



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

septembre 2024 – ATSR
Bruno FERET – Expert Mesures Nucléaires

Supporting your energy



SOMMAIRE

01

L'IMAGERIE GAMMA



02

PERFORMANCE



03

CAS D'USAGE



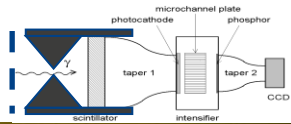
01

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

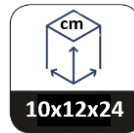
2eme génération années
2000-2010
Imagerie Masque codé
Uniquement localisation
Masse faible 4 kg
Acquisition fixe

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

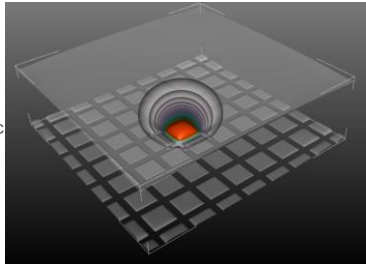
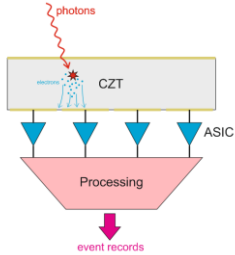


01

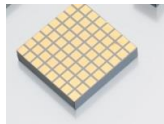
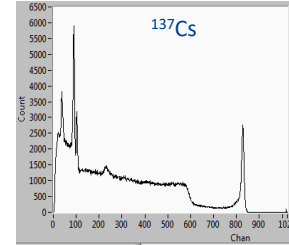
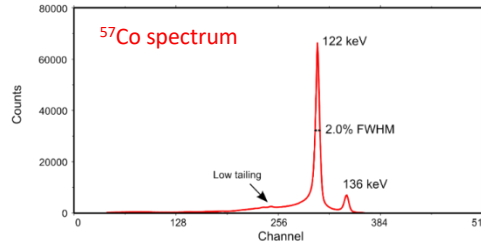
LA TECHNOLOGIE

NuVISION

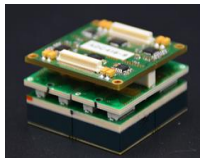
16x16 segments de cristal → Récupération des énergies et de la position 3D des interactions



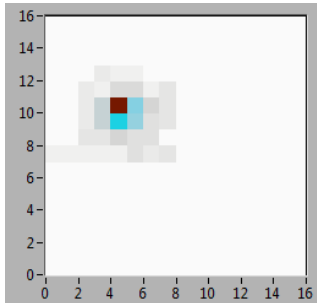
Energie



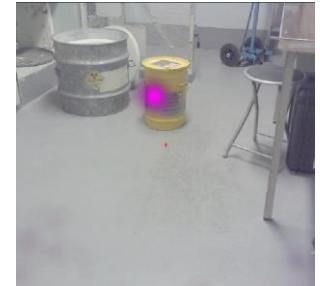
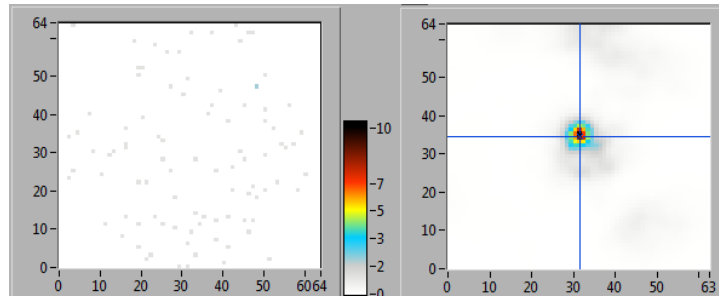
CZT de 10 cm³
40x40x 6 mm



Event clusters



Localisation



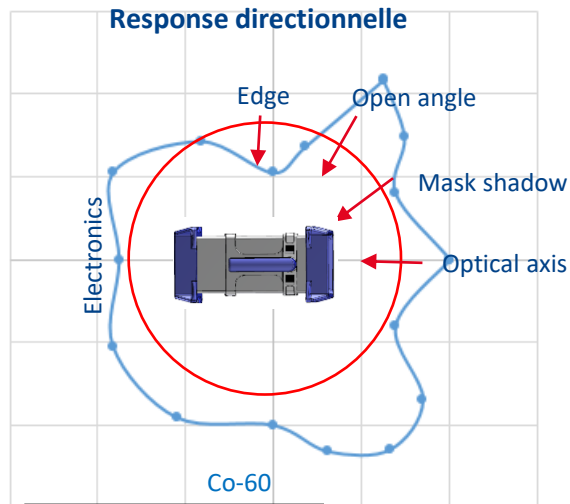
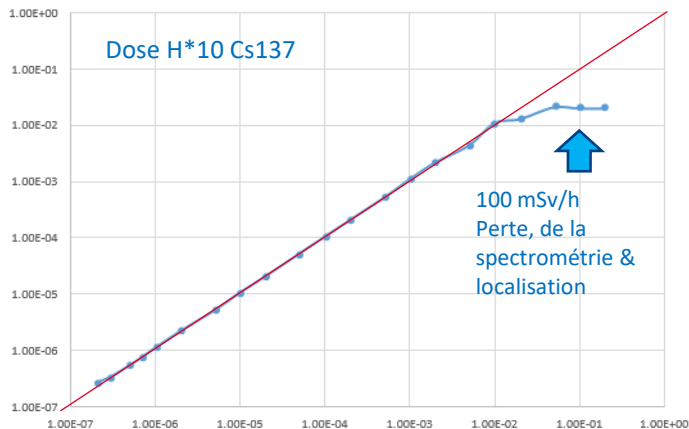
→ Evènements simples ou multiples

