



Utilisation d'un imageur gamma pour la radioprotection sur des chantiers dosants

Mai 2022 – RP CIRCUS

Bruno FERET – Expert Mesures Nucléaires

Supporting your energy



SOMMAIRE

01

L'IMAGERIE GAMMA



02

PERFORMANCE



03

CAS D'USAGE



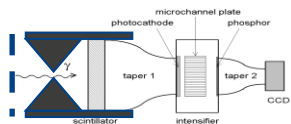
01

L'imagerie gamma



01 LES IMAGEURS GAMMA

Historique



1ere génération
années 1990-2000
Imagerie Pin hole / faible
sensibilité
uniquement localisation
masse importante 17 kg
acquisition fixe

2eme génération
années 2000-2010
Imagerie Masque codé
Uniquement
localisation
Masse faible 4 kg
Acquisition fixe



3eme génération
années 2010 -2020
Imagerie Masque codé
Imagerie Compton 360°
Mesure débit de dose
Spectrométrie
Masse faible 3 kg
Acquisition en mouvement

01 LE CONCEPT NUVISION

NuVISION – GAMMA CAMERA



NuVISION est un imageur gamma

- portable permettant des acquisitions en mouvement (tracking)
- qui localise précisément et rapidement les points chauds,
- estime à distance le débit de dose pseudo contact du point chaud
- identifie les radionucléides de chaque point chaud

Il permet donc une rapide caractérisation de l'environnement d'un point de vue radiologique

Camera optique haute definition alignée avec le capteur CZT gamma.

Télémetre pour la mesure de la distance

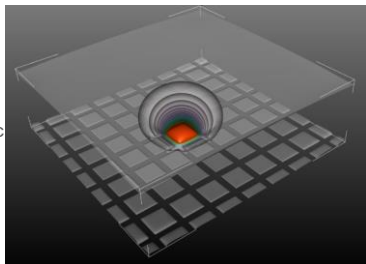
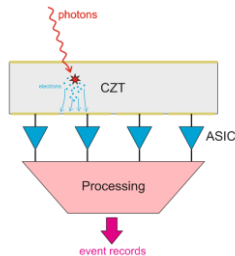


01

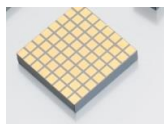
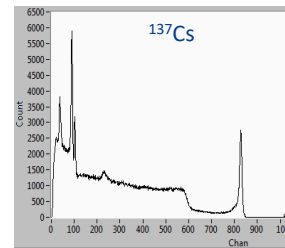
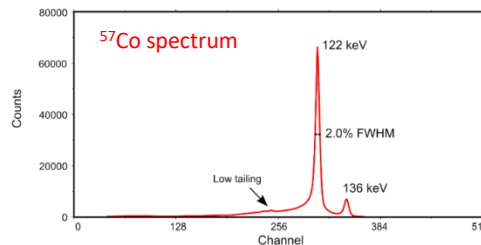
LA TECHNOLOGIE

NuVISION

16x16 segments de cristal → Récupération des énergies et de la position 3D des interactions

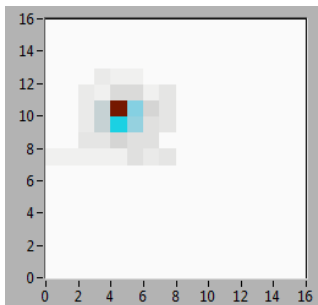


Energie

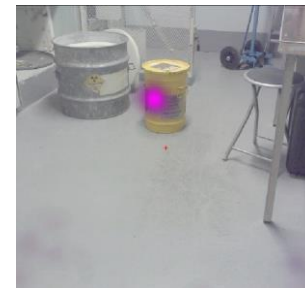
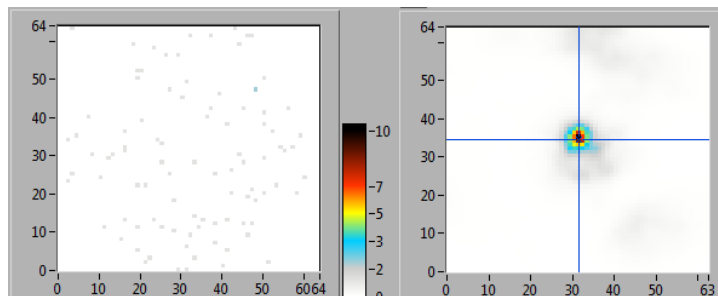


CZT de 10 cm³
40x40x 6 mm

Event clusters



Localisation



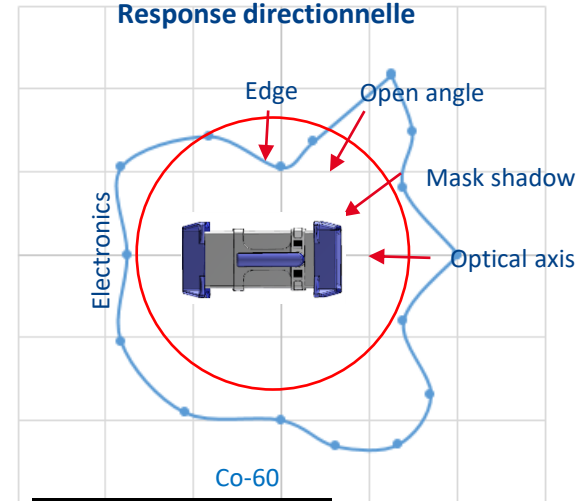
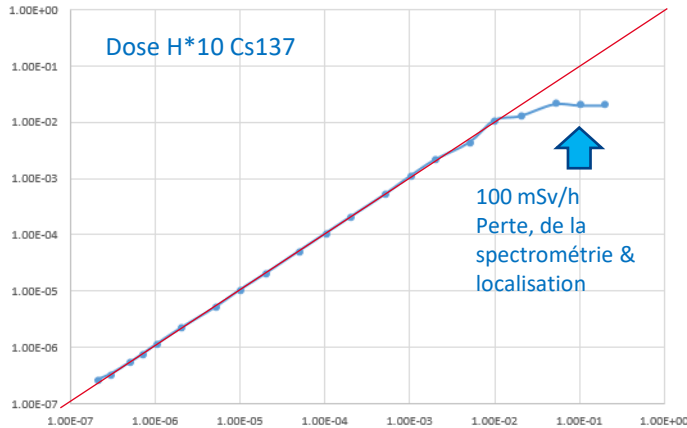
→ Evènements simples ou multiples

