qui dure 5 minutes pour porter 56 parasurtenseurs depuis le magasin jusqu'au coffre de son véhicule.
- les trajets : l'opérateur se déplace avec son véhicule de boîtiers en boîtiers avec 56 parasurtenseurs en permanence dans son coffre. Il est retenu 2 heures de trajet par jour et une distance de 50 cm entre les parasurtenseurs et l'opérateur au volant du véhicule.
- devant les boîtiers RPF et RPC : l'opérateur est supposé se trouver l'équivalent de 6 heures par jour environ devant des boîtiers pour des opérations générales d'entretien, à une distance moyenne des parasurtenseurs égale à 30 cm ; il a été retenu que 5 parasurtenseurs étaient changés par boîtier entretenu, avec une durée estimée à 15 secondes pour chacun d'eux.
- durant son temps de travail hors trajet, l'opérateur est supposé avoir 50 parasurtenseurs dans sa poche poitrine.

1.9.2 Scénario 4.1 : Maintenance d'un boîtier type RPF 7Q sur une journée de travail

1.9.2.1 Descriptif

Le boîtier RPF 7Q contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061 (^{226}Ra – 2500 Bq).

Pour les opérations de maintenance de plusieurs boîtiers sur une journée de travail, la durée totale des opérations est de 6 heures et 10 minutes.

L'installation d'un boîtier est réalisée en 3 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockés 10 000 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Trajet

L'opérateur récupère 3 boîtes de 36 parasurtenseurs positionnées l'une sur l'autre, soit un total de 108 parasurtenseurs.

Il met 5 minutes pour aller à son véhicule, les boîtes étant au contact de son corps.

La durée totale de trajet en véhicule lui permettant d'aller de boîte RPF en boîte RPF est de 2 heures. Les 3 boîtes de 36 parasurtenseurs se trouvant à 50 cm de son corps et de ses extrémités.

Etape 3 : Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers

L'opérateur se trouve devant le boîtier RPF 7Q. Durant 4 heures, il est exposé à :

- 28 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont au contact.
- 10 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.
- 98 parasurtenseurs, se trouvant dans le véhicule. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 2 m.

1.9.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le véhicule	5 min	108	0 (Contact)	0 (Contact)	
	Entre boîtes RPF 7Q	2 h	108	50	50	
Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers	Devant le boîtier RPF 7Q	4 h	136	28 contenus dans le boîtier	30	0 (Contact)
				10 dans sa poche	0 (Contact)	30
				98 dans le véhicule	100	100

1.9.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 4.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000	1,144	0,011	1,133	3,113	1,079	0,072	2,654	26,403
Trajet									
Magasin-Véhicule	108 (3 boîtes)	0,859	0,004	0,847	0,664	0,811	0,010	0,842	0,587
Trajet Boîtier-Boîtier	108 (3 boîtes)	0,435	0,014	0,434	2,186	0,410	0,058	0,433	2,030
Pose des parasurtenseurs	28 (Boîtiers RPF 7Q)	0,583	0,120	0,612	26,396	0,549	0,421	9,921	320,638
	10 (Poche)	8,111	0,140	8,013	92,055	7,667	0,324	0,266	6,494
	98 (Véhicule)	0,059	0,003	0,059	0,613	0,056	0,022	0,059	0,511
Total		11,191	0,291	11,097	125,025	10,572	0,907	14,175	356,663

1.9.3 Scénario 4.2 : Maintenance d'un boîtier type RPC 28 sur une journée de travail

1.9.3.1 Descriptif

Le boîtier RPC 28 contient 56 parasurtenseurs de type CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

Pour les opérations de maintenance de plusieurs boîtiers sur une journée de travail, la durée totale des opérations est de 6 heures et 10 minutes.

L'installation d'un boîtier est réalisée en 3 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockés 10 000 parasurtenseurs de type CITEL 71, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Trajet

L'opérateur récupère 5 boîtes de 36 parasurtenseurs positionnées l'une sur l'autre, soit un total de 180 parasurtenseurs.