01

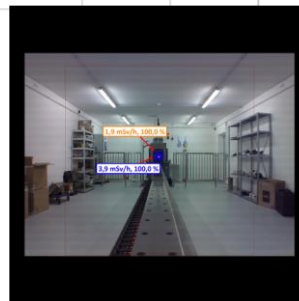
MESURE EN DÉBIT DE DOSE

NuVISION

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

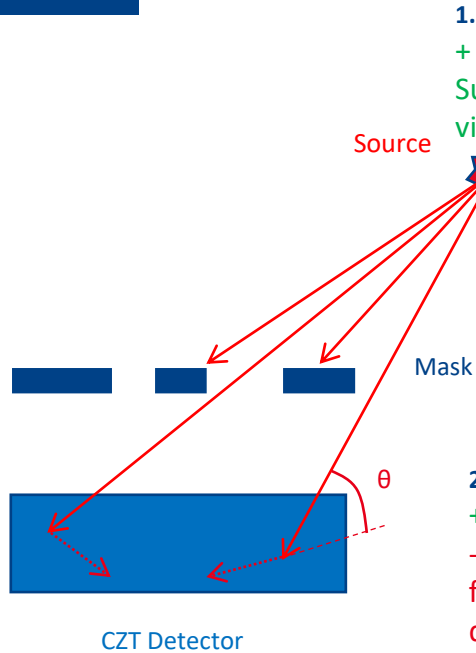


Test d'aveuglement :
1 Sv/h pendant 5 min et retour à 10 μ Sv/h
→OK



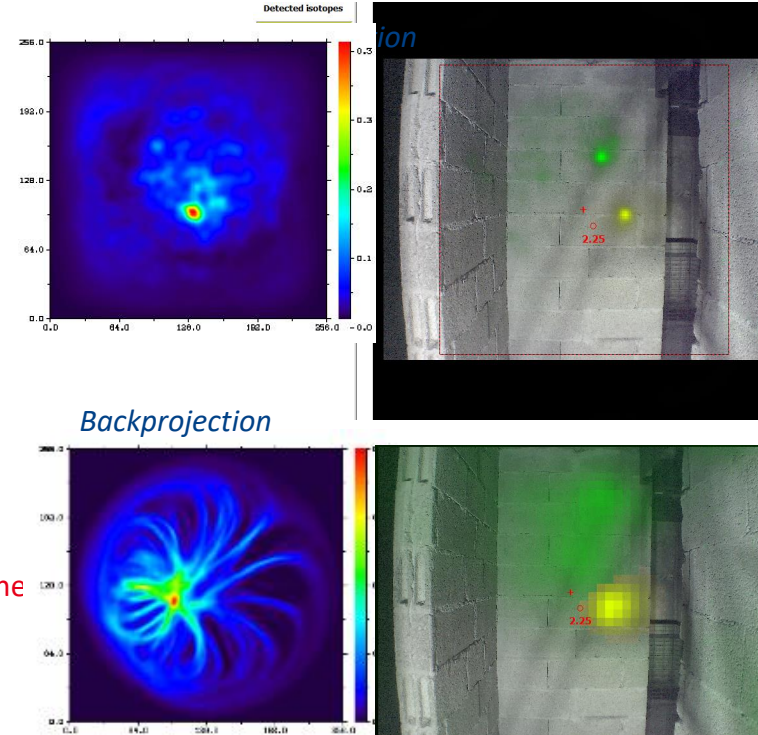
LE CONCEPT D'IMAGERIE

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 .

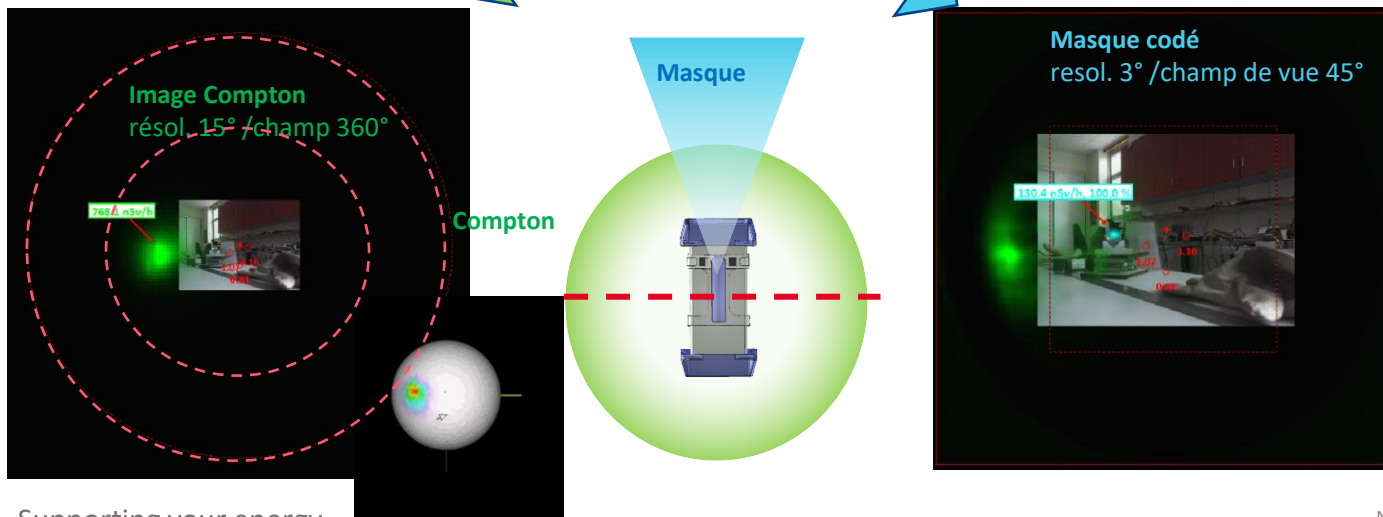
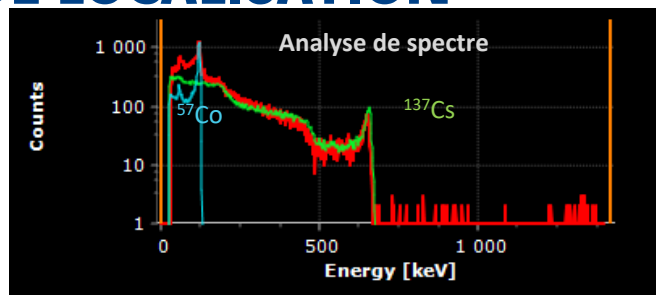


