ACRO

ASSOCIATION POUR LE CONTRÔLE
DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'OUEST

Exercice de mesures au Fort de Vaujours en date du 25 février 2014

Relevé des mesures radiologiques effectuées par l'ACRO selon les exigences du protocole technique PRP-CRI/SIAR 14-00093 de l'IRSN

		rédacteurs	approbateur
Réf. Interne	RAP140225(01)-VAU-v2	G .PIGREE et M. JOSSET	P. BARBEY
Indice	2		
Objet	Rapport final		
Date	04/03-2014		
Pages (nombre)	19 (annexe non comprise)		
Observation(s)	*Ce document remplace la version intermédiaire du rapport (indice 1) du 28/02/14 qui ne contenait que les résultats bruts sans commentaires.*		

138 rue de l'Église 14200 HÉROUVILLE ST CLAIR I TÉL : (+33) 2 31 94 35 34 I FAX (+33) 2 31 94 85 31
acro-laboratoire@wanadoo.fr I www.acro.eu.org I SIRET : 950 369 868 00027 I APE : 7120B

Sommaire :

1 OBJET ET CADRE DE LA MISSION 3
1.1 Présentation de la mission 3
1.2 Ecart par rapport au protocole initial 3
2 DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS 4
3 INSTRUMENTS EMPLOYES POUR LES MESURES RADIOLOGIQUES 6
3.1 Radiamètres et contaminamètres 6
3.2 Spectromètre portatif 7
4 REFERENCES (HORS PROTOCOLE) A L'EXTERIEUR DU FORT DE VAUJOURS 8
4.1 Résultats 8
4.2 Observation(s) 8
5 REFERENCES CONSTATEES A L'ENTREE DU COULOIR DE LA CASEMATE TC1 9
5.1 Résultats 9
5.2 Observation(s) 9
6 « REFERENCES » AU VOISINAGE DES POINTS SINGULIERS 10
6.1 Résultats pour « référence » entre CEA-1 et PC4 10
6.2 Observation(s) : 10
7 AUTRES REFERENCES (HORS PROTOCOLE) 10
7.1 Résultats pour les autres références 10
7.2 Observation(s) 10
8 MESURES AU POINT CEA-1 11
8.1 Résultats pour CEA-1 selon distance 11
8.2 Observation(s) 11
9 MESURES AU POINT PC4 12
9.1 Résultats pour PC4 selon distance 12
9.2 Observation(s) 12
10 MESURES (HORS PROTOCOLE) AU VOISINAGE DU POINT PC4 13
10.1 Résultats sous le point PC4 (à environ 20cm) 13
10.2 Observation(s) 13
11 MESURES AU POINT PC5 14
11.1 Résultats pour PC5 selon distance 14
11.2 Observation(s) 14
12 MESURES (HORS PROTOCOLE) AU PSEUDO CONTACT DU FRAGMENT RADIOACTIF CEA-1 15
12.1 Mesure des taux de comptage alpha global et bêta global à l'aide du LB124 16
12.2 Identification in situ par l'ACRO de la composition radio-isotopique du fragment radioactif avec le spectromètre portatif Interceptor 17
ANNEXE 19
Protocole technique IRSN PRP-CRI/SIAR 14-00093 19

1 Objet et cadre de la mission

1.1 Présentation de la mission

La mission avait pour objet de réaliser, à la demande de la division de Paris de l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire), des mesures radiologiques au droit de points singuliers, selon les configurations décrites dans le protocole technique référencé PRP-CRI/SIAR 14-00093, élaboré par l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) pour l'occasion (voir annexe).

Matérialisés à l'aide de peinture et référencés CEA-1, PC4 et PC5, les points singuliers en question se trouvaient être dans le couloir d'accès à la casemate dénommée TC1 située dans l'emprise du Fort de Vaujours (77), ensemble cadastré exploité jusqu'en 1997 par le CEA-DAM pour les besoins d'expérimentation détonique, notamment avec de l'uranium. Alors que les 2 premiers s'apparentaient à une sorte de niche dans l'angle d'un mur, le dernier point singulier était une excavation sur 20 cm dans un sol béton.

Parallèlement aux mesures exécutées par Mylène JOSSET et Gilbert PIGREE pour le compte de l'ACRO, des mesures comparatives ont été faites par le collectif *sauvons la Dhuis*, la CRIIRAD et L'IRSN-SIAR. Sous la direction de la division ASN de Paris, l'IRSN-SIAR - à l'origine du protocole technique - avait aussi la charge d'encadrer le déroulement de l'exercice, de veiller au respect des exigences mentionnées dedans.

Il s'agissait donc d'un exercice de mesures et non d'une expertise des lieux à proprement parler.

Cet exercice s'est déroulé le mardi 25 février 2014, entre 14h30 et 19h30, en présence de nombreuses personnes, parmi lesquelles M. Doniol Huissier de Justice à CLAYE-SOUILLY (77), M. Chrupek Adjoint au Chef de division de ASN Paris, M. Nédélec du collectif « sauvons la Dhuis », M. Chareyron de la CRIIRAD, des représentants de l'IRSN-SIAR, des représentants de la société PLACOPLATRE propriétaire des lieux.

Pour permettre une progression en sécurité, des dispositions organisationnelles et techniques avaient été prises par la société Placoplâtre (propriétaire) vis-à-vis des risques conventionnels. En complément, pour traiter des risques radiologiques, l'équipe de l'ACRO disposait pour sa sécurité d'une Personne Compétente en Radioprotection – sources scellées et non scellées – secteur industrie/recherche (M. PIGREE).

1.2 Ecart par rapport au protocole initial

Des évènements ont conduit à devoir aménager (à la marge) l'approche méthodologique consignée dans le protocole et des mesures supplémentaires ou complémentaires ont été faites.

Il est apparu opportun de prendre en considération un troisième contaminamètre au cours de l'exercice, en l'occurrence un MCB2 proposé par le collectif « sauvons la Dhuis », pour appréhender au mieux les écarts de mesure avec ce type d'instrument, très approprié à la situation.

De même, il est apparu intéressant de disposer d'autres références.

Constatant au cours de l'exercice une diminution anormale du niveau de rayonnement au droit du point singulier dénommé CEA-1, qui laissait supposer que le « terme source » avait été déplacé par inadvertance par l'un des mesureurs, une recherche a alors été entreprise par l'ACRO. Au terme de cette opération, nous

avons constaté que le « terme source » en question avait finalement la forme d'un fragment de quelques millimètres de section, et que celui-ci se trouvait alors sur le sol et non plus au point CEA-1. Fort de ce constat il est apparu approprié de le caractériser au mieux avec les moyens disponibles sur site. A cet effet, les taux de comptage alpha global et bêta global ont été mesurés par nos soins à l'aide d'un LB124 dernière génération, équipé d'un ZnS(Ag). Une identification sommaire des radioéléments présents a aussi été réalisée à l'aide du spectromètre portatif apporté par l'ACRO. Les résultats sont rapportés par la suite.

2 Discussions et conclusions

L'une des motivations à réaliser un tel exercice tenait notamment dans l'existence d'une divergence de vue, entre le collectif *sauvons la Dhuis* et d'autres protagonistes, au sujet de l'existence ou non d'une anomalie radiologique au point CEA-1.

Des constats dressés au cours de cet exercice, il ressort qu'il existait bien une anomalie radiologique au point singulier en question, comme en atteste d'abord la réponse de tous les contaminamètres du type MCB2 employés à l'endroit visé tant que le « terme source » y était. Les mesures faites par l'ACRO ont mis en évidence le dépassement du seuil opérationnel (5 CPS) que nous nous étions fixés. Mais la découverte d'un fragment radioactif consécutive à la recherche[1] de ce terme source momentanément disparu du point CEA-1 est l'élément déterminant de cette démonstration.

En l'état des investigations menées sur site, il est possible d'avancer que ce fragment radioactif, de quelques millimètres de section, contient de l'uranium purifié. Isolé, ce fragment n'induit plus, au delà de 10 à 20 cm, d'accroissement substantiel du rayonnement et il n'y a donc pas de risque d'exposition corps entier. A contrario, au contact, celui-ci comme toute source de rayonnements ionisants incluant des bêtas et des X-gamma de basse énergie, est susceptible de délivrer une dose aux extrémités (par exemple à la peau).