Il met 5 minutes pour aller à son véhicule, les boîtes étant au contact de son corps.

La durée totale de trajet en véhicule lui permettant d'aller de boîte RPC en boîte RPC est de 2 heures. Les 5 boîtes de 36 parasurtenseurs se trouvent à 50 cm de son corps et de ses extrémités.

Etape 3 : Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers

L'opérateur se trouve devant le boîtier RPC 28. Durant 4 heures, il est exposé à :

- 56 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont au contact.
- 10 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.
- 170 parasurtenseurs, se trouvant dans le véhicule. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 2 m.

1.9.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)		
				Corps entier	Extrémités	
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000	30	0 (Contact)	
Trajet	Entre le magasin et le véhicule	5 min	180	0 (Contact)	0 (Contact)	
	Entre boîtes RPC 28	2 h	180	50	50	
Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers	Devant le boîtier RPC 28	4 h	236	56 contenus dans le boîtier	30	0 (Contact)
				10 dans sa poche	0 (Contact)	30
				170 dans le véhicule	200	200

1.9.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 4.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000	4.214	0.033	4.142	0.459	3.975	0.034	15.495	2.367
Trajet									
Magasin-Véhicule	180 (5 boîtes)	6.807	0.055	6.713	1.490	6.430	0.074	5.022	0.344
Trajet									
Boîtier-Boîtier	180 (5 boîtes)	1.577	0.012	1.555	0.300	1.489	0.017	1.527	0.208
Pose des parasurtenseurs	56 (Boîtiers RPC 28)	1.546	0.014	1.525	1.137	1.460	0.039	9.969	3.101
	10 (Poche)	9.994	0.059	9.890	0.406	9.456	0.057	0.584	0.416
	170 (Véhicule)	0.193	0.006	0.190	0.095	0.182	0.006	0.190	0.077
	Total	24.329	0.179	24.015	3.889	22.993	0.228	32.788	6.513

1.9.4 Scénario 4.3 : Maintenance d'un boîtier type RPC 14 sur une journée de travail

1.9.4.1 Descriptif

Le boîtier RPC 14 contient 28 parasurtenseurs de type CITELE 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

Pour les opérations de maintenance de plusieurs boîtiers sur une journée de travail, la durée totale des opérations est de 6 heures et 10 minutes.

L'installation d'un boîtier est réalisée en 3 étapes :

Etape 1 : Ravitaillement

L'opérateur se trouve dans un magasin où sont stockés 10 000 parasurtenseurs de type CITELE 71, positionnés sur une table à 85 cm du sol. Pendant une durée d'exposition de 5 minutes, le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm des parasurtenseurs et ses extrémités sont au contact des parasurtenseurs.

Etape 2 : Trajet

L'opérateur récupère 3 boîtes de 36 parasurtenseurs positionnées l'une sur l'autre, soit un total de 180 parasurtenseurs.

Il met 5 minutes pour aller à son véhicule, les boîtes étant au contact de son corps.

La durée totale de trajet en véhicule lui permettant d'aller de boîtes RPC en boîtes RPC est de 2 heures. Les 3 boîtes de 36 parasurtenseurs se trouvent à 50 cm de son corps et de ses extrémités.

Etape 3 : Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers

L'opérateur se trouve devant le boîtier RPC 14. Durant 4 heures, il est exposé à :

- 28 parasurtenseurs contenus dans le boîtier. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont au contact.
- 10 parasurtenseurs situés dans sa poche poitrine, au contact de son corps et à 30 cm de ses extrémités.
- 98 parasurtenseurs, se trouvant dans le véhicule. Le corps de l'opérateur ainsi que ses extrémités sont à une distance de 2 m.