Compton et masque codé sont deux techniques complémentaires

01

LE CONCEPT DE LOCALISATION

NuVISION



01

LE CONCEPT D'UTILISATION

NuVISION

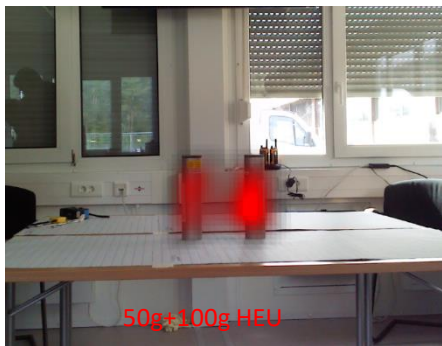
Statique sur tripode



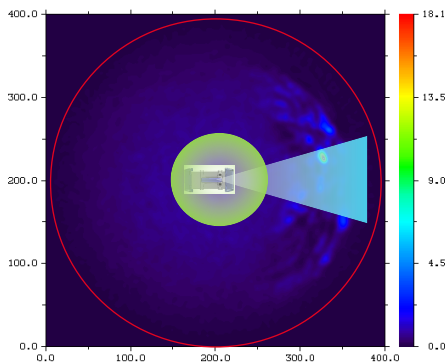
Scan sur tripode motorisé



Mode dynamique acquisition temps réel



50g+100g HEU



^{241}Am 150 nSv/h @ camera

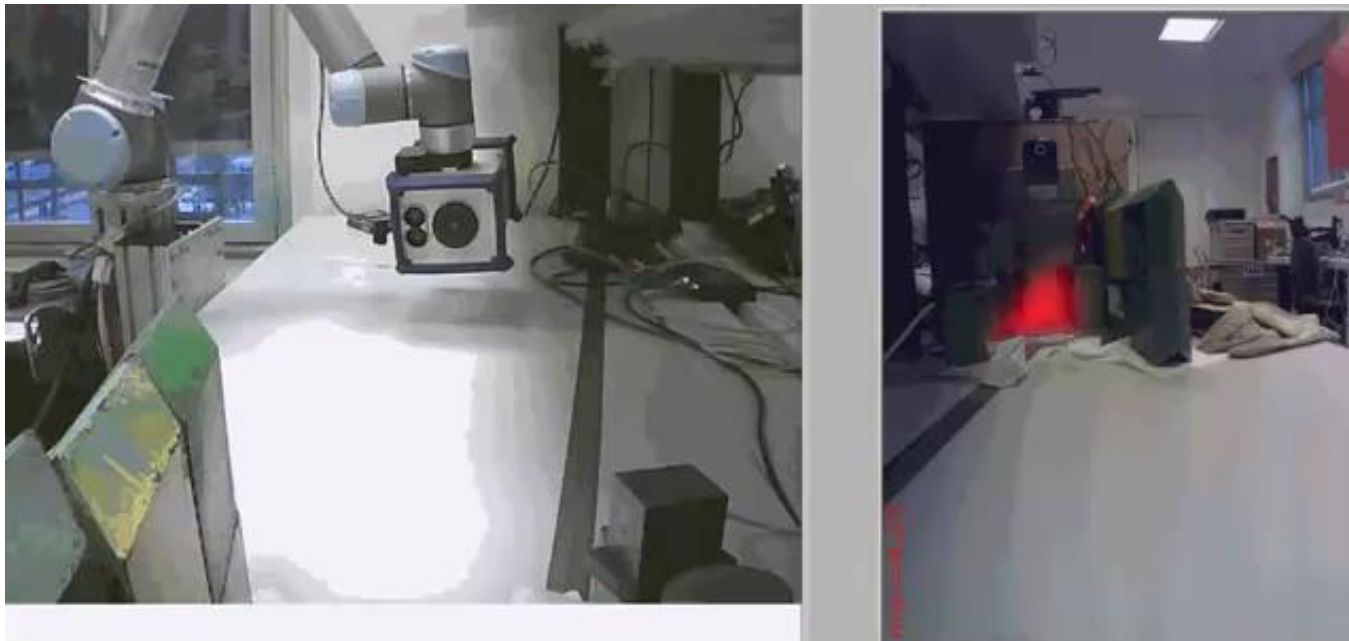
01

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]: 715,5
- Conf. [%]: 100

Hot spot DR is estimated at distance 0,05 m from source.