Ailleurs, au droit des deux autres points singuliers, les mesures entreprises tendent à montrer qu'il n'y avait pas (ou plus) d'anomalie radiologique. Si de notre point de vue rien ne s'oppose à l'affirmer pour le point PC5, en revanche, il faut être conscient des limites de l'exercice pour le point PC4, même si le seuil opérationnel n'a pas été franchi avec le MCB2.

PC4 et CEA-1 ont en commun d'être des sortes de niches à l'intérieure desquelles la présence de sable/poussières de silice a pu être constatée. Or, il s'avère qu'un fragment radioactif de quelques millimètres de section, comme celui trouvé, est d'autant plus difficile à détecter que l'épaisseur de matière qui le recouvre est importante. En effet, cette épaisseur va absorber en partie, voire totalement, les électrons émergeant, lesquels participent notablement à la mise en évidence du terme source à l'aide d'un instrument du type du MCB2[2]. Or le protocole ne prévoyait pas une recherche du (ou des) terme(s) source(s), donc le retrait du dépôt de particules présent suivi d'un balayage méticuleux de celui-ci. Dans ces conditions, aucune garantie ne peut être apportée pour PC4.

Du reste, il est probable qu'il existait antérieurement au moins un terme source (fragment) au point PC4, compte tenu qu'une anomalie radiologique a été observée 20 cm en dessous de cet endroit. Ce fragment a pu glisser.

Pour pouvoir réaliser des mesures comparatives il faut être en présence d'un terme source stabilisé. Or, ce n'était pas le cas comme l'a démontré la mésaventure au point CEA-1. Le fait qu'il s'agisse d'un fragment radioactif sur (ou dans) un lit de sable/poussières de silice conjugué à la volonté d'entreprendre des mesures au contact a conduit irrémédiablement à déplacer celui-ci, à modifier la configuration géométrique et l'épaisseur d'absorbant entre le détecteur et le terme source. Incidemment, deux appareils identiques comme

[1] Constatant au cours de l'exercice une diminution anormale du niveau de rayonnement au droit du point singulier dénommé CEA-1, une recherche a alors été entreprise par l'ACRO. Au terme de cette opération, nous avons pu constater que le « terme source » avait finalement la forme d'un fragment de quelques millimètres de section et que celui-ci se trouvait alors sur le sol et non plus au point CEA-1.

[2] Pour illustration, une épaisseur de l'ordre de 2 à 3 mm de sable suffit à absorber tous les électrons du protactinium-234m, principal émetteur bêta de la filiation de l'uranium-238, d'une énergie moyenne de 811 keV.

deux RADEX, par exemple, ne pouvaient donner une même réponse, pas plus qu'il était possible de reproduire dans le temps un résultat avec un même instrument.

Etant donné que le but de l'intervention consistait finalement à apporter une réponse quant à l'existence ou non d'une anomalie radiologique à certains endroits, nous aurions obtenu de meilleurs résultats en pratiquant une levée de doute comme cela se fait plus classiquement en radioprotection opérationnelle. Chaque zone aurait ainsi été méticuleusement balayée, la matière (sable/silice) extraite et soigneusement contrôlée, le ou les fragment(s) séparés et caractérisés, et les endroits « nettoyés » contrôlés à nouveau.

Pour finir, rappelons que l'approche était limitée ici à un exercice de mesures comparatives sur trois points litigieux. En ce sens, il ne constitue pas et ne peux constituer une caractérisation fine du bâtiment sur laquelle on pourrait s'appuyer pour affirmer l'absence de risque de contamination interne pour des travailleurs qui auraient à procéder à son démantèlement.

3 Instruments employés pour les mesures radiologiques

Sur site, l'ACRO disposait des instruments portables de mesure listés ci-dessous, permettant la détection des rayonnements alpha, bêta et X-gamma.

Les appareils destinés à la mesure d'un taux de comptage en coups par seconde (contaminamètres) et les appareils destinés à la mesure du débit d'équivalent de dose (radiamètres), disposaient à la date de l'intervention d'un certificat attestant de leur conformité soit au titre de l'étalonnage initial, soit au titre du contrôle périodique de l'étalonnage, tel que prescrit par la décision[3] ASN n°2010-DC-0175. Pour mémoire, la conformité est à vérifier au terme de chaque période de 3 ans sauf dans le cas du TOL/F (5 ans) qui possède un contrôle permanent de bon fonctionnement.

3.1 Radiamètres et contaminamètres

Contaminamètre N°1 pour emploi systématique :

Réf. commerciale : MCB2 de Canberra
N° de série/version : 111, version n°2
Détecteur : Geiger-Müller à halogène à fenêtre de mica
Rayonnement mesuré : bêta > 30 keV, alpha et X
Grandeur mesurée : taux de comptage (coups par seconde)

Etalonnage initial ou dernier contrôle périodique de l'étalonnage :
MPE : certificat d'étalonnage périodique n° 201402869 en date du 19/11/2013

Contaminamètre N°2 pour examen particulier :

Réf. commerciale : LB 124 SCINT for α and β-γ Measurement de chez Berthold
N° de série/version : 20-7093, Révision n°5
Détecteur : ZnS :Ag scintillateur
Rayonnement mesuré : alpha et bêta simultanément avec un taux de débordement <20% dans la voie bêta en présence d'alphas.
Grandeur mesurée : taux de comptage (coups par seconde)

Etalonnage initial ou dernier contrôle périodique de l'étalonnage :
Berthold : certificat d'étalonnage initial non référencé en date du 25/10/2012

Radiamètre N°1 pour emploi systématique :

Réf. commerciale : sonde FHZ 672 E-10 couplé à un FH40 GL-10 pour lecture
N° de série/version : sonde 0841 – 42540/66
Détecteur : scintillateur NaI associé à un plastique de volume 750 cm3
Grandeur mesurée : équivalent de dose ambiant H*(10) pour les photons de 47 keV à 4,4 MeV

Etalonnage initial ou dernier contrôle périodique de l'étalonnage :
APVL : certificat d'étalonnage initial n° FHZ672E10_E841_1011 en date du 28/10/2011

[3] Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 4 février 2010 précisant les modalités techniques et les périodicités des contrôles prévus aux articles R. 4452-12 et R. 4452-13 du code du travail ainsi qu'aux articles R. 1333-7 et R. 1333-95 du code de la santé publique.

Radiamètre N°2 pour examen particulier :

Réf. commerciale : TOL/F (sonde LB1321 couplé à un LB1320 pour acquisition/lecture)
N° de série/version : sonde LB1321 n°2361 rév. 3
Détecteur : compteur proportionnel à gaz
Grandeur mesurée : équivalent de dose ambiant Hx pour les photons de 10 keV à 7 MeV

Etalonnage initial ou dernier contrôle périodique de l'étalonnage :
Berthold : certificat d'étalonnage périodique non référencé en date du 30/09/2013

Instrument de réserve (en cas de défaillance du MCB2 ou pour examen particulier) :

Réf. commerciale : RadEYE B20
N° de série/version : 1975, Version E2.05
Détecteur : Geiger-Müller à halogène à fenêtre de mica
A – sans filtre (contaminamètre)
Rayonnement mesuré : alpha et bêta > 100 keV.
Grandeur mesurée : taux de comptage (coups par seconde)
B – avec filtre H'(0,07) (radiamètre)
Grandeur approchée : mesure de l'équivalent de dose directionnel H'(0,07) pour les photons de 10 keV à 1,3 MeV
C – avec filtre H*(10) (radiamètre)
Grandeur mesurée : mesure de l'équivalent de dose ambiant H*(10) pour les photons de 17 keV à 1,3 MeV

Etalonnage initial ou dernier contrôle périodique de l'étalonnage :
APVL : certificat d'étalonnage initial N°RB20_E1975_1211, en date du 06/12/2011

3.2 Spectromètre portatif

Spectromètre X-gamma pour examen particulier :

Réf. commerciale : Interceptor
N° de série/version : 101 660 001 277, version 15.02.08.08.51.28
Détecteur : CZT 7x7x3,5 mm
Rayonnement mesuré : X-gamma entre 25 keV et 3 MeV
Grandeur mesurée : impulsions par canal (1024 canaux)

4 Références (hors protocole) à l'extérieur du fort de Vaujours

Ces références, non exigées dans le protocole, ont été effectuées par nos soins afin de disposer par la suite de repères pour chaque instrument, pour chaque grandeur mesurée. Elles renseignent pour un contexte assurément non perturbé par les activités nucléaires qui se sont déroulées par le passé au sein du fort de Vaujours.