1.9.4.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Ravitaillement	Magasin	5 min	10 000		30	0 (Contact)
Trajet	Entre le magasin et le véhicule	5 min	108		0 (Contact)	0 (Contact)
	Entre boîtes RPC 14	2 h	108		50	50
Cumul des opérations générales d'entretien sur plusieurs boîtiers	Devant le boîtier RPC 14	4 h	136	28 contenus dans le boîtier	30	0 (Contact)
				10 dans sa poche	0 (Contact)	30
				98 dans le véhicule	200	200

1.9.4.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 4.3 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ravitaillement	10 000	4,214	0,033	4,142	0,459	3,975	0,034	15,495	2,367
Trajet									
Magasin-Véhicule	108 (3 boîtes)	6,009	0,050	5,926	1,514	5,677	0,070	4,813	0,379
Trajet Boîtier-Boîtier	108 (3 boîtes)	0,947	0,007	0,934	0,181	0,895	0,010	0,940	0,156
Pose des parasurtenseurs	28 (Boîtiers RPC 14)	0,977	0,009	0,964	0,717	0,923	0,024	6,555	2,040
	10 (Poche)	9,994	0,059	9,890	0,406	9,456	0,057	0,584	0,416
	98 (Véhicule)	0,111	0,003	0,110	0,036	0,105	0,004	0,110	0,051
Total		22,252	0,162	21,967	3,313	21,030	0,199	28,498	5,410

1.10 Scénario n°4bis : Opération unitaire de test de parasurtenseurs lors d'un dépannage

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors d'une opération unitaire de parasurtenseurs pendant un dépannage sur un boîtier de type :

- RPF 7Q contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 0790061 (scénario 4bis.1)
- RPC 14 contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 71 (scénario 4bis.2)

Ce scénario, non évalué dans le rapport IRSN, est établie sur la base d'une vidéo réalisée par des opérateurs de France Télécom. Les hypothèses retenues sont les suivantes :

Test des 3 parasurtenseurs (déjà enlevés de la boîte)

- Durée du test : environ 2 mn
- Distance parasurtenseur/tronc sur la durée du test : environ 20 cm
- Durée exposition au contact (un parasurtenseur tenu dans la main) : environ 30 secondes
- Distance parasurtenseur/main lors du test : environ 10 cm

1.10.1 Scénario 4.1bis : Test d'un parasurtenseur de type CITEL 079 0061 sur terrain dans un boîtier RPF 7Q (Opération unitaire)

1.10.1.1 Descriptif

Le boîtier RPF 7Q contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061 (^{226}Ra – 2500 Bq).

La durée du test d'un parasurtenseurs est de 40 secondes.

Aucun consensus n'a été trouvé au sein du CHSCT de l'UI Auvergne pour évaluer le nombre de test journalier.

Le test d'un parasurtenseurs est réalisé en 2 étapes :

Etape 1 : Test du parasurtenseur

L'opérateur se trouve à 50 cm du boîtier RPF 7Q ouvert. Pendant le test qui dure 30 secondes, le corps entier de l'opérateur se trouve à 20 cm du parasurtenseur et ses extrémités à 10 cm.

Etape 2 : Prise en main du parasurtenseur

L'opérateur se trouve à 50 cm du boîtier RPF 7Q ouvert. Pendant la prise en main qui dure 10 secondes, le corps entier de l'opérateur se trouve à 20 cm du parasurtenseur et ses extrémités au contact.

1.10.1.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Test du parasurtenseur	Devant le boîtier RPF 7Q	30 s	1 ôté du boîtier	20	10
			27 contenus dans le boîtier	50	50
Prise en main du parasurtenseur	Devant le boîtier RPF 7Q	10 s	1 ôté du boîtier	20	0 (Contact)
			27 contenus dans le boîtier	50	50

1.10.1.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 4bis.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Test du parasurtenseur	1	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,007
	27 (Boîtiers RPF 7Q)	0,001	0,000	0,001	0,021	0,000	0,000	0,001	0,021
Prise en main du parasurtenseur	1	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,020	3,043
	27 (Boîtiers RPF 7Q)	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,007
Total		0,001	0,000	0,001	0,031	0,001	0,001	0,021	3,079

1.10.2 Scénario 4.2bis : Test d'un parasurtenseur de type CITEL 71 sur terrain dans un boîtier RPF 14 (Opération unitaire)

1.10.2.1 Descriptif

Le boîtier RPF 14 contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

La durée du test d'un parasurtenseurs est de 40 secondes.