Measurement details

Acquisition time	Instant count rate
89,8 s	505,0 CPS
Total dose rate	Image convergence
1,1 μ Sv/h	●

SW version: 2.0.0

01 IHM EN MODE COMPTON

NuVISION

Caméras Connecter Ouvrir Lire RAZ Enregistrer Compton Image Calques Etiquettes DeD Commentaire Paramètres Aide

NUVIATECH INSTRUMENTS

Isotopes détectés

Co-60
DeD (µSv/h) : 10.1
Coef. (%) : 100

Coupes

Energie [keV]

1 000
100
10
1

0 500 1 000

Afficher les nœuds

Fenêtre en énergie Echelle Filtrage DeD

402 1421

Fenêtre par défaut

Comptage dans la fenêtre [cts] 756.4

Détails

Temps d'acquisition [s] : 456.1
Temps mort [%] : 8.7
Coupes totaux : 476823
Coupes par seconde : 9433.0
Débit de dose total [µSv/h] : 39.3
Spectre résiduel : 36.1
Distance à la source [m] : N/A

Statut: Prêt

Version: 1.2.11

26°C 13:32 16/05/2022

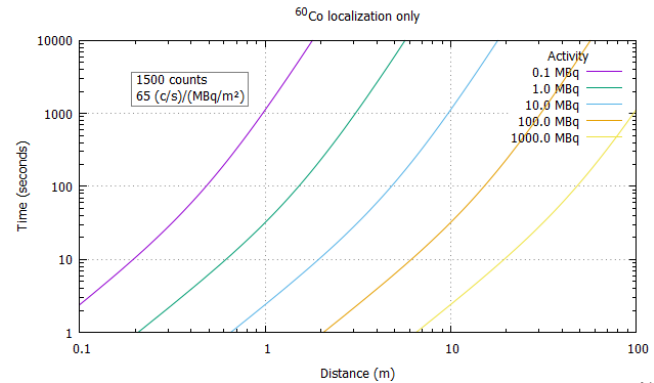
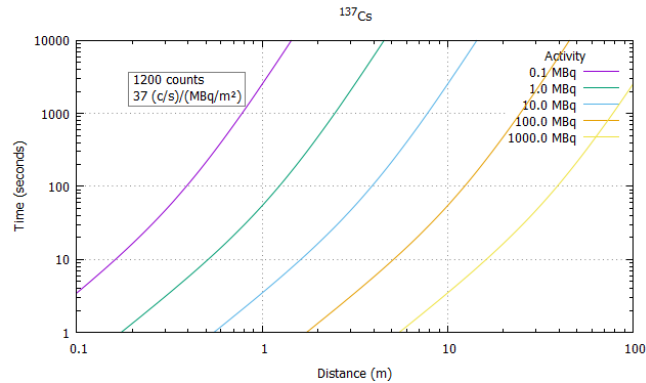
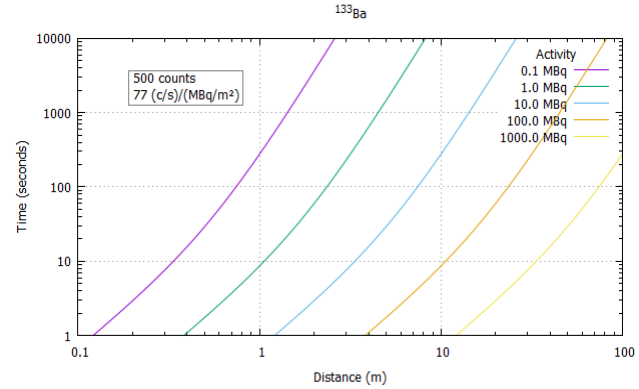
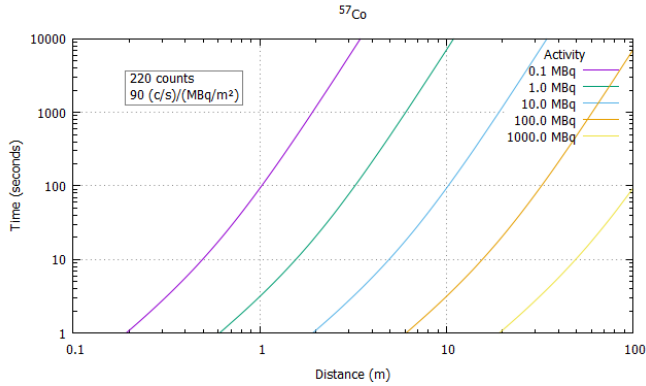
02

Performances



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

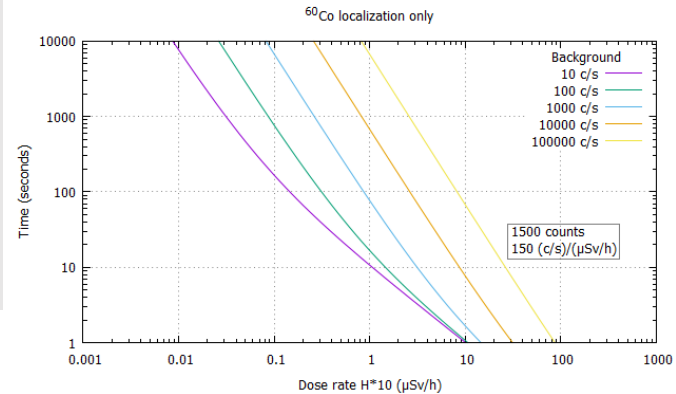
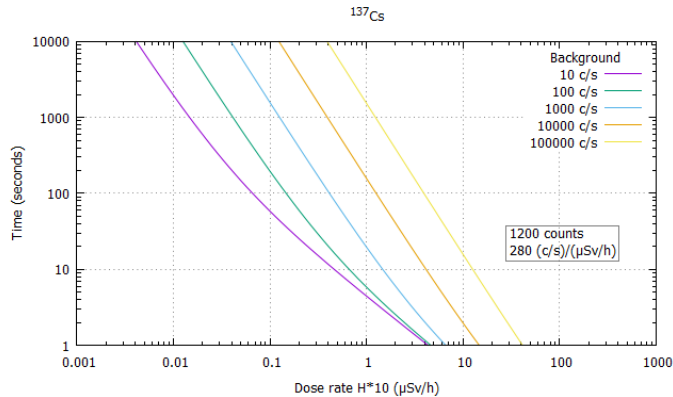
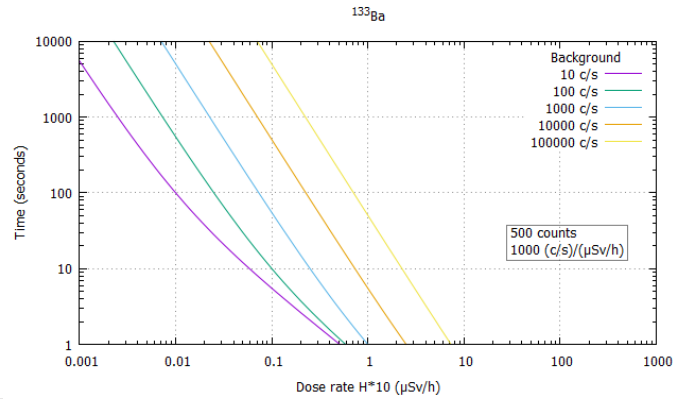
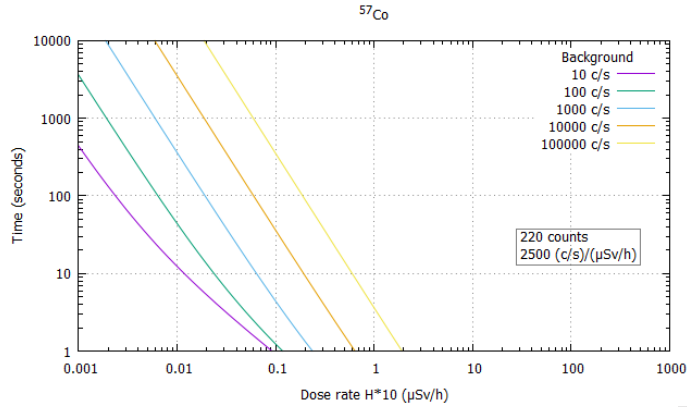
Abaques pour Nuvision 6 mm