4.1 Résultats

Les résultats suivants font état de mesures d'ambiance, c'est-à-dire effectuées à environ 1m du sol et à distance des obstacles.

Instrument	Date	Lieux	Résultat
MCB2 sans cache	24/02-2014	Caen - Laboratoire	< 2 CPS
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	< 2 CPS
LB-124, voie α sans cache	24/02-2014	Caen - Laboratoire	Voie alpha : 0,000 CPS *: moyenne (120s) = 0,000 CPS*
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	Voie alpha : / *: moyenne (120s) = 0,000 CPS*
LB-124, voie βγ sans cache	24/02-2014	Caen - Laboratoire	Voie bêta-γ : 8,6 à 12,0 CPS *: moyenne (120s) = 9,7 CPS*
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	Voie bêta-γ : / *: moyenne (120s) = 3,3 CPS*
NBR-FHZ 672	24/02-2014	Caen - Laboratoire	H*(10) : 58,4 à 70,5 nSv/h : moyenne (30s) = 61,8 nSv/h
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	H*(10) : / : moyenne (30s) = 25,9 nSv/h
TOL/F sans capot	24/02-2014	Caen - Laboratoire	Hx : 0,08 à 0,14 µSv/h : moyenne (300s) = 0,11 µSv/h
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	Hx : / : moyenne (300s) = 0,06 µSv/h
B20 sans filtre	24/02-2014	Caen - Laboratoire	0,47 à 0,63 CPS
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	Env. 0,36 CPS (signal stable)
B20 avec filtre H*(10)	24/02-2014	Caen - Laboratoire	H*(10) : 0,08 à 0,12 µSv/h : moyenne (300s) = 0,09 µSv/h
	25/02-2014 (#15h)	Vaujours - salle du centre de formation	H*(10) : 0,07 à 0,10 µSv/h : /

4.2 Observation(s)

L'ambiance dépend avant tout du contenu en radioéléments telluriques des sols et matériaux constitutifs des bâtiments à l'intérieur desquels les mesures sont faites.

5 Références constatées à l'entrée du couloir de la casemate TC1

Ces références, exigées dans le protocole, renseignent quant à l'ambiance à l'entrée du couloir, soit à distance des points singuliers et des matériaux constitutifs des parois et sols. Elles ont été obtenues à environ 1m du sol, au centre du couloir.

5.1 Résultats

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#16h)	Orienté vers le sol	0,6 à 1,8 CPS
LB-124, voie α sans cache	25/02-2014 (#16h)		
	25/02-2014 (#17h)		Voie alpha : 0,000 CPS (signal stable)
LB-124, voie βγ sans cache	25/02-2014 (#16h)		
	25/02-2014 (#17h)	!	Voie bêta-γ : 17,7 à 18,7 CPS
NBR-FHZ 672	25/02-2014 (#16h)	Orienté vers porte puis vers le fond	H*(10) : 33,3 à 35,4 nSv/h : moyenne (30s) = 33,3 nSv/h vers entrée : moyenne (30s) = 33,6 nSv/h vers fond couloir
TOL/F sans capot	25/02-2014 (#16h)	!	Hx : / : moyenne (30s) = 0,20±26% µSv/h valeur n°1 : moyenne (30s) = 0,23±23% µSv/h valeur n°2
	25/02-2014 (#17h)	!	Hx : / : moyenne (300s) = 0,38±6% µSv/h valeur n°3
			Incertitude 1σ

5.2 Observation(s)

TOL/F : A la lecture des résultats qui s'avéraient trop élevés par rapport à ce qui était mesuré avec la sonde NBR-FHZ 672, et à ce qui avait été mesuré antérieurement au laboratoire de l'ACRO ainsi que dans la salle de formation de Placoplatre, il a été décidé de ne pas poursuivre les mesures avec cet appareil. Pour expliquer cet écart, on soulignera la grande sensibilité du TOL/F aux conditions environnementales, notamment à la température ambiante, laquelle assez basse le jour de la mesure avec 13 °C a pu avoir une incidence notable sur sa réponse.

LB-124, voie βγ : la valeur obtenue s'est s'avérée être plus importante que prévu. Pour autant, il a été décidé de poursuivre avec cet instrument car la réponse obtenue contre les murs et sols (utilisation conventionnelle pour un contaminamètre) n'excédait pas les 8 à 12 CPS observés habituellement au laboratoire de l'ACRO. Pour l'heure, il n'est pas possible d'expliquer cet écart.

6 « Références » au voisinage des points singuliers

Ces références, exigées dans le protocole, avaient comme but pour les auteurs du protocole de connaître la réponse des instruments, tenant compte cette fois de la composition radioactive des matériaux de construction employés au droit des points singuliers et d'une configuration géométrique voisine de celle examinée par la suite aux points CEA-1. Cette approche a fait débat (cf. observation).

6.1 Résultats pour « référence » entre CEA-1 et PC4

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#16h)	Orienté vers l'angle	2,2 à 3,6 CPS
NBR-FHZ 672	25/02-2014 (#16h)	Orienté vers l'angle, parallèle au sol	H*(10) : 40,2 à 41,9 nSv/h : moyenne (30s) = 42,0 nSv/h

6.2 Observation(s) :

Concernant l'approche : vu l'historique du site, il subsistait de notre point de vue une difficulté à vouloir prendre une référence au milieu de points singuliers, considérant la potentialité d'une contamination rapportée, incrustée superficiellement dans les matériaux. Constatant à l'aide du MCB2 que les valeurs obtenues n'étaient pas significativement différentes de ce qu'on pouvait observer ailleurs, en différents points, au pseudo contact des parois, notamment vers l'entrée, nous avons accepté de retenir le point en question comme « référence » au voisinage des points singuliers.

Au terme de cette quête d'une référence pour les matériaux employés dans la construction du couloir de la casemate, l'ACRO a retenue **un seuil opérationnel de 5 CPS pour témoigner d'une anomalie radiologique avérée**, lors d'examens au pseudo contact des matériaux avec son MCB2.

7 Autres références (hors protocole)

En réponse à la demande du représentant de la CRIIRAD, deux autres références ont été définies : l'une pour les sols, l'autre pour les parois en considérant un support plus éloigné des points singuliers que ne l'était la première référence (cf. chapitre ci-avant).

7.1 Résultats pour les autres références

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#18h)	sols	1,2 à 3,0 CPS
	25/02-2014 (#18h)	parois	1,6 à 3,6 CPS

7.2 Observation(s)

L'étendue des valeurs relevées pour ces nouvelles références est très semblable à celle obtenue au début de l'exercice de mesures, entre les points singuliers CEA-1 et PC4.

8 Mesures au point CEA-1

Ces mesures, exigées dans le protocole, avaient comme but - pour les auteurs du protocole - d'examiner la réponse des instruments à différentes distances du « terme source » supposé. Pour mémoire le point singulier CEA-1 s'apparente à une sorte de « niche » ou petite excavation dans l'angle d'un mur.

8.1 Résultats pour CEA-1 selon distance

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#16h)	Pseudo contact **dans** la niche	Env. 44 CPS (signal assez stable dans la configuration retenue)
	25/02-2014 (#16h)	Env. 20 cm	0,4 à 1,2 CPS
	25/02-2014 (#16h)	Env. 50 cm	/
NBR-FHZ 672	25/02-2014 (#16h)	Pseudo contact à l'entrée de la niche	H*(10) : 41,4 à 43,6 nSv/h : moyenne (30s) = 43,3 nSv/h
	25/02-2014 (#16h)	Env. 20 cm	H*(10) : 41,1 à 47,8 nSv/h : moyenne (30s) = 43,8 nSv/h
	25/02-2014 (#16h)	Env. 50 cm	/

8.2 Observation(s)

MCB2 : La mesure a été faite à l'intérieur de la « niche » car la taille du détecteur le permettait. Elle s'est faite après recherche de l'endroit exact qui paraissait donner la réponse la plus élevée sans remuer les particules qui s'apparentaient physiquement à des grains de sable et qui tapissaient cette « niche ».

Afin d'appréhender aux mieux les écarts avec ce type d'instrument, une mesure au pseudo contact à également été réalisée avec un MCB2 (neuf) appartenant au collectif *sauvons la Dhuis*. Les résultats sont rapportés à titre d'indication (hors protocole) dans le tableau ci-contre.