01

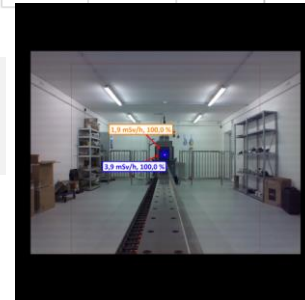
MESURE EN DÉBIT DE DOSE

NuVISION

Sens = f(dose rate)
Am241, Cs137, Co60

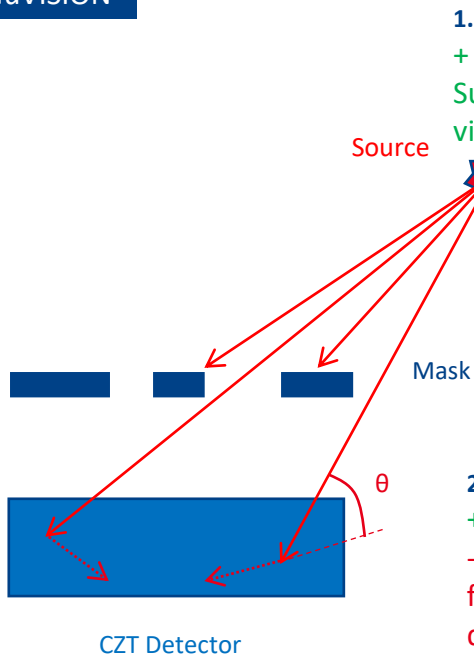


Test d'aveuglement :
1 Sv/h pendant 5 min et retour à 10 μ Sv/h
→OK



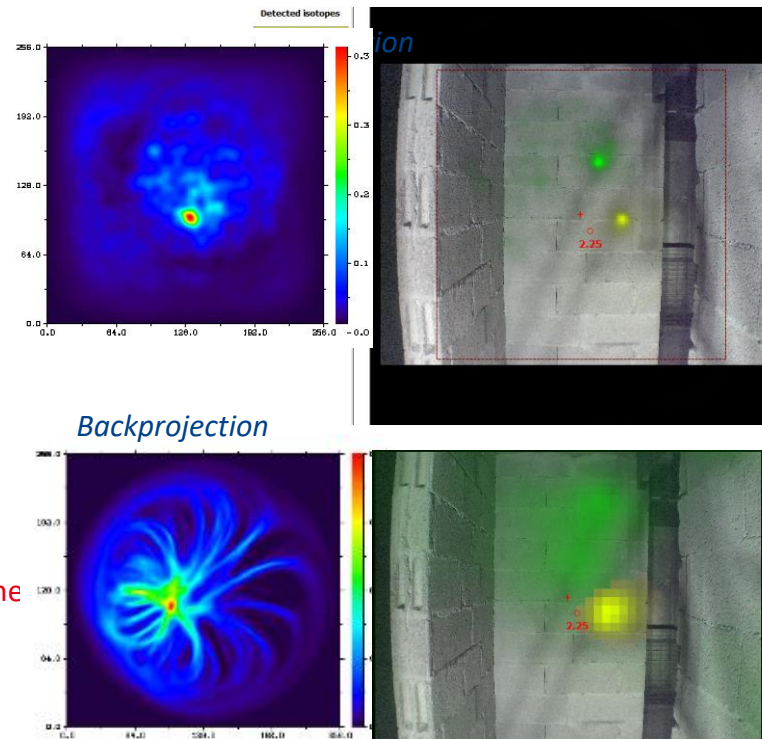
LE CONCEPT D'IMAGERIE

NuVISION



1. Masque codé
+ haute sensibilité & resolution.
Superposition parfait de l'image visible et de l'image gamma

2. Imagerie Compton
+ multidirectionnel 360°.
- Sensibilité & resolution limitée ne fonctionne pas pour les photons de base énergie .

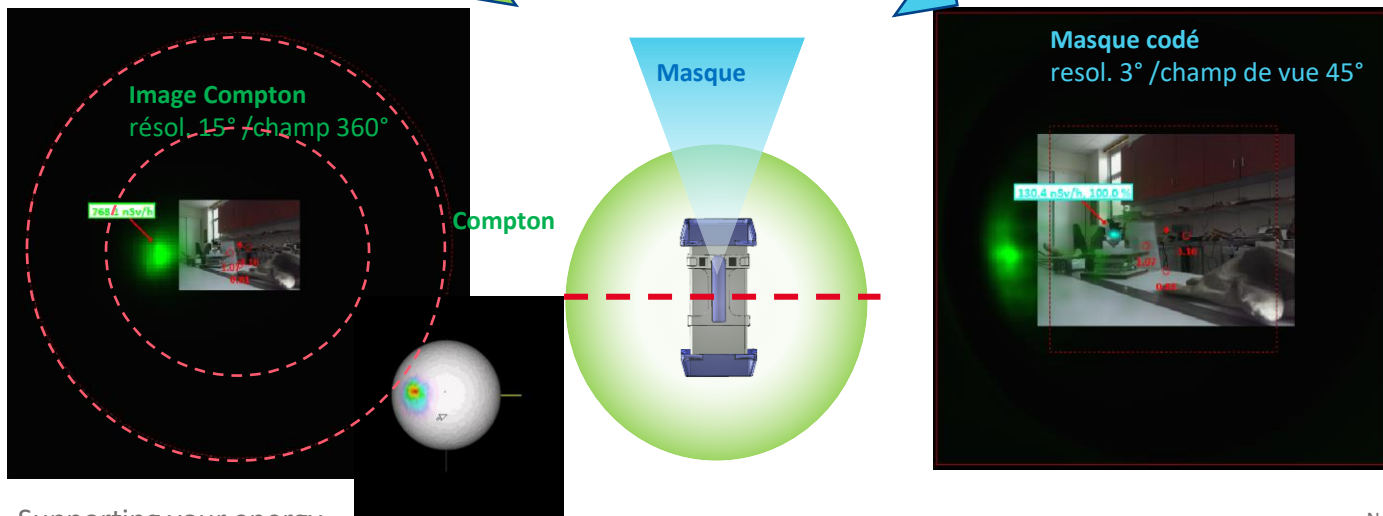
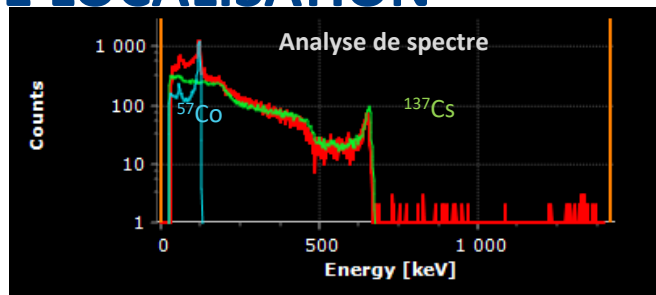