Aucun consensus n'a été trouvé au sein du CHSCT de l'UI Auvergne pour évaluer le nombre de test journalier.

Le test d'un parasurtenseurs est réalisé en 2 étapes :

Etape 1 : Test du parasurtenseur

L'opérateur se trouve à 50 cm du boîtier RPC 14 ouvert. Pendant le test qui dure 30 secondes, le corps entier de l'opérateur se trouve à 20 cm du parasurtenseur et ses extrémités à 10 cm.

Etape 2 : Prise en main du parasurtenseur

L'opérateur se trouve à 50 cm du boîtier RPC 14 ouvert. Pendant la prise en main qui dure 10 secondes, le corps entier de l'opérateur se trouve à 20 cm du parasurtenseur et ses extrémités au contact.

1.10.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Test du parasurtenseur	Devant le boîtier RPC 14	30 s	1 ôté du boîtier	20	10
			27 contenus dans le boîtier	50	50
Prise en main du parasurtenseur	Devant le boîtier RPC 14	10 s	1 ôté du boîtier	20	0 (Contact)
			27 contenus dans le boîtier	50	50

1.10.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 4bis.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Test du parasurtenseur	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
	27 (Boîtiers RPC 14)	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001
Prise en main du parasurtenseur	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150	1,456
	27 (Boîtiers RPC 14)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total		0,002	0,000	0,002	0,001	0,002	0,000	0,153	1,457

1.11 Scénario n°5 : Dépose des parasurtenseurs d'un répartiteur

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors de la dépose de parasurtenseur de type M01 dans :

- un grand répartiteur d'abonnés sur une journée de travail (scénario 5.1),
- un petit répartiteur d'abonnés sur une demi-journée de travail (scénario 5.2).

1.11.1 Rappel du scénario de l'IRSN

8 heures sont nécessaires à l'opérateur pour remplacer les parasurtenseurs d'une tête de câble dans un grand répartiteur d'abonnés (4 heures pour déposer les parasurtenseurs radioactifs et 4 heures pour poser les parasurtenseurs non radioactifs), et la moitié pour un petit répartiteur. La distance moyenne entre l'opérateur et les parasurtenseurs de la tête de câble est égale à 30 cm, à l'exception des mains, supposées à 10 cm en moyenne de la tête de câble la plus proche.

1.11.2 Scénario 5.1 : Dépose d'une ferme dans un grand répartiteur d'abonnés sur une journée de travail

1.11.2.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 17 024 parasurtenseurs de type M01 (^{226}Ra – 560 Bq). La durée totale des opérations, répartie sur une journée de travail, est de 6 heures.

La dépose de la ferme est réalisée en 2 étapes :

Etape 1 : Dépose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 2 heures, il est exposé par les 17024 parasurtenseurs contenus dans les 19 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm de la ferme centrale.

Etape 2 : Pose de parasurtenseurs non radioactif

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 4 heures, il est exposé par :

- 16 128 parasurtenseurs contenus dans les 18 fermes restante. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm de la ferme centrale.
- 896 anciens parasurtenseurs stockés dans un carton de récupération situé à 1 m de l'opérateur.