Instrument	Résultat
MCB2 ACRO	Env. 44 CPS
MCB2 Collectif Sauvons la Dhuys	Env. 50 CPS

NBR-FHZ 672 : Compte tenu de la taille du détecteur, celui-ci ne pouvait pénétrer à l'intérieur de la niche et la mesure a donc été faite au contact de l'orifice de la niche.

Distance à 50 cm : Compte tenu que la réponse des instruments à 20 cm n'était pas différente de celle obtenue au droit du point de référence pris entre CEA-1 et PC4, c'est-à-dire que le terme source en question n'avait plus d'incidence perceptible, il n'a pas été entrepris de mesure plus éloignée, soit à 50 cm.

Terme source : Les relevés effectués à l'aide du MCB2 attestent de l'existence d'une anomalie radiologique, c'est-à-dire de l'existence d'un terme source à l'intérieur de la niche définissant le point singulier CEA-1 ; le seuil opérationnel de 5 CPS que s'est fixé l'ACRO est franchi.

9 Mesures au point PC4

Ces mesures, exigées dans le protocole, avaient comme but - pour les auteurs du protocole - d'examiner la réponse des instruments à différentes distances du « terme source » supposé. Pour mémoire le point singulier PC4 s'apparente à une sorte de « niche » dans l'angle d'un mur.

9.1 Résultats pour PC4 selon distance

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#17h)	Pseudo contact **dans** la niche	2,4 à 3,6 CPS
	25/02-2014 (#17h)	Env. 20 cm	/
	25/02-2014 (#17h)	Env. 50 cm	/
NBR-FHZ 672	25/02-2014 (#17h)	Pseudo contact à l'entrée de la niche	H*(10) : 45,7 à 47,0 nSv/h : moyenne (30s) = 45,1 nSv/h
	25/02-2014 (#17h)	Env. 20 cm	/
	25/02-2014 (#17h)	Env. 50 cm	/

9.2 Observation(s)

MCB2 : La mesure a été faite au plus proche à l'intérieur de cette sorte de « niche » en respectant la délimitation matérialisée par un trait de peinture. Elle s'est faite après balayage de la surface et sans remuer les particules qui s'apparentaient physiquement à des grains de sable et qui tapissaient en partie le fond de cette « niche ».

NBR-FHZ 672 : Compte tenu de la taille du détecteur, celui-ci ne pouvait pénétrer à l'intérieur de cette sorte de niche et la mesure a donc été faite au contact de l'orifice de la niche.

Distance à 20 et 50 cm : Compte tenu que la réponse des instruments au pseudo-contact n'était pas différente de celle obtenue au droit du point de référence pris entre CEA-1 et PC4, il n'a pas été entrepris de mesure plus éloignée, soit à 20 et 50 cm.

10 Mesures (hors protocole) au voisinage du point PC4

Suite à la mise en évidence au MCB2 d'un signal assez net au voisinage du point PC4 par le représentant de la CRIIRAD, des mesures comparatives ont été entreprises.

10.1 Résultats sous le point PC4 (à environ 20cm)

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#17h)	Pseudo contact	Valeur max : 27 CPS dans la configuration retenue

10.2 Observation(s)

MCB2 **: La mesure a été faite après balayage,** c'est-à-dire après recherche de l'endroit qui semblait donner la réponse la plus élevée, sans remuer les particules qui s'apparentaient physiquement à des grains de sable et pouvaient recouvrir pour partie la zone.

Terme source : Les relevés effectués à l'aide du MCB2 attestent de l'existence d'une anomalie radiologique, c'est-à-dire de l'existence d'un terme source au voisinage du point singulier PC4 ; le seuil opérationnel de 5 CPS que s'est fixé l'ACRO est franchi.

11 Mesures au point PC5

Ces mesures, exigées dans le protocole, avaient comme but - pour les auteurs du protocole - d'examiner la réponse des instruments à différentes distances du « terme source » supposé. Pour mémoire le point singulier PC5 s'apparente à une sorte d'excavation dans le sol béton sur une profondeur de 20 cm.

11.1 Résultats pour PC5 selon distance

Instrument	Date	Remarque	Résultat
MCB2 sans cache	25/02-2014 (#17h)	Pseudo contact **dans** la niche	< 2 CPS
	25/02-2014 (#17h)	Env. 20 cm	/
	25/02-2014 (#17h)	Env. 50 cm	/
NBR-FHZ 672	25/02-2014 (#17h)	Pseudo contact à l'entrée de la niche	H*(10) : 42,1 à 42,5 nSv/h : moyenne (30s) = 42 nSv/h
	25/02-2014 (#17h)	Env. 20 cm	/
	25/02-2014 (#17h)	Env. 50 cm	/

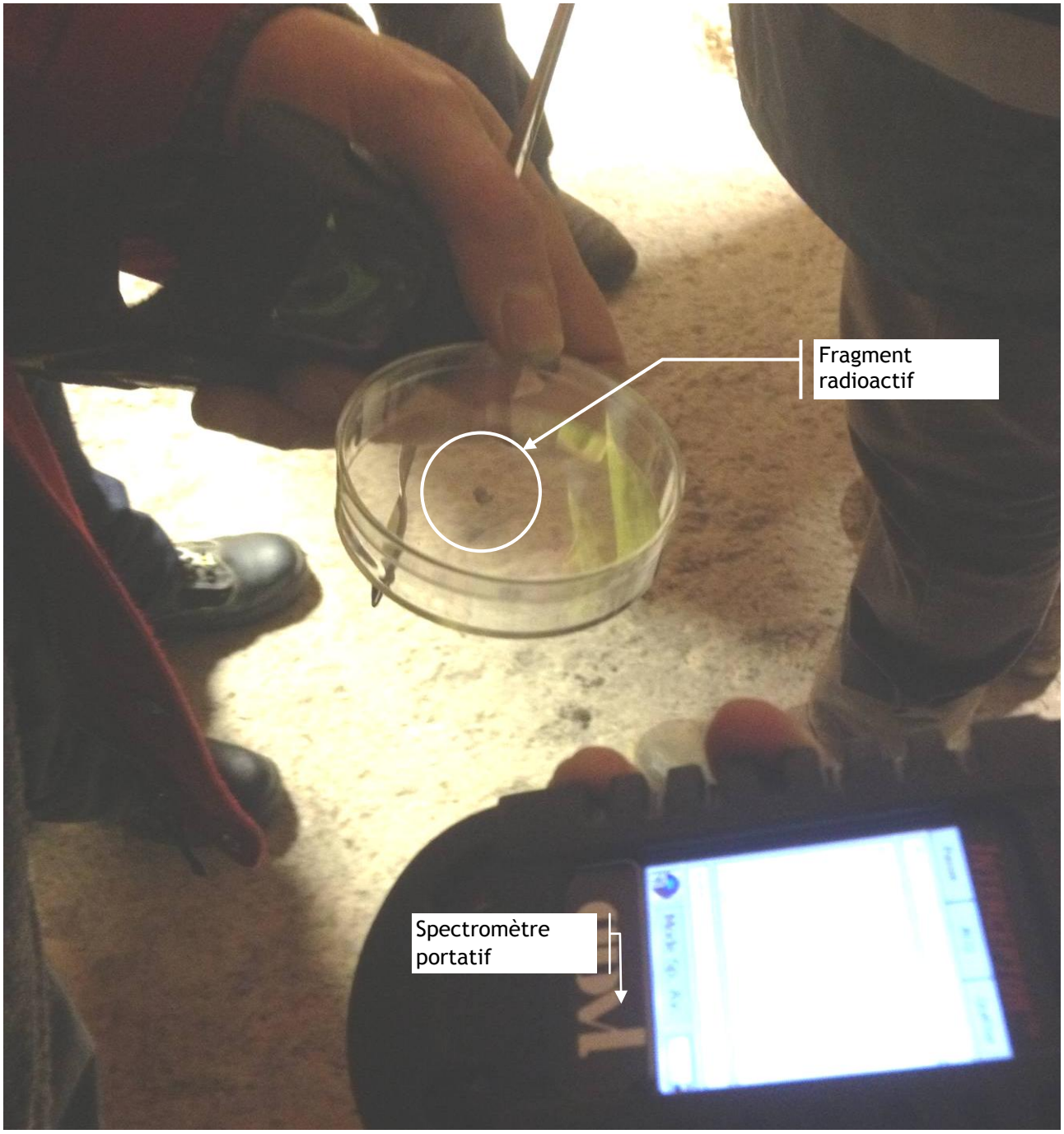
11.2 Observation(s)

Distance à 20 et 50 cm : Compte tenu que la réponse des instruments au pseudo-contact n'était pas différente de celle obtenue au droit du point de référence pris entre CEA-1 et PC4, il n'a pas été entrepris de mesure plus éloignée, soit à 20 et 50 cm.