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

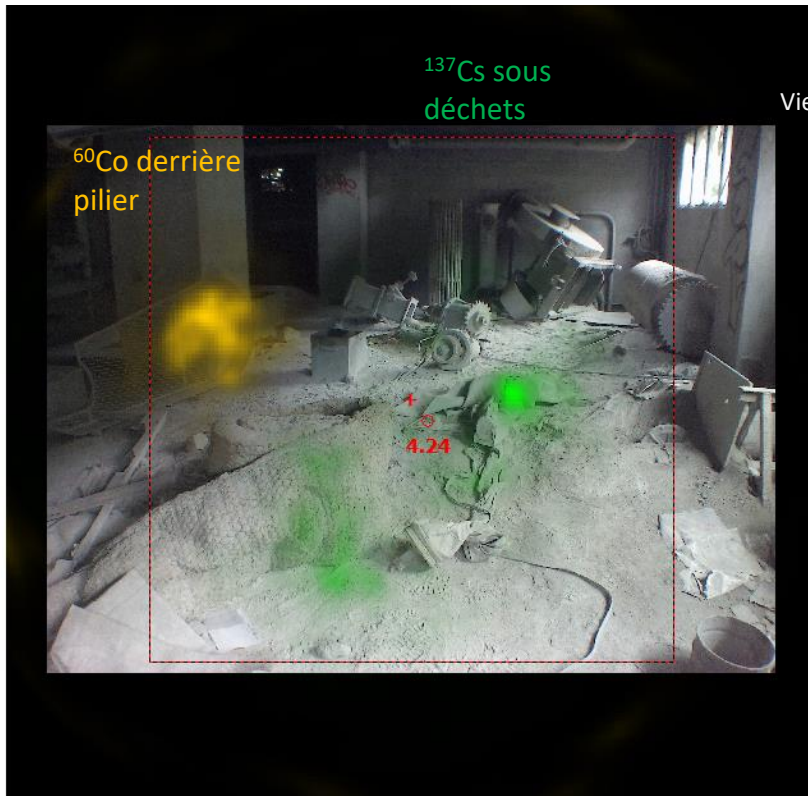


LOCALISATION DE POINTS CHAUDS

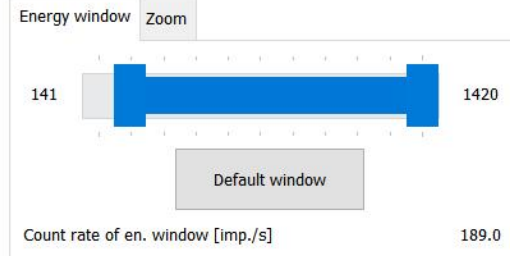
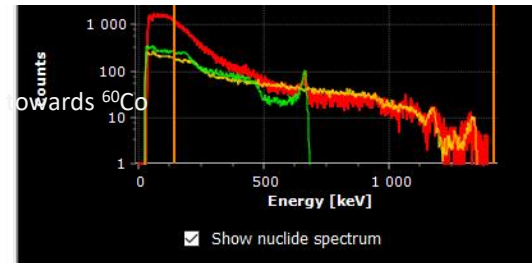
Sources cachées

Detected isotopes

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



View towards ⁶⁰Co



Measurement details

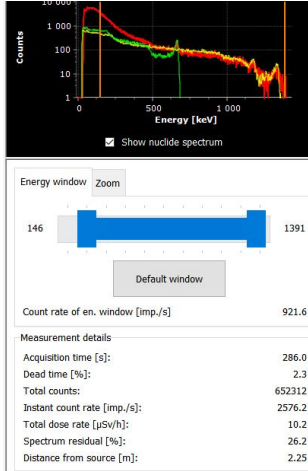
Acquisition time [s]:	523.5
Dead time [%]:	0.5
Total counts:	211360
Instant count rate [imp./s]:	456.0
Total dose rate [μ Sv/h]:	2.0
Spectrum residual [%]:	25
Distance from source [m]:	4.24