Compton et masque codé sont deux techniques complémentaires

01

LE CONCEPT DE LOCALISATION

NuVISION



01

LE CONCEPT D'UTILISATION

NuVISION

Statique sur tripode



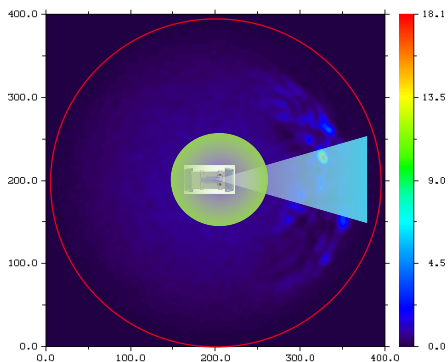
Scan sur tripode motorisé



Mode dynamique acquisition temps réel



50g+100g-HEU



^{241}Am 150 nSv/h @ camera

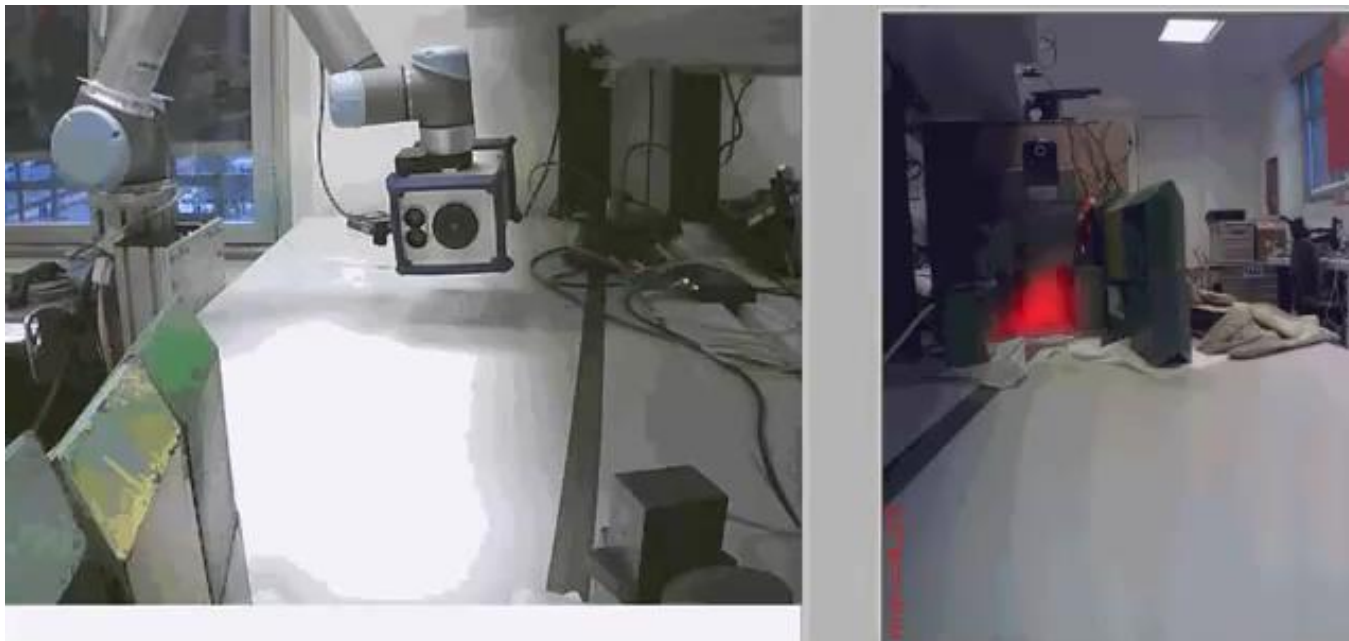
01

ESSAIS EN TRACKING AVEC BRAS ROBOT

Acquisition en mouvement

^{57}Co 1.25 MBq

^{137}Cs 2MBq



Compensation de mouvement pour intégrer quelques secondes.

01

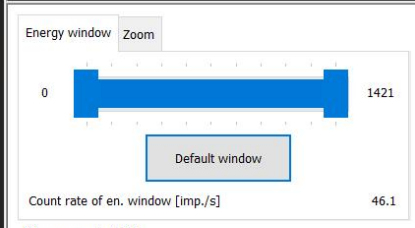
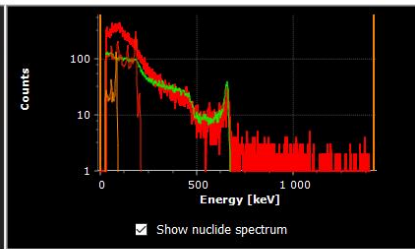
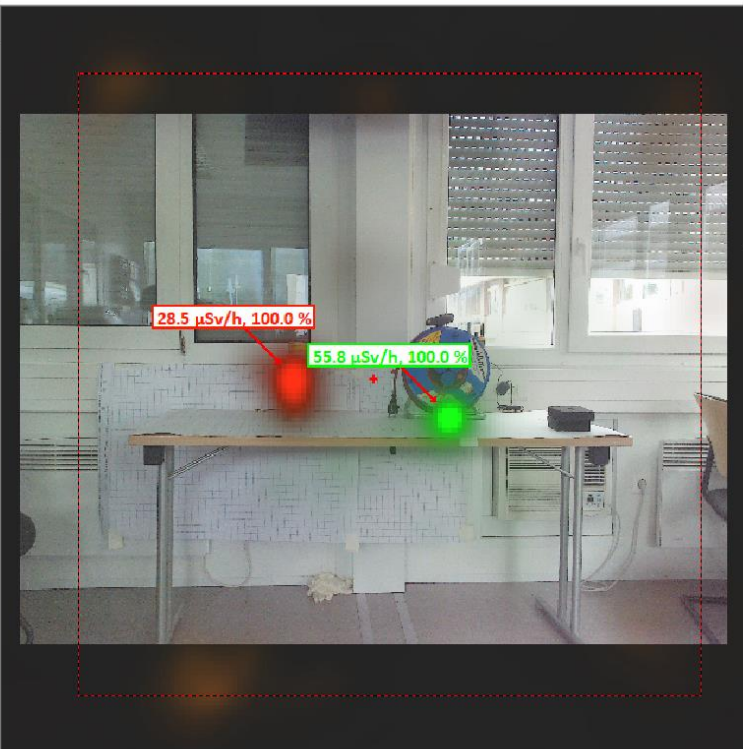
IHM EN MODE MASQUE CODÉ