12 Mesures (hors protocole) au pseudo contact du fragment radioactif CEA-1

Constatant au cours de l'exercice une diminution anormale du niveau de rayonnement au droit du point singulier dénommé CEA-1, qui laissait supposer que le « terme source » avait été déplacé par inadvertance par l'un des mesureurs, une recherche a alors été entreprise par l'ACRO. Au terme de cette opération, nous avons pu constater que le « terme source » avait finalement la forme d'un fragment de quelques millimètres de section (*cf. photo ci-dessous*) et que celui-ci se trouvait alors sur le sol.

Cet évènement a entrainé un aménagement du protocole technique dans le but de caractériser au mieux le terme source. A cet effet, les opérations suivantes ont été entreprises par nos soins.



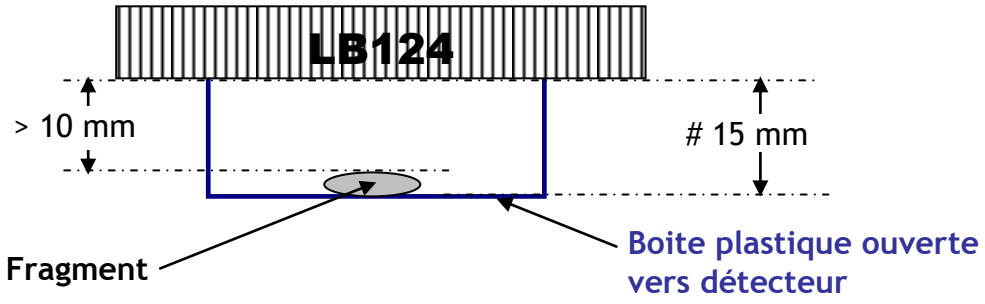
12.1 Mesure des taux de comptage alpha global et bêta global à l'aide du LB124

Instrument	Date	Remarque	Résultat
LB-124, voie α sans cache	25/02-2014 (#16h)		
	25/02-2014 (#18h)		Voie alpha : 0,001 CPS signal stable dans la configuration retenue
LB-124, voie βγ sans cache	25/02-2014 (#16h)		
	25/02-2014 (#18h)	!	Voie bêta-γ : 64 CPS signal stable dans la configuration retenue

Conditions de mesure :

LB-124 : mode « survey » avec constante de temps de 10s ; lecture après 30 à 40s.

Attention : le bruit de fond n'est pas retranché ; il s'agit d'une lecture α-Gross et βγ-Gross.



Observation(s) :

En présence de particules alpha d'une énergie de 4,2 MeV, comme celles émises par l'uranium-238, le parcours total dans l'air est d'environ 30 mm. A mi parcours, l'énergie des alphas est d'environ 2,1 MeV.

Théoriquement des alphas pouvaient donc être détectés dans la configuration retenue sur le terrain puisque l'épaisseur d'air séparant le terme source du détecteur était au plus de 15mm et n'était donc pas suffisante pour absorber la totalité de l'énergie des particules émergeantes en supposant qu'elles étaient émises en surface du fragment.

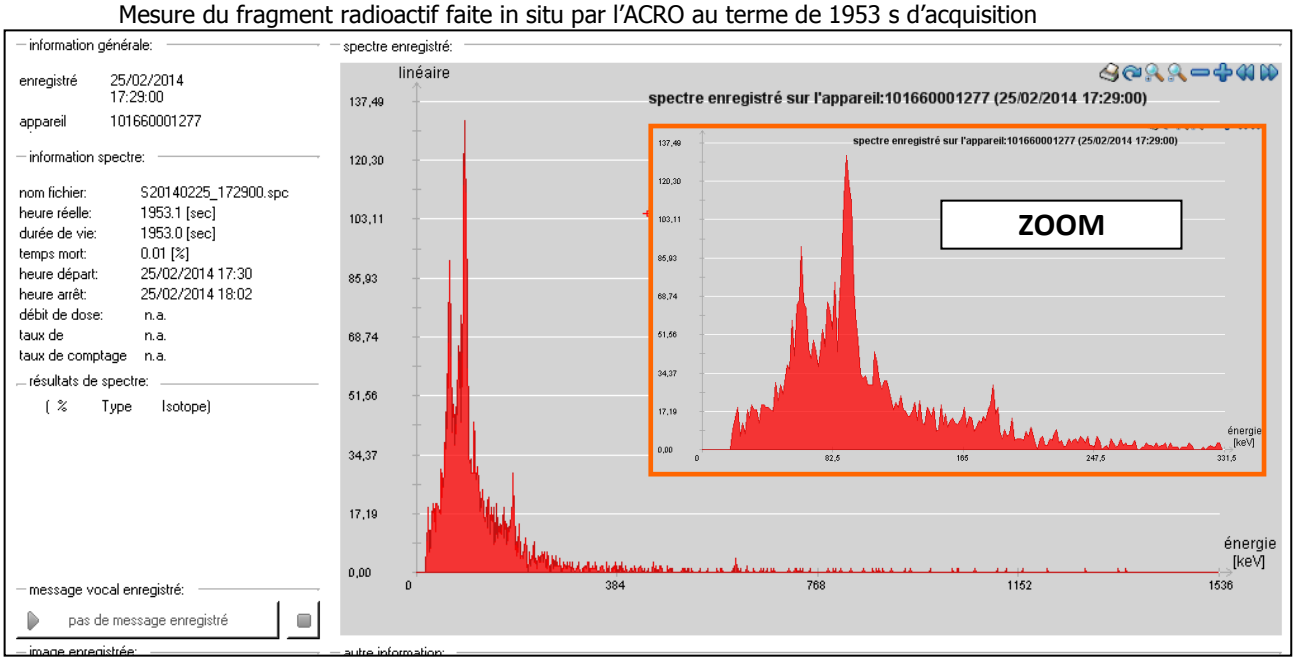
Pour expliquer l'absence d'un taux de comptage pour la voie alpha, on peut raisonnable avancer que les radioéléments étant vraisemblablement liés au matériau, les particules alphas étaient d'abord absorbées en grande partie par celui-ci. Pour mémoire, le parcours total dans l'eau d'alphas de 4,2 MeV est de 0,030 mm.

On notera l'existence d'un taux de comptage significatif pour la voie bêta-gamma. L'émission bêta de haute énergie (Emax= 2269 keV ; Intensité = 97%) du protactinium-234m, un produit de filiation de l'uranium-238, devrait y contribuer en plus des X-gamma de basse énergie émis par les radioéléments en question.