1.11.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	Grand répartiteur	2 h	17 024 contenus dans les 19 fermes		30	10
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	Grand répartiteur	4 h	17 024	16 128 contenus dans les 18 fermes	30	10
				896 contenus dans un bac de récupération	100	100

1.11.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 5.1 se trouve dans le tableau suivant :

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	17 024 (19 fermes)	3,121	0,022	3,077	0,331	2,948	0,023	4,151	0,602
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	16 128 (18 fermes)	5,297	0,040	5,222	0,598	5,003	0,049	5,746	0,695
	896 (Bac de récupération)	0,382	0,003	0,377	0,117	0,361	0,007	0,377	0,117
Total		8,800	0,064	8,677	1,045	8,312	0,078	10,275	1,415

1.11.3 Scénario 5.2 : Dépose d'une ferme dans un petit répartiteur d'abonnés sur une demi-journée de travail

1.11.3.1 Descriptif

Le répartiteur est composé de 3 136 parasurtenseurs de type M01 (^{226}Ra – 560 Bq).

La durée totale des opérations, répartie sur une demi-journée de travail, est de 3 heures.

La dépose de la ferme est réalisée en 2 étapes :

Etape 1 : Dépose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 1 heure, il est exposé par les 3136 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm de la ferme centrale.

Etape 2 : Pose de parasurtenseurs non radioactif

L'opérateur se trouve devant la ferme centrale. Durant 2 heures, il est exposé par :

- 2 688 parasurtenseurs contenus dans les 7 fermes restante. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm de la ferme centrale.
- 448 anciens parasurtenseurs stockés dans un carton de récupération situé à 1 m de l'opérateur.

1.11.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs		Distance (cm)	
					Corps entier	Extrémités
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	Petit répartiteur	1 h	3 136 contenus dans les 7 fermes		30	10
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	Petit répartiteur	2 h	3 136	2 688 contenus dans les 6 fermes	30	10
				448 contenus dans un bac de récupération	100	100

1.11.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 5.2 se trouve dans le tableau suivant :

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	3 136 (7 fermes)	0,883	0,006	0,871	0,160	0,834	0,008	1,534	0,295
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	2 688 (6 fermes)	1,361	0,010	1,342	0,235	1,286	0,012	1,849	0,415
	448 (Bac de récupération)	0,094	0,001	0,093	0,036	0,089	0,002	0,093	0,036
Total		2,337	0,017	2,305	0,431	2,208	0,021	3,476	0,745

1.12 Scénario n°6 : Une journée de maintenance de boîtiers

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors d'opérations de dépose des parasurtenseurs dans un boîtier de type :

- RPF 7Q contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 0790061, sur une journée de travail (scénario 6.1)
- RPC 14 contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 71, sur une journée de travail (scénario 6.2)

1.12.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Dans ce scénario, l'opérateur est affecté à la dépose des parasurtenseurs des boîtiers RPF ou RPC.

- 1,5 heure est nécessaire à l'opérateur pour remplacer les parasurtenseurs d'un boîtier (1 heure de dépose des parasurtenseurs radioactifs et 0,5 heure de pose des parasurtenseurs non radioactifs). La distance moyenne entre l'opérateur et les parasurtenseurs du boîtier est égale à 30 cm, à l'exception des mains, supposées à 10 cm en moyenne des parasurtenseurs du boîtier ;
- l'opérateur dépose les parasurtenseurs radioactifs dans une boîte située à 50 cm de lui. Une fois tous les parasurtenseurs remplacés, la boîte est versée dans un conteneur approprié pour ne plus générer d'exposition.

1.12.2 Scénario 6.1 : Dépose de parasurtenseurs d'un boîtier type RPF 7Q sur une journée de travail

1.12.2.1 Descriptif

Le boîtier RPF 7Q contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061 (^{226}Ra – 2500 Bq).

La durée des opérations de dépose des parasurtenseurs d'un boîtier est de 1 heure et 30 minutes. Sur une journée de travail, l'opérateur dépose les parasurtenseurs de 4 boîtiers.