NuVISION



Detected isotopes

| | |
|---------------|------|
| Cs-137 | |
| DR [nSv/h]: | 95.0 |
| At dist. [m]: | 0.01 |
| Conf. [%]: | 100 |
| U-235 | |
| DR [nSv/h]: | 24.9 |
| At dist. [m]: | 0.01 |
| Conf. [%]: | 100 |
| Th-228 | |
| DR [nSv/h]: | 1.4 |
| At dist. [m]: | 0.01 |
| Conf. [%]: | 100 |



Measurement details

| | |
|----------------------------|-------|
| Acquisition time [s]: | 949.4 |
| Dead time [%]: | 0.2 |
| Total counts: | 43649 |
| Total count rate [Imp./s]: | 42.0 |
| Total dose rate [nSv/h]: | 142.2 |
| Spectrum residual [%]: | 5.5 |
| Distance from source [m]: | 2.5* |

01 IHM EN MODE COMPTON

NuVISION

The screenshot displays the NuVISION software interface in Compton mode. The central area shows a detector image with a red dashed circle indicating the field of view. The right-hand panel contains a spectrum plot and acquisition parameters.

Isotopes détectés

| |
|--------------------------------|
| Co-60 |
| DeD ($\mu\text{Sv/h}$): 10.1 |
| Coef. (%): 100 |

Statut: Prêt

Version: 1.2.11

Comptage dans la fenêtre [cts] 756.4

Détails

| | |
|--|--------|
| Temps d'acquisition [s] | 456.1 |
| Temps mort [%] | 8.7 |
| Coups totaux | 476823 |
| Coups par seconde | 9433.0 |
| Débit de dose total ($\mu\text{Sv/h}$) | 39.3 |
| Spectre résiduel | 36.1 |
| Distance à la source [m] | N/A |

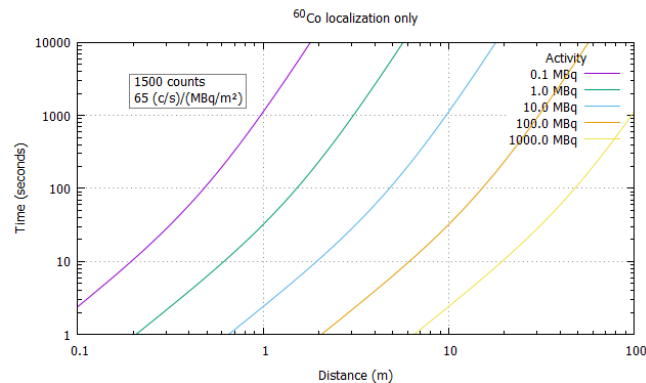
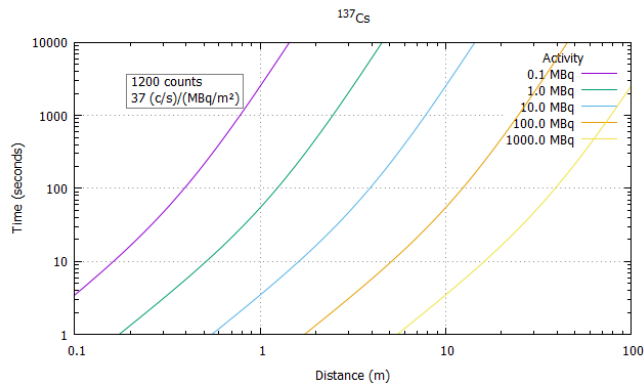
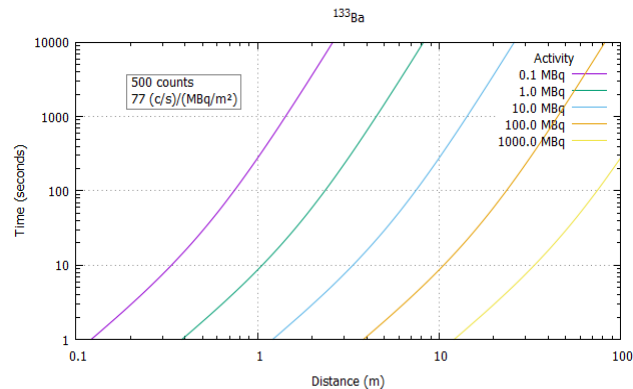
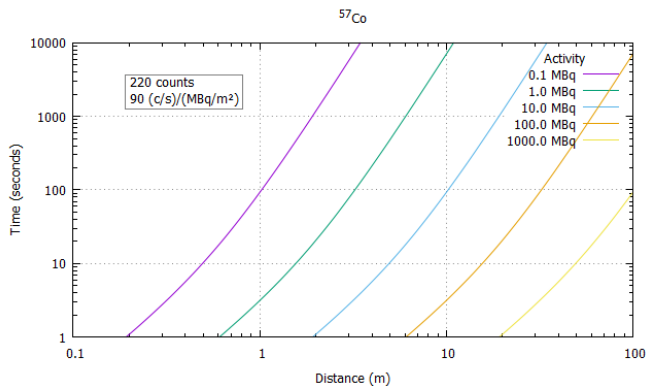
02