03 LOCALISATION POINTS CHAUDS COMPTON/MASQUE CODÉ

Sources cachées

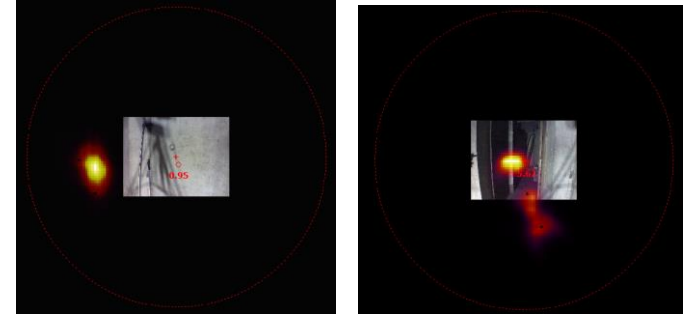
^{60}Co and ^{137}Cs derrière un mur

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

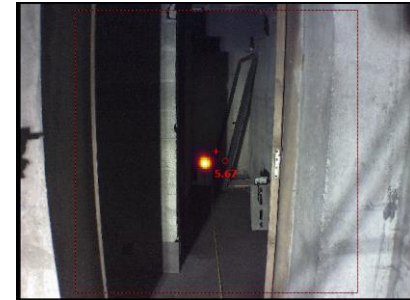


Recherche de sources ^{137}Cs dans un sous sol

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 – $\sim 0.5 \mu\text{Sv/h}$