La dépose des parasurtenseurs du boîtier est réalisée en 2 étapes :

Etape 1 : Dépose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la boîte RPF 7Q ouverte. Durant 1 heure, il est exposé par les 28 parasurtenseurs contenus dans la boîte. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm.

Etape 2 : Pose de parasurtenseurs non radioactif

L'opérateur se trouve devant la boîte RPF 7Q. Durant 30 minutes, il est exposé par 28 anciens parasurtenseurs stockés dans un carton de récupération situé à 50 cm de l'opérateur.

1.12.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	Devant le boîtier RPF 7Q	1 h	28 contenus dans le boîtier	30	10
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	Devant le boîtier RPF 7Q	30 min	28 contenus dans un bac de récupération	50	50

1.12.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 6.1 se trouve dans le tableau suivant :

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	28 (Boite RPF 7Q)	0,146	0,029	0,153	6,600	0,137	0,104	0,584	23,716
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	28 (Bac de récupération)	0,026	0,001	0,026	0,151	0,024	0,013	0,027	0,147
Total		0,171	0,030	0,179	6,751	0,161	0,118	0,611	23,863

1.12.3 Scénario 6.2 : Dépose de parasurtenseurs d'un boîtier type RPC 14 sur une journée de travail

1.12.3.1 Descriptif

Le boîtier RPC 14 contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

La durée des opérations de dépose des parasurtenseurs d'un boîtier est de 1 heure et 30 minutes. Sur une journée de travail, l'opérateur dépose les parasurtenseurs de 4 boîtiers.

La dépose des parasurtenseurs du boîtier est réalisée en 2 étapes :

Etape 1 : Dépose des parasurtenseurs

L'opérateur se trouve devant la boîte RPC 14 ouverte. Durant 1 heure, il est exposé par les 28 parasurtenseurs contenus dans la boîte. Le corps de l'opérateur se trouve à 30 cm et ses extrémités sont à 10 cm.

Etape 2 : Pose de parasurtenseurs non radioactif

L'opérateur se trouve devant la boîte RPC 14. Durant 30 minutes, il est exposé par 28 anciens parasurtenseurs stockés dans un carton de récupération situé à 50 cm de l'opérateur.

1.12.3.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	Devant le boîtier RPC 14	1 h	28 contenus dans le boîtier	30	10
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	Devant le boîtier RPC 14	30 min	28 contenus dans un bac de récupération	50	50

1.12.3.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 6.2 se trouve dans le tableau suivant :

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Dépose des parasurtenseurs radioactifs	28 (Boite RPC 14)	0.244	0.002	0.241	0.172	0.231	0.006	1.039	0.587
Pose des parasurtenseurs non radioactifs	28 (Bac de récupération)	0.059	0.002	0.059	0.344	0.056	0.009	0.062	0.336
Total		0.303	0.005	0.300	0.516	0.286	0.015	1.101	0.924

1.13 Scénario n°6bis : Opération unitaire de dépose d'un boîtier

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition externe lors d'une opération unitaire de dépose d'un boîtier de type :

- RPF 7Q contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 0790061 (scénario 6bis.1)
- RPC 14 contenant 28 parasurtenseurs de type CITEL 71 (scénario 6bis.2)

Ce scénario, non évalué dans le rapport IRSN, est établie sur la base d'une vidéo réalisée par des opérateurs de France Télécom. Les hypothèses retenues sont les suivantes :

Hypothèse « enveloppe » de distance et de durée d'exposition par rapport aux activités de dépose observées :

- Tronc / boîte ouverte à 30 cm pendant 4 mn et 30 s
- Tronc / boîte ouverte à 20 cm pendant 30 s
- Main / parasurtenseurs à 10 cm pendant 4 mn
- Main / parasurtenseurs à 1 cm pendant 30 s
- Tronc / boîte fermée à 20 cm pendant 2 mn
- Main / boîte fermé au contact pendant 1 mn 30s

1.13.1 Scénario 6bis.1 : Dépose d'un boîtier RPF 7Q (Opération unitaire)

1.13.1.1 Descriptif

Le boîtier RPF 7Q contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 079 0061 (^{226}Ra – 2500 Bq).