Performances



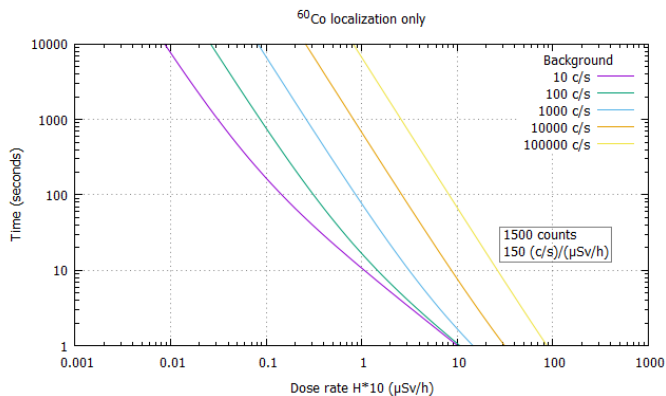
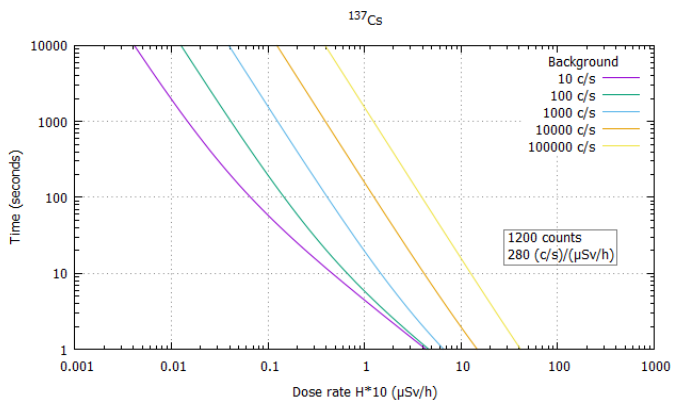
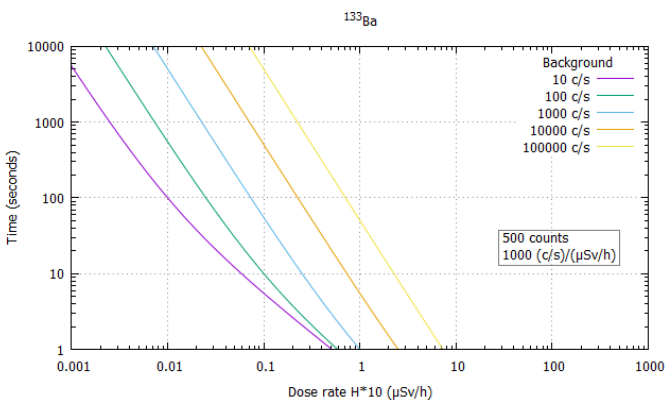
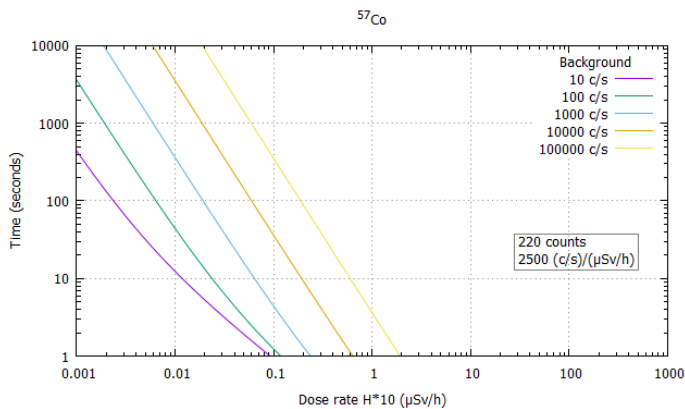
02 TEMPS DETECTION EN FONCTION ACTIVITÉ DU RN ET DE LA DISTANCE

Abaques pour Nuvision 6 mm



02 TEMPS DE DÉTECTION EN FONCTION DU DEBIT DE DOSE

Abaques pour Nuvision 6mm



03

Cas concrets d'usage

03

CAS CONCRETS D'USAGE

Mesures sites

- 1)- Localisation / caractérisation ciblée à distance de points chauds (simples ou multiples) dans un local avec des niveaux d'irradiation élevés
- 2)- Localisation et vérification de l'efficacité de traitement de circuits ou d'appareils après décontamination
- 3) – Scénario de reprise d'une source irradiante
- 4)- Mesure sur Uranium Naturel
- 5)- localisation d'une source d'un gammagraphe source bloquée en éjection et vérification de l'efficacité d'un plan de pose de protections biologiques sans ligne de fuite
- 6)- Caractérisation de transports de colis

03

LOCALISATION DE POINTS CHAUDS

Sources cachées

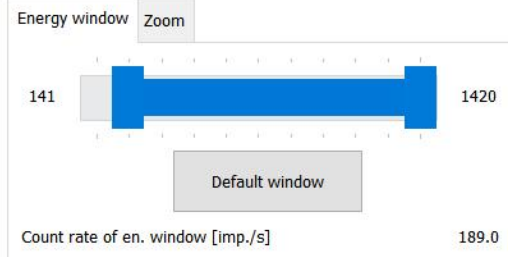
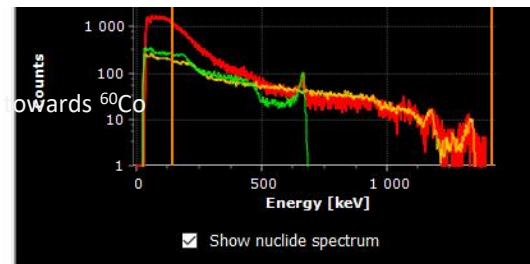
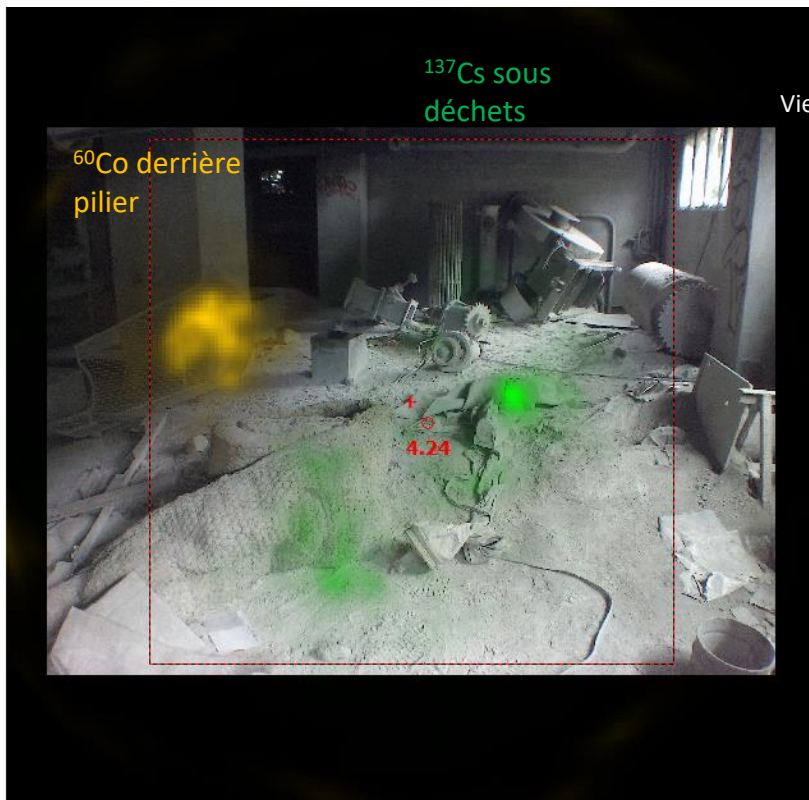