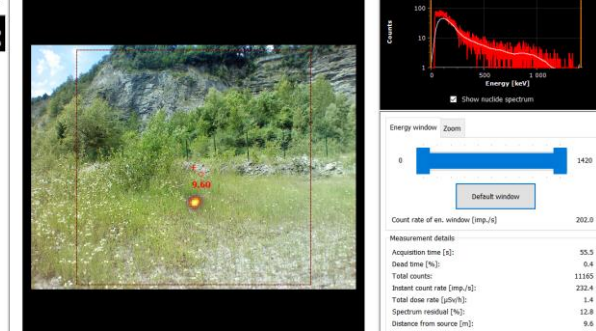
^{137}Cs source

8m – $\sim 1 \mu\text{Sv/h}$



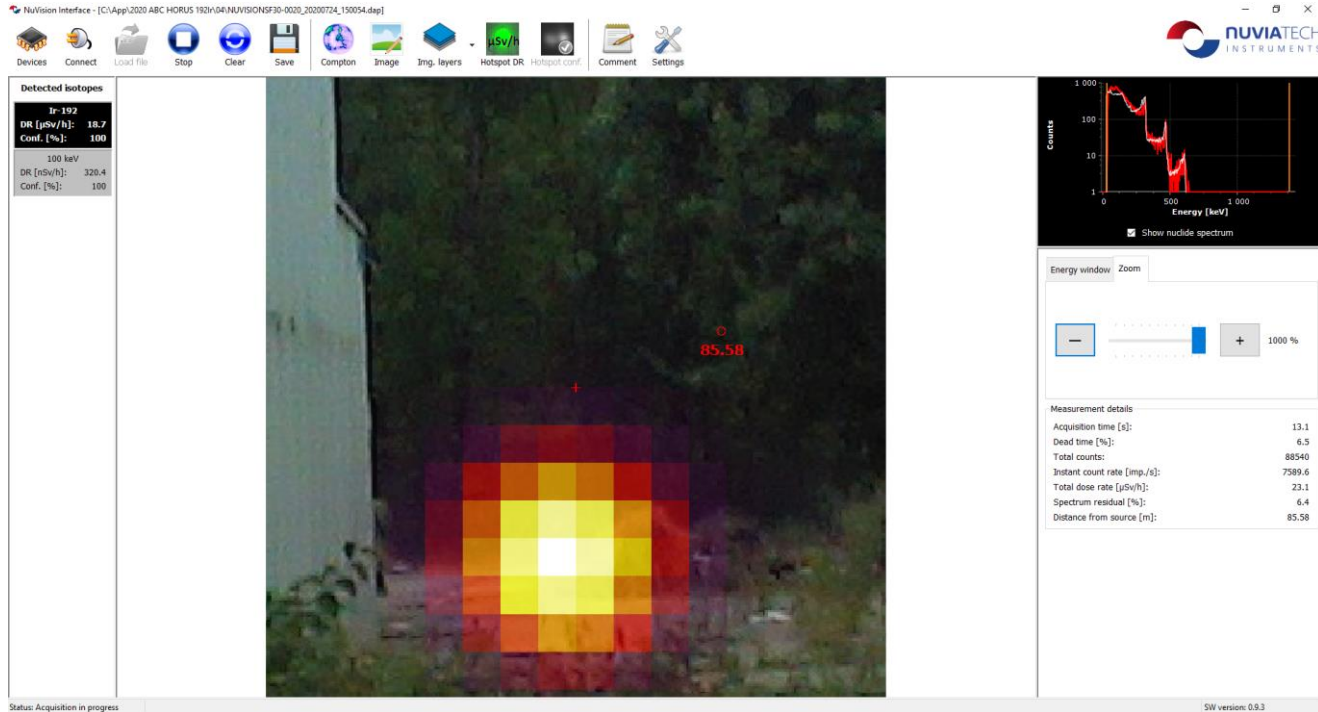
^{60}Co source

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

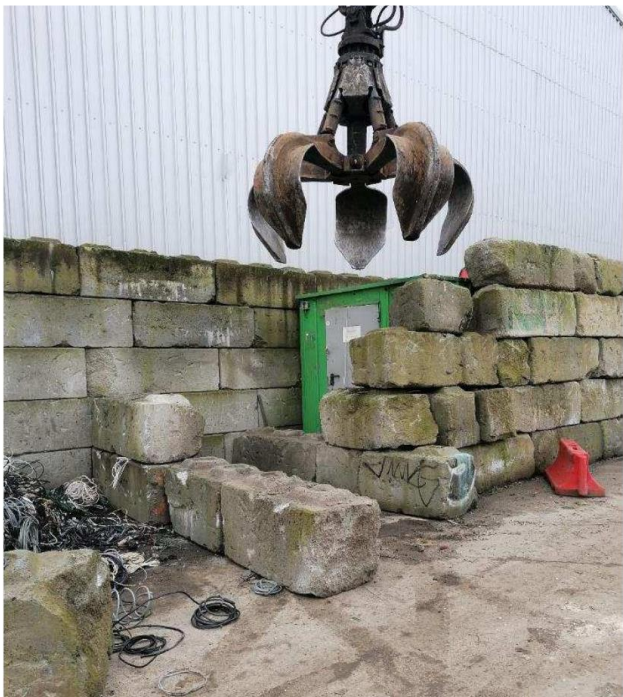
Sur une opération de décontamination d'un équipement procédé jusqu'à 5 cartographies sont nécessaires



03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Données d'entrée



03

REPRISE D'UNE SOURCE IRRADIANTE

Scénario sans Nuvision

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

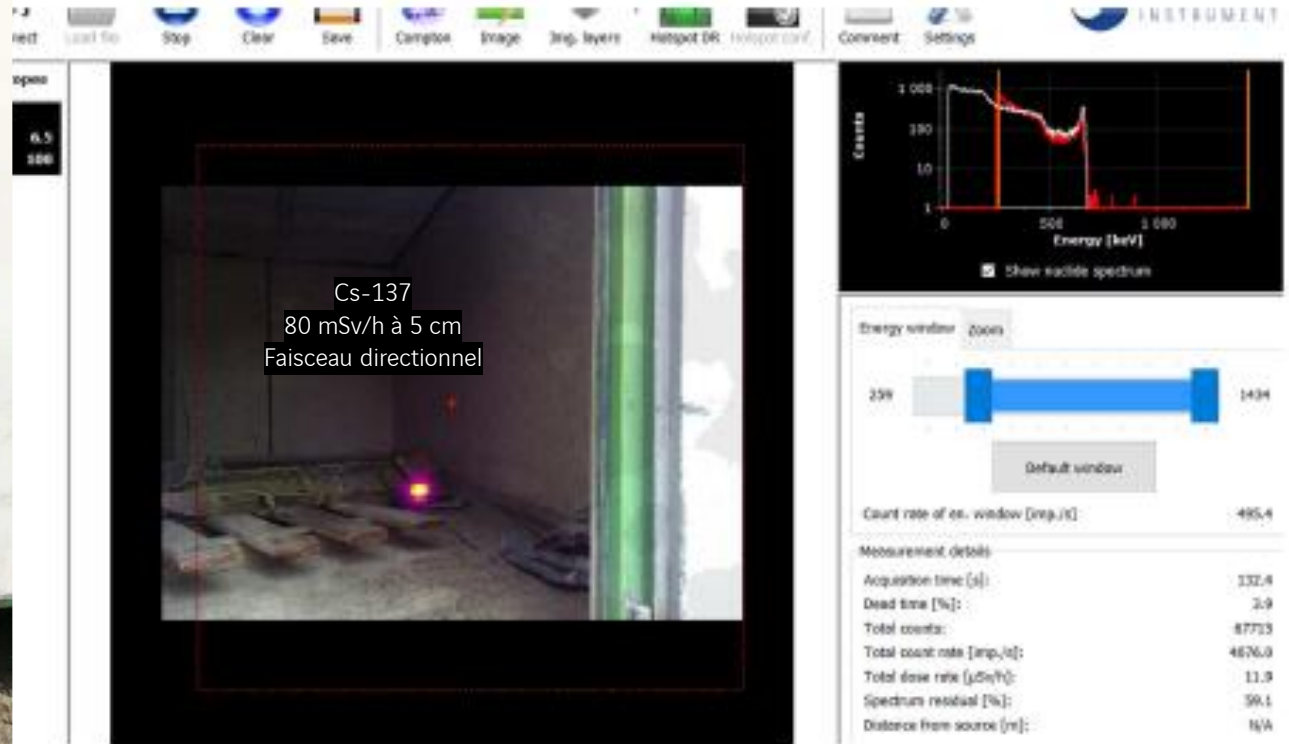
Phase de préparation (mise en place du chantier, retrait de bloc béton) :	<1 H.μSv
Phase de retrait des feuilles de plomb (DeD 400 μSv/h):	32 H.μSv
Phase de recherche des DeD autour de la source à distance (Télétektor DeD 50 μSv/h)	25 H.μSv
Phase de recherche de l'activité de la source	50 H.μSv
• (positionnement 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