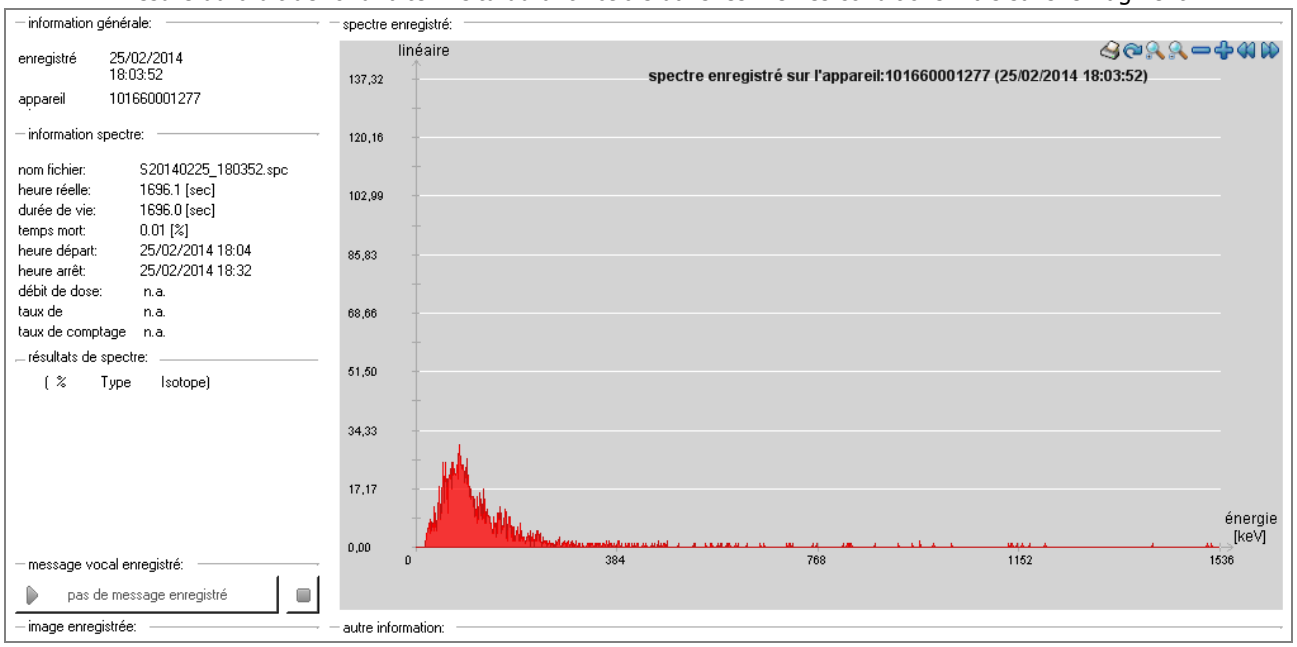
12.2 Identification in situ par l'ACRO de la composition radio-isotopique du fragment radioactif avec le spectromètre portatif Interceptor

Spectres :

Mesure du fragment radioactif faite in situ par l'ACRO au terme de 1953 s d'acquisition

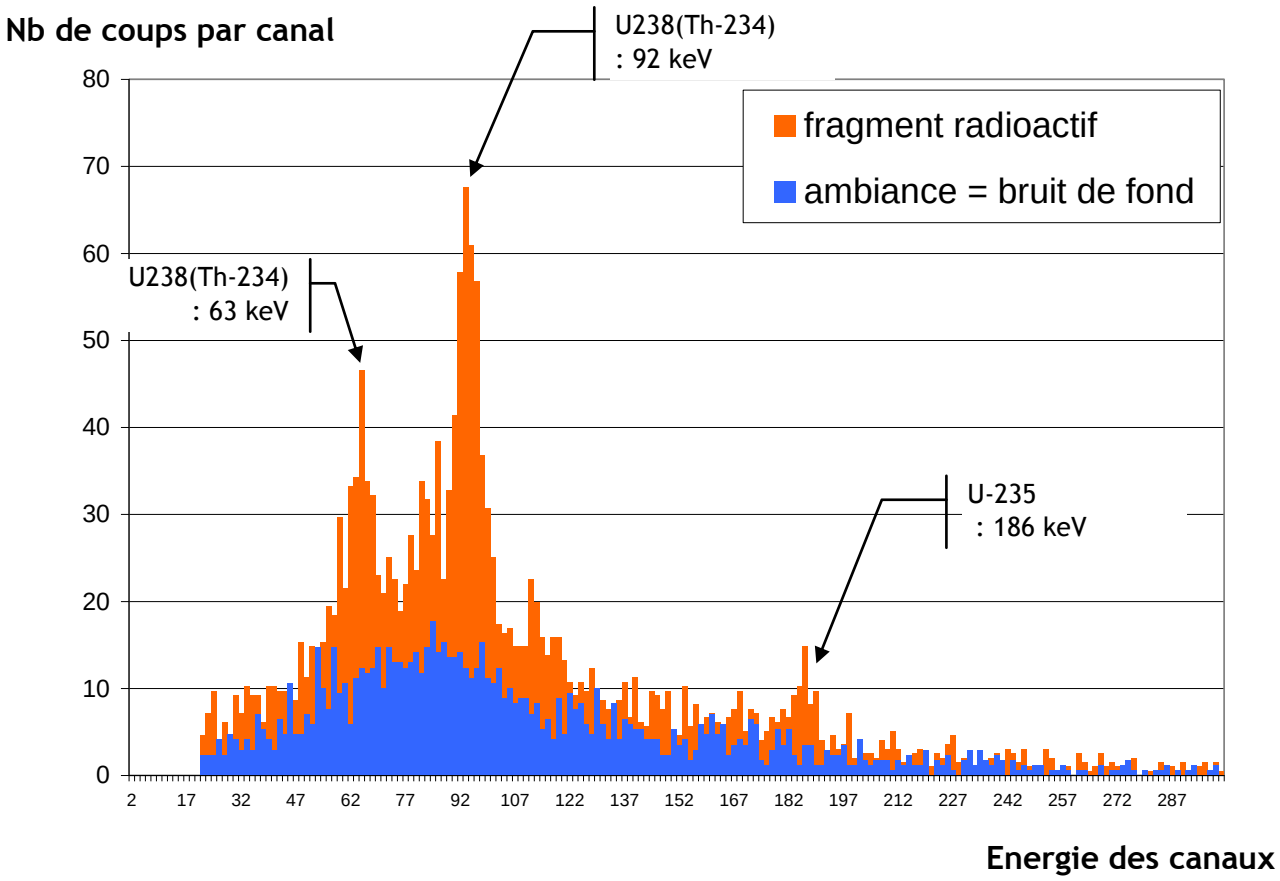


Mesure du bruit de fond faite in situ durant 1696 s dans les mêmes conditions mais sans le fragment



Comparaison des spectres :

Par la suite, les spectres précédents sont normalisés pour une même durée de comptage de 1000 s ; le contenu de chaque canal en énergie est donc recalculé en conséquence. Ayant constaté (cf. spectres précédents) que la région d'intérêt ne s'étend pas au-delà de 300 kev, la représentation graphique (abscisse) est limitée en conséquence pour permettre une meilleure comparaison et identification des éléments.



Observation(s) :

On observe d'abord la présence des raies caractéristiques du thorium-234, premier descendant de l'uranium-238.

On note l'absence des raies caractéristiques des produits de filiation qui compose la chaîne de l'uranium-238 à l'équilibre à l'état naturel. Le plomb-214 et le bismuth-214 ne sont pas observés. Dans ces conditions, la raie à 186 keV peut être attribuée à la présence d'uranium-235.

Ce double constat conduit à considérer qu'il s'agit d'uranium purifié (séparé de sa chaîne radioactive séculaire), donc de nature anthropique.

Il est impossible de se prononcer en l'état sur la proportion de l'uranium-235 par rapport à celle de l'uranium-238, donc sur l'existence ou non d'uranium appauvri.

Annexe

Protocole technique IRSN PRP-CRI/SIAR 14-00093

PROTOCOLE TECHNIQUE

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Réalisation de mesures comparatives sur des points singuliers du site du Fort de Vaujours (77)

PRP-CRI/SIAR 14-00093

SOMMAIRE

1 OBJET DE LA DEMANDE 3
2 ZONES A CONTROLER 3
3 ELEMENTS RADIOACTIFS ATTENDUS 4
4 PROTOCOLE TECHNIQUE 5
4.1 MATERIELS UTILISES 5
4.1.1 Pré requis nécessaires 5
4.1.2 Matériels IRSN 5
4.2 PROTOCOLE DE MESURES 5
4.2.1 Conditions de réalisation des mesures 6
4.2.2 Mesures du bruit de fond 6
4.2.3 Mesures sur des points de référence 6
4.2.4 Mesures sur les points PC4, PC5 et CEA1 7
4.2.5 Mesures complémentaires 7
4.2.6 Traçabilité des mesures 7
5 RESTITUTION DES RESULTATS 7
ANNEXE 1 : MATERIELS DE MESURE IRSN 8
ANNEXE 2 : MODELES DE PV DE MESURE 9

1 OBJET DE LA DEMANDE

Le site du Fort de Vaujours (77) a été utilisé par le CEA pour réaliser des essais de tirs de munition à l'uranium naturel et à l'uranium appauvri.

L'actuel propriétaire, la société Placôplatre, a un projet de réalisation de carrière de gypse sur ce site, comprenant notamment une phase de démolition des bâtiments encore présents.

Des associations locales ont réalisé des mesures de radioactivité dans certains de ces bâtiments et auraient mis en évidence la présence de niveaux de rayonnements supérieurs à la radioactivité ambiante dans la casemate TC1.