LOCALISATION DE POINTS CHAUDS

Sources cachées

Detected isotopes

| |
|-------------------|
| CO-60 |
| DR [nSv/h]: 930.2 |
| Conf. [%]: 100 |
| CS-137 |
| DR [nSv/h]: 472.6 |
| Conf. [%]: 100 |



Measurement details

| | |
|--------------------------------|--------|
| Acquisition time [s]: | 523.5 |
| Dead time [%]: | 0.5 |
| Total counts: | 211360 |
| Instant count rate [imp./s]: | 456.0 |
| Total dose rate [μ Sv/h]: | 2.0 |
| Spectrum residual [%]: | 25 |
| Distance from source [m]: | 4.24 |

03

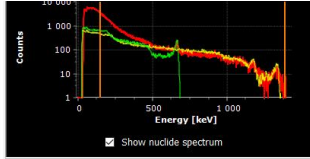
LOCALISATION POINTS CHAUDS COMPTON/MASQUE CODÉ

Sources cachées

^{60}Co and ^{137}Cs derrière un mur

Detected isotopes

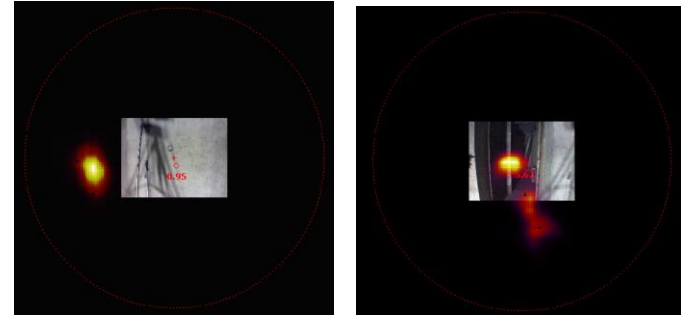
| | |
|--------|------------------------------|
| CO-60 | DR [$\mu\text{Sv/h}$]: 4.4 |
| | Conf. [%]: 99.2 |
| CS-137 | DR [$\mu\text{Sv/h}$]: 2.2 |
| | Cont. [%]: 99.3 |



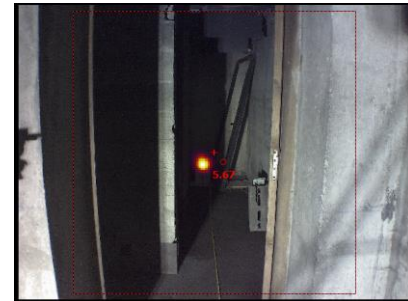
| | |
|---------------------------------------|--------|
| Energy window | Zoom |
| 146 | 1391 |
| Default window | |
| Count rate of en. window [imp./s] | 921.6 |
| Measurement details | |
| Acquisition time [s]: | 286.0 |
| Dead time [%]: | 2.3 |
| Total counts: | 652312 |
| Instant count rate [imp./s]: | 2576.2 |
| Total dose rate [$\mu\text{Sv/h}$]: | 10.2 |
| Spectrum residual [%]: | 26.2 |
| Distance from source [m]: | 2.25 |

Recherche de sources ^{137}Cs dans un sous sol

Compton mode: pour la recherche dans 360 degrés.



Masque codé pour bonne résolution angulaire.