La durée de dépose d'un boîtier est de 6 minutes et 30 secondes.

Aucun consensus n'a été trouvé au sein du CHSCT de l'UI Auvergne pour évaluer le nombre de déposes journalier.

La dépose du boîtier est réalisée en 3 étapes :

Etape 1 : Ouverture du boîtier

Pendant 30 secondes, l'opérateur se trouve devant le boîtier ouvert. Son corps se trouve à 20 cm du boîtier et ses extrémités à 1 cm.

Etape 2 : Débranchement des câbles

Pendant 4 minutes, l'opérateur se trouve devant le boîtier ouvert. Son corps se trouve à 30 cm du boîtier et ses extrémités à 10 cm.

Etape 3 : Evacuation du boîtier

Pendant 2 minutes, l'opérateur tient le boîtier fermé. Son corps se trouve à 20 cm du boîtier et ses extrémités au contact.

1.13.1.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Ouverture du boîtier	Devant le boîtier RPF 7Q	30 s	28 dans le boîtier RPF 7Q ouvert	20	1
Débranchement des câbles	Devant le boîtier RPF 7Q	4 min	28 dans le boîtier RPF 7Q ouvert	30	10
Evacuation du boîtier	Devant le boîtier RPF 7Q	6 min	28 dans le boîtier RPF 7Q fermé	20	0

1.13.1.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 6bis.1 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ouverture du boîtier	28	0,002	0,000	0,002	0,100	0,002	0,002	0,016	0,563
Débranchement des câbles	28	0,010	0,002	0,010	0,440	0,009	0,007	0,039	1,581
Evacuation du boîtier	28	0,007	0,000	0,007	0,000	0,006	0,000	0,016	0,000
Total		0,019	0,002	0,019	0,540	0,018	0,008	0,072	2,144

1.13.2 Scénario 6bis.2 : Dépose d'un boîtier RPC 14 (Opération unitaire)

1.13.2.1 Descriptif

Le boîtier RPC 14 contient 28 parasurtenseurs de type CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq).

La durée de dépose d'un boîtier est de 6 minutes et 30 secondes.

Aucun consensus n'a été trouvé au sein du CHSCT de l'UI Auvergne pour évaluer le nombre de déposes journalière.

La dépose du boîtier est réalisée en 3 étapes :

Etape 1 : Ouverture du boîtier

Pendant 30 secondes, l'opérateur se trouve devant le boîtier ouvert. Son corps se trouve à 20 cm du boîtier et ses extrémités à 1 cm.

Etape 2 : Débranchement des câbles

Pendant 4 minutes, l'opérateur se trouve devant le boîtier ouvert. Son corps se trouve à 30 cm du boîtier et ses extrémités à 10 cm.

Etape 3 : Evacuation du boîtier

Pendant 2 minutes, l'opérateur tient le boîtier fermé. Son corps se trouve à 20 cm du boîtier et ses extrémités au contact.

1.13.2.2 Tableau récapitulatif

Etape	Lieu	Temps d'exposition	Nombre de parasurtenseurs	Distance (cm)	
				Corps entier	Extrémités
Ouverture du boîtier	Devant le boîtier RPC 14	30 s	28 dans le boîtier RPC 14 ouvert	20	1
Débranchement des câbles	Devant le boîtier RPC 14	4 min	28 dans le boîtier RPC 14 ouvert	30	10
Evacuation du boîtier	Devant le boîtier RPC 14	6 min	28 dans le boîtier RPC 14 fermé	20	0

1.13.2.3 Résultats

La synthèse des résultats des simulations de l'exposition externe (en μSv) du scénario 6bis.2 se trouve dans le tableau suivant.