L'Autorité de Sûreté Nucléaire, Division de Paris, demande à l'IRSN, dans la saisine CODEP-PRS-2014-007045 du 12 février 2014, de réaliser des mesures de débit d'équivalent de dose gamma ainsi que des mesures de rayonnements bêta-gamma au niveau de trois points identifiés PC4, PC5 et CEA1 de cette casemate.

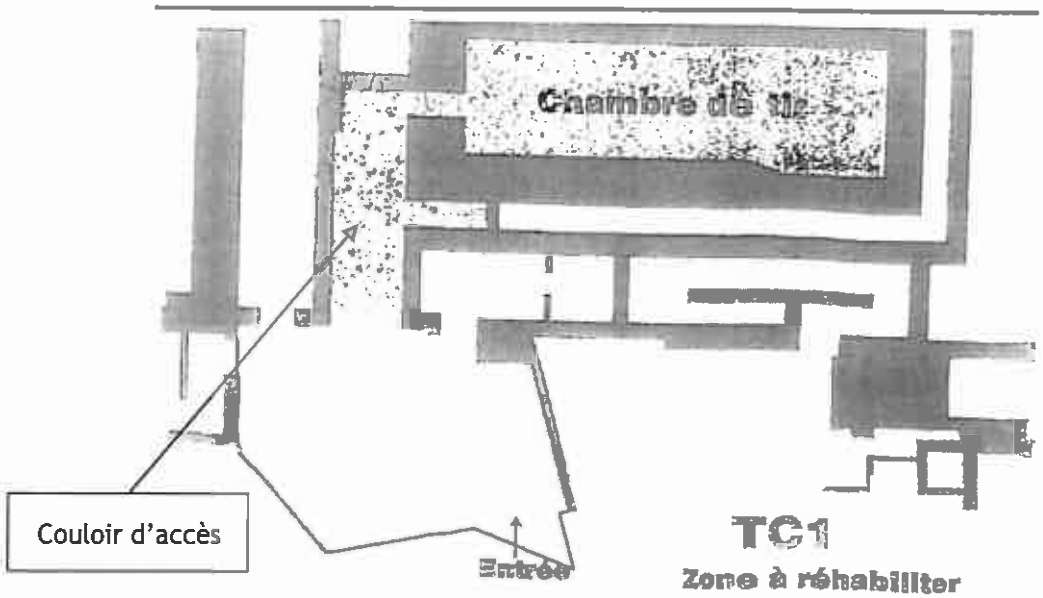
Le présent document vise à définir le protocole technique qui sera utilisé pour la réalisation de ces mesures.

2 ZONES A CONTROLER

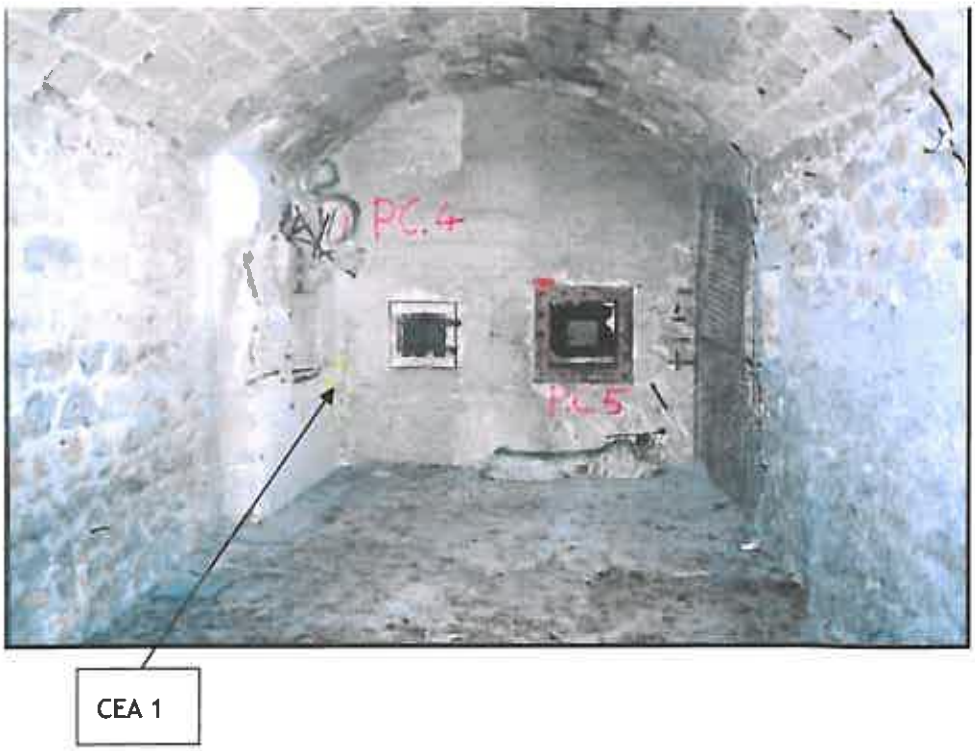
Les zones à contrôler sont situées dans la casemate TC1, située dans le fort central. Cette casemate était dédiée aux diagnostics optiques et électroniques d'expériences réalisées avec de l'uranium naturel ou appauvri et des explosifs.

Les 3 points singuliers faisant l'objet du présent protocole se trouvent dans le couloir d'accès à la chambre de tir (cf. plan et photo ci-après).

Plan de la casemate :



Localisation des points singuliers :



3 ELEMENTS RADIOACTIFS ATTENDUS

L'uranium utilisé pour les essais de tirs était sous forme métal. Les munitions ne contenaient donc que les têtes de chaîne des différents isotopes de l'uranium présent dans l'uranium naturel et l'uranium appauvri.

Qu'il soit naturel ou appauvri, l'uranium émet les mêmes rayonnements, seule leur proportion est différente.

Les éléments radioactifs attendus sont donc :

- pour l'uranium 238 (à l'équilibre avec ses premiers descendants) : uranium 238, thorium 234, protactinium 234 métastable ;
- pour l'uranium 235 (à l'équilibre avec son premier descendant) : uranium 235 et thorium 231.

Le tableau ci-dessous présente les gammes d'énergies bêta et gamma des radionucléides concernés.

	Emission gamma (énergie et intensité)	**Emission bêta (énergie et intensité)**
Famille de l'uranium 238	15 keV à 1 700 keV	131 keV à 2281 keV
Famille de l'uranium 235	15 keV à 186 keV	37 keV à 305 keV
Uranium 234	15 keV à 121 keV	33 keV à 100 keV

La portée maximale des électrons de l'uranium naturel ou appauvri est de 9,2 mm dans le plexiglas (polyméthacrylate de méthyle).

4 PROTOCOLE TECHNIQUE

L'objectif du protocole technique décrit ci-dessous est d'obtenir des mesures comparatives sur des points singuliers identifiés dans la casemate TC1, notamment par rapport aux mesures de radioactivité réalisées sur le site en mai 2011 par une association. Cette association, à l'aide d'un compteur RADEX, aurait mesuré une valeur de 3,3 µSv/h dans la casemate TC1, à proximité du point référencé CEA1.

4.1 MATERIELS UTILISES

4.1.1 Pré requis nécessaires

Pour les mesures de débit d'équivalent de dose, les radiamètres utilisés doivent avoir :

- une gamme d'énergie couvrant au mieux la plage d'énergie des éléments radioactifs attendus,
- une gamme de mesure permettant de déceler des débits d'équivalent de dose de l'ordre du bruit de fond naturel : quelques dizaines de $nSv.h^{-1}$.

Pour la mesure du rayonnement bêta, dans la mesure du possible, les appareils utilisés doivent permettre de mesurer les rayonnements bêta à partir de quelques dizaines de keV afin de couvrir l'ensemble des émissions bêta des éléments radioactifs attendus.

Remarque : dans la mesure où l'IRSN pourra être amené à interpréter les résultats de mesure d'autres organismes, les informations techniques sur les appareils utilisés devront être fournies en préalable aux mesures. De même, les certificats de vérification et/ou d'étalonnage des appareils utilisés devront être présentés avant la réalisation des mesures.

4.1.2 Matériels IRSN

Les matériels de mesure employés par l'IRSN ont été choisis pour répondre aux exigences du paragraphe précédent, sauf pour le RADEX et le GAMMASCOUT. Les informations techniques des appareils sont reprises en annexe 1.