03

LOCALISATION POINTS CHAUDS EN EXTERIEUR

Sources en extérieur



LOCALISATION POINTS CHAUDS EN EXTERIEUR

Sources en extérieur

^{192}Ir source

100m – $\sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$



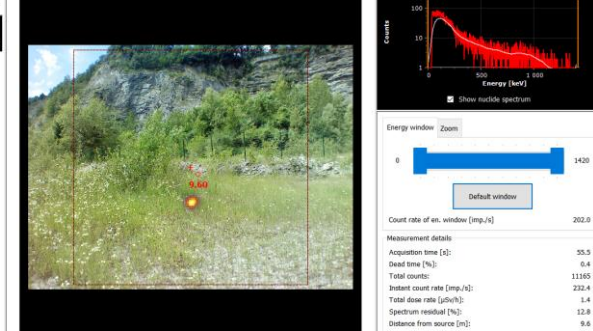
^{137}Cs source

8m – $\sim 1 \mu\text{Sv/h}$



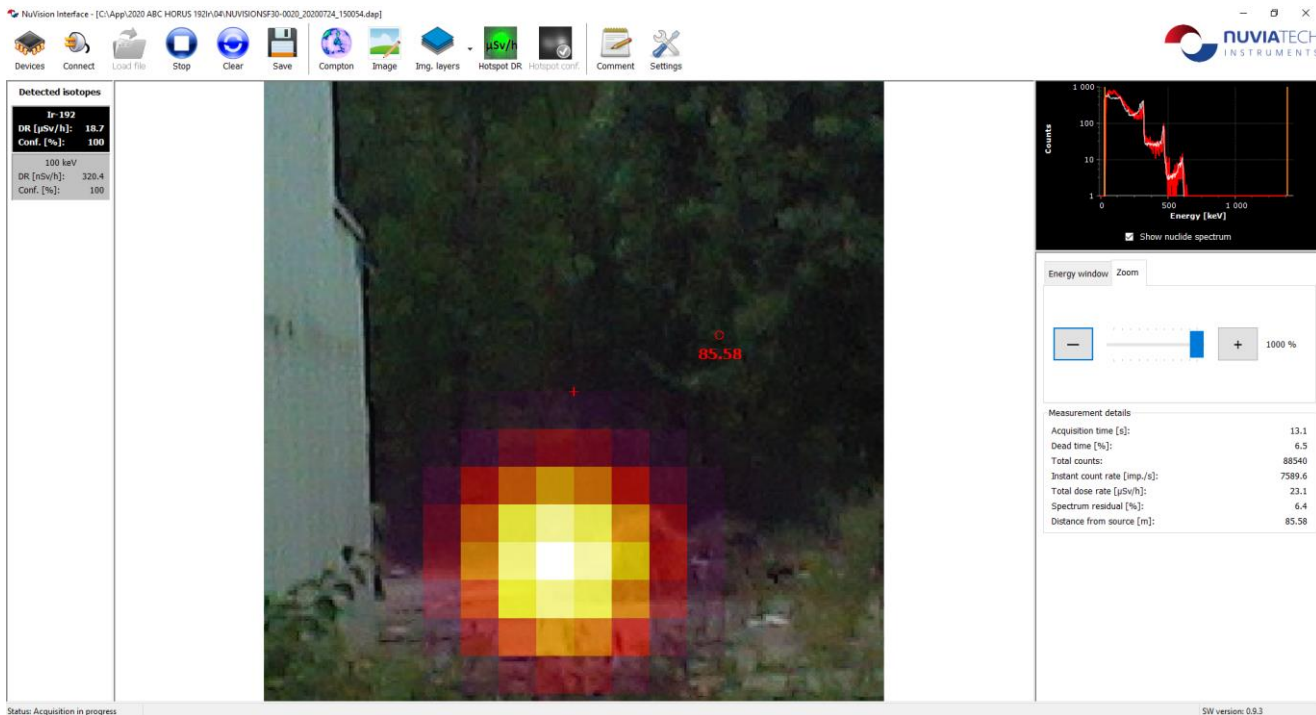
^{60}Co source

10m – $\sim 1 \mu\text{Sv/h}$



02 RECHERCHE D'UNE SOURCE D'IRRIDIUM: (33 CURIE) -1,22 TBQ

85 m de distance localisation et identification en moins de 10 secondes



03 INVESTIGATIONS RADIOLOGIQUE POUR DÉCONTAMINATION

Cellules irradiantes



Sur des interventions dans une ambiance de 250 microSv/h dans une cellule irradiante

Le gain estimé d'utilisation de la Nuvision est de 400 H.mSv

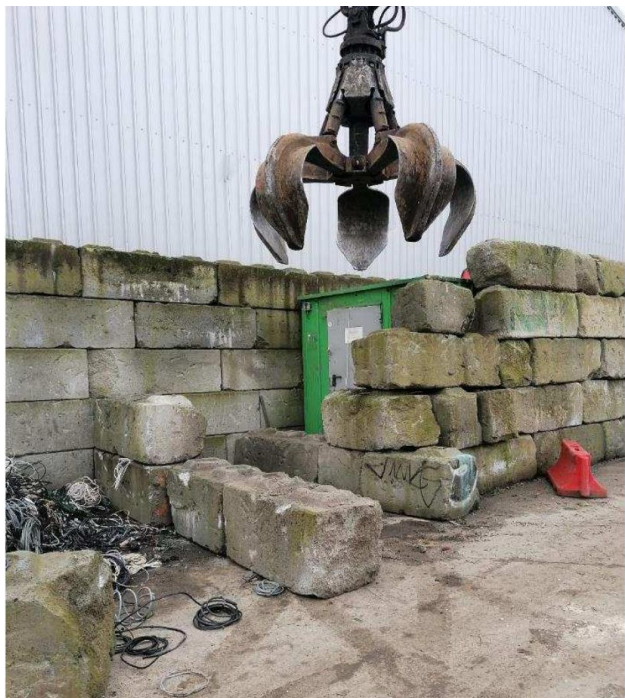
Sur une opération de décontamination d'un équipement procédé jusqu'à 5 cartographies sont nécessaires



03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Données d'entrée



eur

03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Scénario sans Nuvision

Phasage de l'opération de caractérisation de la source non optimisé

| | |
|---|-----------|
| Phase de préparation (mise en place du chantier, retrait de bloc béton) : | <1 |
| H.μSv | |
| Phase de retrait des feuilles de plomb (DeD 400 μSv/h): | 32 H.μSv |
| Phase de recherche des DeD autour de la source à distance (Télétektor DeD 50 μSv/h) | 25 H.μSv |
| Phase de recherche de l'activité de la source | 50 H.μSv |
| • (positionnement spectrométrie portable et relevé des comptages DeD 50 μSv/h) | |
| Phase de prise de vue de la configuration (DeD 400 μSv/h) | 10 H. μSv |

EDP initial : 118 H.μSv

03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Première étape Localisation identification Nuvision



Software interface showing a live video feed of the detector's field of view. The video shows a purple laser beam (Faisceau directionnel) pointing towards a source inside the container. The text overlay on the video reads: Cs-137, 80 mSv/h à 5 cm, Faisceau directionnel.

Energy spectrum graph showing Counts vs Energy [keV]. The y-axis ranges from 1 to 1000, and the x-axis ranges from 0 to 1000. A prominent peak is visible at approximately 662 keV. A checkbox labeled "Show radionuclide spectrum" is checked.

Energy window settings: 259 to 1434 keV. A "Default window" button is present.

Count rate of es. window [imp./s]: 495.4

Measurement details:

| | |
|--------------------------------|--------|
| Acquisition time [s]: | 332.4 |
| Dead time [%]: | 2.9 |
| Total counts: | 87713 |
| Total count rate [imp./s]: | 4676.0 |
| Total dose rate [μ Sv/h]: | 11.9 |
| Spectrum residual [%]: | 59.1 |
| Distance from source [m]: | N/A |

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Definition du scénario de reprise

Localisation précise de la source avec image visible haute définition et identification du RN (Cs-137)

Estimation de l'activité Cs-137 de 2,3 GBq pour dimensionner le blindage de conditionnement de la source

Définition du scénario de reprise



03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Gain dosimétrique

Phasage de l'opération de caractérisation de la source optimisé avec Nuvision

| | |
|--|----------|
| Phase de préparation (mise en place du chantier et Nuvision, retrait de bloc béton) | <1 H.μSv |
| Phase de retrait des feuilles de plomb (DeD 400 μSv/h) | 32 H.μSv |
| Phase de recherche de positionnement, des DeD autour de la source et spectrométrie à distance (Nuvision DeD 0,5 μSv/h) | <1 H.μSv |
| Phase de prise de vue de la configuration (DeD 0,5 μSv/h et 400 μSv/h pour une photo) | 3 H.μSv |
| EDP optimisé : 37 H.μSv | |