Etape	Nombre de parasurtenseurs	Corps entier		Peau		Sein		Extrémités	
		gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta	gamma	bêta
Ouverture du boîtier	28	0.003	0.000	0.003	0.002	0.003	0.000	0.014	0.004
Débranchement des câbles	28	0.016	0.000	0.016	0.012	0.015	0.000	0.069	0.039
Evacuation du boîtier	28	0.012	0.000	0.012	0.000	0.012	0.000	0.102	0.022
Total		0.032	0.000	0.031	0.014	0.030	0.000	0.185	0.064

1.14 Scénario 7 : Evaluation de l'exposition interne par inhalation

Ce scénario permet d'évaluer l'exposition interne par inhalation lors de la manipulation d'un parasurtenseurs de type :

- CITEL 0790061 (^{226}Ra – 2500 Bq)
- CITEL 71 (^{226}Ra – 5700 Bq)

1.14.1 Rappel du scénario de l'IRSN

Un objet étant contaminé en externe, l'incorporation par inhalation suppose une remise en suspension dans l'air de particules issues de cette contamination radioactive, suivie de l'inhalation proprement dite. Le taux de remise en suspension dépend de nombreux facteurs (nature de la contamination, caractéristiques du support, conditions aérodynamiques ...) Par ailleurs, sauf cas exceptionnel, la probabilité que ces particules, une fois dans l'air, atteignent en totalité la sphère respiratoire n'est pas égale à 100%. L'expérience conduit à envisager que nettement moins de 10 % des particules présentes à la surface d'un parasurtenseur contaminé et manipulé par un individu peut être inhalé. En considérant En considérant l'activité moyenne d'un parasurtenseurs au radium ; soit 135 Bq, et en admettant que 10 % de cette activité soit sortie de son enveloppe, on estime donc à moins de 1,35 Bq l'activité de radium (supposé à l'équilibre avec ses descendants) susceptible d'être incorporée par inhalation lors d'une manipulation. La dose efficace annuelle associée à ce scénario serait alors de 10,8 μSv .

1.14.2 Résultats

En considérant les hypothèses d'un facteur de remise en suspension de 10 % et d'une fraction inhalée de 10 %, on peut déduire que la dose efficace par inhalation liée à l'incorporation de ^{226}Ra (en équilibre avec tous ses descendants) est de :

- 158 μSv pour le CITEL 0790061
- 359 μSv pour le CITEL 71

5. Outil de modélisation

Afin de pouvoir estimer l'influence de certains paramètres sur l'exposition externe liée à l'utilisation des parasurtenseurs, un outil de modélisation a été fourni au CHSCT de l'UI Auvergne.

Ce dernier permet, pour les scénarios 1 à 6 et pour chaque étape, de recalculer la dose reçue par l'opérateur en modifiant soit :

- L'activité du parasurtenseur,
- La distance entre l'opérateur et les parasurtenseurs,
- Le temps d'exposition.

La figure suivante illustre un exemple de fenêtre de l'outil de modélisation :

Scénario n°1

Scénario n°1 : Installation des têtes de câble dans un répartiteur d'abonnés

Menu

Type de répartiteur : PS : M01 RE : Ra-226 Activité :

Evaluation dosimétrique

Unité : Emplacement : Affichage : Nb Chiffre :

Informations et aide :

	Durée	Distance (cm)		Dose Corps Entier en µSv		
		Corps	Extrémités	bêta	gamma	total
Etape 1	<input type="text" value="5"/> <input type="text" value="min"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/>	1418.667	1423.333	2842.000
Etape 2	<input type="text" value="5"/> <input type="text" value="min"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	18.667	23.333	42.000
Etape 3 Partie 1		<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0"/>	46592.000	47040.000	93632.000
Etape 3 Partie 2	<input type="text" value="8"/> <input type="text" value="h"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/>	225792.000	226240.000	452032.000
Etape 3 Partie 3		<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="10"/>	1792.000	2240.000	4032.000