4.2 PROTOCOLE DE MESURES

Les détecteurs des appareils utilisés ont des tailles différentes, allant de quelques cm^3 à plusieurs centaines de cm^3. Ces différences de géométrie rendent les mesures au pseudo-contact difficilement comparables, le centre des détecteurs pouvant ainsi se trouver à des distances différentes de la surface à mesurer.

Afin de s'affranchir de cette problématique, les mesures de chaque appareil sur les points singuliers seront comparées à des mesures sur des points de référence (de l'ordre de 2 à 3).

Ces points de référence seront définis le jour de la réalisation des mesures en concertation avec les différents acteurs de la mesure, dans la casemate TC1, et devront être le plus représentatif possible des conditions de mesure sur les 3 points singuliers :

- même géométrie : coin de mur, surface plane,...
- même type de matériau : meulière, béton, métal,...

Par ailleurs, il convient de préciser qu'une mesure de débit d'équivalent de dose réalisée uniquement au pseudo-contact ne peut être considérée comme représentative d'une exposition de l'organisme entier. En général, on

considère qu'une mesure au-delà de 50 cm de distance du terme source est exploitable pour évaluer l'exposition externe aux rayonnements ionisants.

Comme toute mesure, celles permettant de mesurer la radioactivité sont entachées d'incertitudes. Celles-ci peuvent être plus ou moins importantes en fonction de certains paramètres (temps de comptage, niveau de radioactivité, caractéristiques intrinsèques de l'appareil ...). En général, une incertitude d'au moins 20 % doit être associée à la réalisation d'une mesure directe, telle que le débit d'équivalent de dose.

Le protocole de mesures présenté dans les paragraphes 4.2.1 à 4.2.4 est à mettre en œuvre sur site par l'ensemble des acteurs de la mesure.

4.2.1 Conditions de réalisation des mesures

- Distance entre le point de mesure et le détecteur

Afin de garantir la réalisation des mesures dans des conditions identiques, un gabarit adapté à la distance souhaitée entre le point de mesure et le détecteur est employé.

- Appareil affichant une mesure instantanée

Pour chaque mesure réalisée dans le cadre du présent protocole, un temps de comptage d'au moins 30 secondes doit être respecté afin d'obtenir une statistique de mesure suffisante. Durant ce laps de temps, aucune valeur n'est relevée.

Au delà de ce temps de comptage minimum, la valeur numérique retenue comme étant le résultat de la mesure est la valeur maximale lue durant un intervalle de temps d'au moins 10 secondes à condition que la valeur maximale n'excède pas 1,3 fois la valeur minimale. Dans le cas contraire, c'est la gamme de mesure (min - max) qui est relevée.

- Appareil affichant une valeur moyenne

Pour le RADEX, affichant une valeur moyenne, le temps de comptage à respecter est d'au moins 52 secondes (2 cycles complets de 26 secondes) pour les mêmes raisons que précédemment.

Au delà de ce temps de comptage, la valeur lue, qui est une valeur moyenne, sera considérée comme la mesure.

4.2.2 Mesures du bruit de fond

Le bruit de fond de chaque appareil sera relevé à l'entrée du couloir d'accès à la chambre de tir, à équidistance des parois.

4.2.3 Mesures sur des points de référence

Sur chacun des points de référence choisis, les mesures suivantes seront pratiquées pour chaque appareil :

- mesure de débit d'équivalent de dose au pseudo-contact, à 20 cm et à 50 cm,
- pour la mesure au pseudo-contact, en cas de valeur supérieure ou égale à deux fois la valeur du bruit de fond, réalisation de plusieurs mesures autour du point de référence pour vérifier l'homogénéité des valeurs. Si les valeurs sont inférieures à 3 fois le bruit de fond et sont globalement homogènes, cela permet généralement de confirmer que la radioactivité mesurée provient des matériaux de construction.

4.2.4 *Mesures sur les points PC4, PC5 et CEA1*

Sur chacun des points, des mesures identiques à celles réalisées aux points de référence seront pratiquées.

Une comparaison entre les valeurs aux points de référence et les valeurs des points PC4, PC5 et CEA1 sera faite par appareil. Si la valeur mesurée au point singulier reste inférieure ou égal à 1,3 fois la valeur mesurée au point de référence, pour tous les appareils et pour tous les points singuliers, les mesures seront terminées. Dans le cas contraire, les mesures complémentaires détaillées dans le paragraphe 4.2.4 seront mises en œuvre.

En comparant les résultats au pseudo-contact de différents appareils, des écarts importants pourront être constatés. Au delà de la différence de géométrie qui peut expliquer une partie de cet écart, la nature même des rayonnements mesurés peut en être également la cause. En effet, les appareils grand public tels que le RADEX ou le GAMMASCOUT disposent d'une « fenêtre » de mesure en partie avant de l'appareil qui permet de mesurer « directement » les rayonnements bêta lorsqu'il y en a. Dans ce cas, la valeur mesurée n'est plus directement représentative du risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants et ne peut donc pas être comparée à une référence réglementaire.

Si des écarts importants entre deux appareils sont constatés, les mesures complémentaires du paragraphe 4.2.4 seront mises en œuvre.

4.2.5 *Mesures complémentaires*

Les mesures complémentaires suivantes ont pour objectif de vérifier si l'écart constaté lors des mesures précédentes peut être lié à la présence de rayonnements bêta :

- mesure avec une sonde pour rayonnements bêta au plus proche des points singuliers concernés,
- mise en place d'un écran de plexiglas de 9 mm d'épaisseur, au plus proche du point de mesure, afin de s'affranchir de l'influence des rayonnements bêta,
- mesure avec la même sonde au contact de l'écran,
- mesure du débit d'équivalent de dose au contact de l'écran.

4.2.6 *Traçabilité des mesures*

Les résultats des mesures effectuées seront consignés dans des procès verbaux (PV) dont un exemplaire est proposé en annexe 2. Chaque PV fera l'objet d'une validation sur site par les mesureurs.

5 RESTITUTION DES RESULTATS

A l'issue des investigations sur site, les PV de mesures seront transmis sous 2 jours et un compte rendu reprenant la méthode, la synthèse des résultats des mesures pratiquées et leur interprétation sera transmis sous 1 semaine.

ANNEXE 1 : MATERIELS DE MESURE IRSN

Appareil de mesure	N° série	Date de vérification	Gamme d'énergie	Gamme de mesure
Ad6 + Adb SAPHYMO	92389 + 93891	04/2013	γ,X : 23 keV à 7 MeV	1 nSv/h à 99 µSv/h
FH40 GL10 APVL	014111	11/2013	γ,X : 30 keV à 3 MeV	10 nSv/h à 100 mSv/h
RADEX 1706 QUARTA	N0713246DC13150	Neuf	γ : 100 keV à 1,25 MeV X : 30 keV à 3 MeV β : 250 keV à 3,5 MeV	50 nSv/h à 999 µSv/h
Gamma-scout	60992	Neuf	γ, : > 20 keV β : > 200 keV α : > 4 MeV	100 nSv/h à 1 mSv/h
MIP 21 et SB70 EURISYS MESURES	731 et 758	11/2013	β : > 30 keV	0 à 9999 c/s

ANNEXE 2 : MODELES DE PV DE MESURE

PROCES VERBAL DE MESURE - Bruit de fond

N° PV : _____

Date : _____ Lieu : _____ Localisation mesure : _____

Mesure réalisée par	Heure de la mesure	Appareil	N° de série	Bruit de fond	
				nSv/h	c/s

Commentaires : _____

Nom et prénom du (des) mesureur(s)

Organisme

Visa

IRSN

PROCES VERBAL DE MESURE - Débit d'équivalent de dose

N° PV : _____

Date : _____ Lieu : _____ Bâtiment ou zone contrôlée : _____

Mesure réalisée par	Heure de la mesure	Référence point de mesure	Appareil	N° de série	Débit d'équivalent de dose (µSv/h)		
					Pseudo-contact	20 cm	50 cm

Commentaires :	

Nom et prénom du (des) mesureur(s)

Organisme

Visa

IRSN

PROCES VERBAL DE MESURE - Taux de rayonnement β/γ

N° PV : _____

Date : _____ Lieu : _____ Bâtiment ou zone contrôlée : _____

Mesure réalisée par	Heure de la mesure	Référence point de mesure	Appareil	N° de série	Taux de comptage (c/s)		
					Sans écran	Avec écran	Nature et épaisseur de l'écran

Commentaires :	

Nom et prénom du (des) mesureur(s) :

Organisme :

Visa