Gain de 81 H.μSv soit 69% de gain

03

Mesures d'Uranium naturel



02 SOURCE DE GAMMA GRAPHIE BLOQUÉE

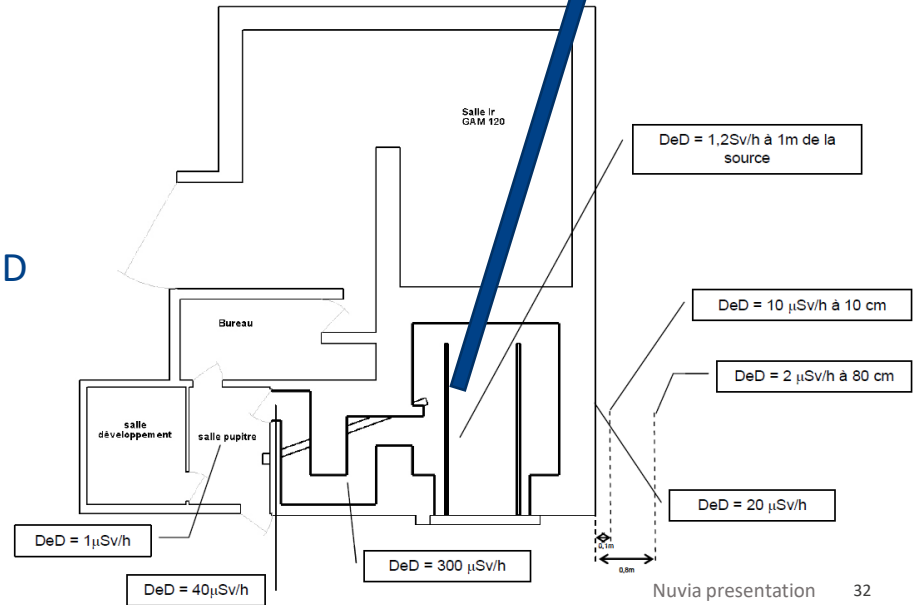
Cas incidentel

Objectif :

- Maintenance corrective du GAM en zone verte.

Contraintes :

- Entrée de personnel dans la chicane uniquement,
- Détection du positionnement de la source en continu,
- Pas de découpe du flexible de sortie de la source
- Capteur de camera de visionnage qui tient le DeD important,
- Protection biologique « réversible » (retrait possible),
- Géométrie complexe des lieux.

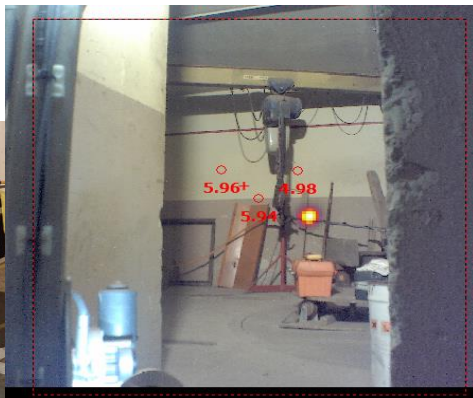
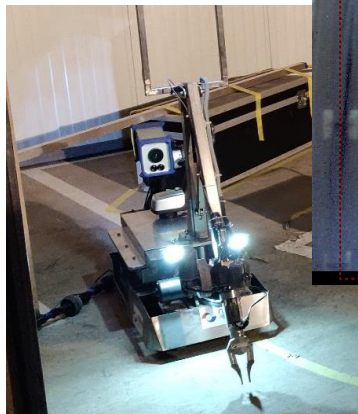


02 SOURCE DE GAMMA GRAPHIE BLOQUÉE

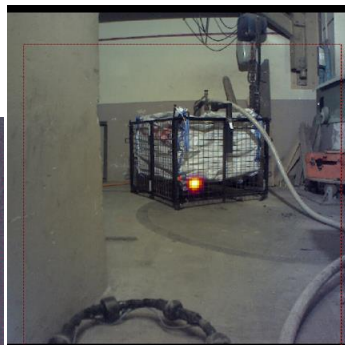
Cas incidentel

Montage Nuvision sur robot
Optimisation technique avec une seule camera Nuvision

24 mSv/h à l'entrée
(365 mSv/h @ 1m)



Mise au sol et positionnement du conteneur à remplir



Reconstitution de la protection biologique
0.8 mSv/h @ 1.4m
apparition d'une ligne de fuite



Blindage additionnel
→ 16 μSv/h @ 1.3m



02 SOURCE DE GAMMA GRAPHIE BLOQUÉE

Cas incidentel

EDP Initial :

- 1,282 H.mSv

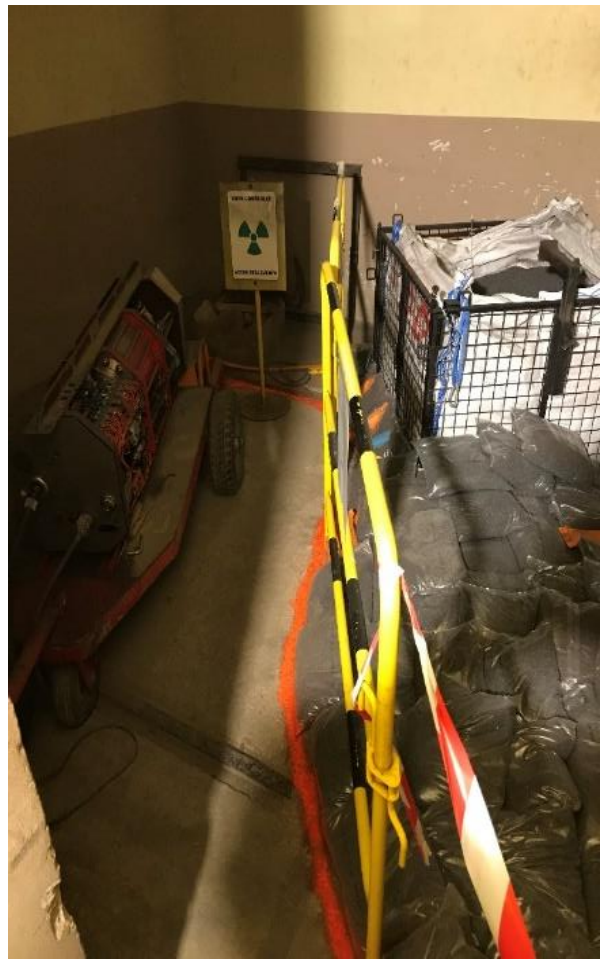
EDP Optimisé :

- 0,963 H.mSv

Optimisation au cours de l'intervention :

- Réajustement des DeD pour l'EDP,

Visualisation de la ligne de fuite avec prise de DeD à distance et calcul de la protection biologique supplémentaires en temps réelle,



03

RECHERCHE DE POINTS CHAUD SUR VÉHICULE -

Mesure d'un véhicule

5mn d'acquisition en relecture accélérée

^{60}Co

5.9MBq masque par 15mm de Pb -40nSv/h

^{239}Pu (25g)

^{137}Cs

3.5MBq-17nSv/h

(distance 4m)



Thank you Merci



36