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

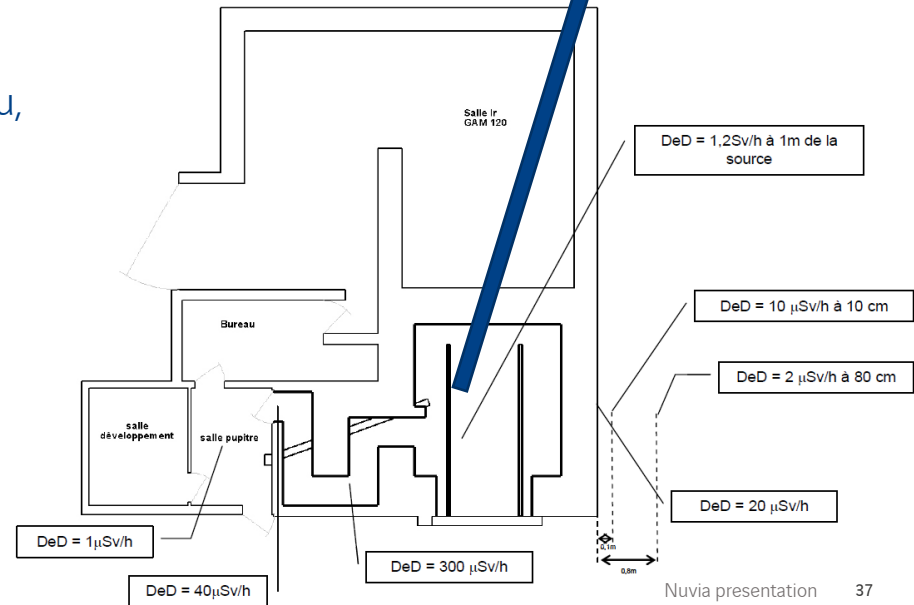
Cas incidentel

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 tienne le DeD important,
- Protection biologique « réversible » (retrait possible),
- Géométrie complexe des lieux.

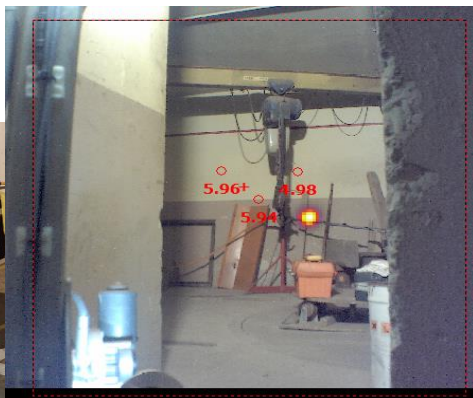
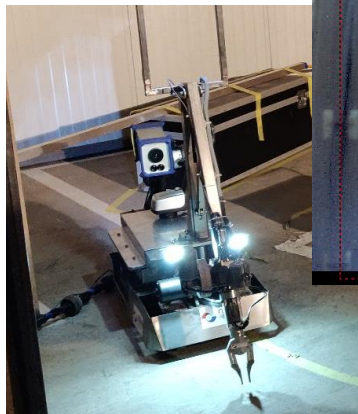


02 SOURCE DE GAMMA GRAPHIE BLOQUÉE

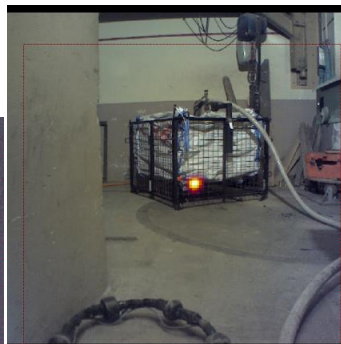
Cas incidentel

Montage Nuvision sur robot
Optimisation technique avec une seule camera Nuvision

24 mSv/h à l'entrée
(365 mSv/h @ 1m)



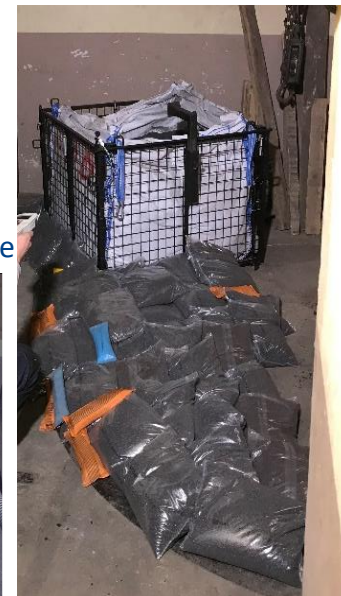
Mise au sol et positionnement du conteneur à remplir



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

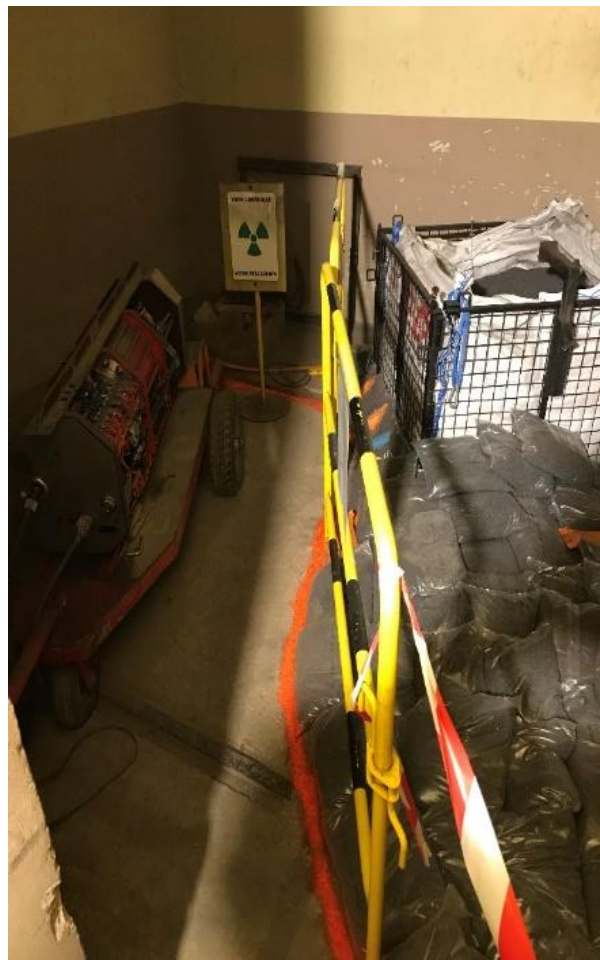
EDP Optimisé :

- 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)

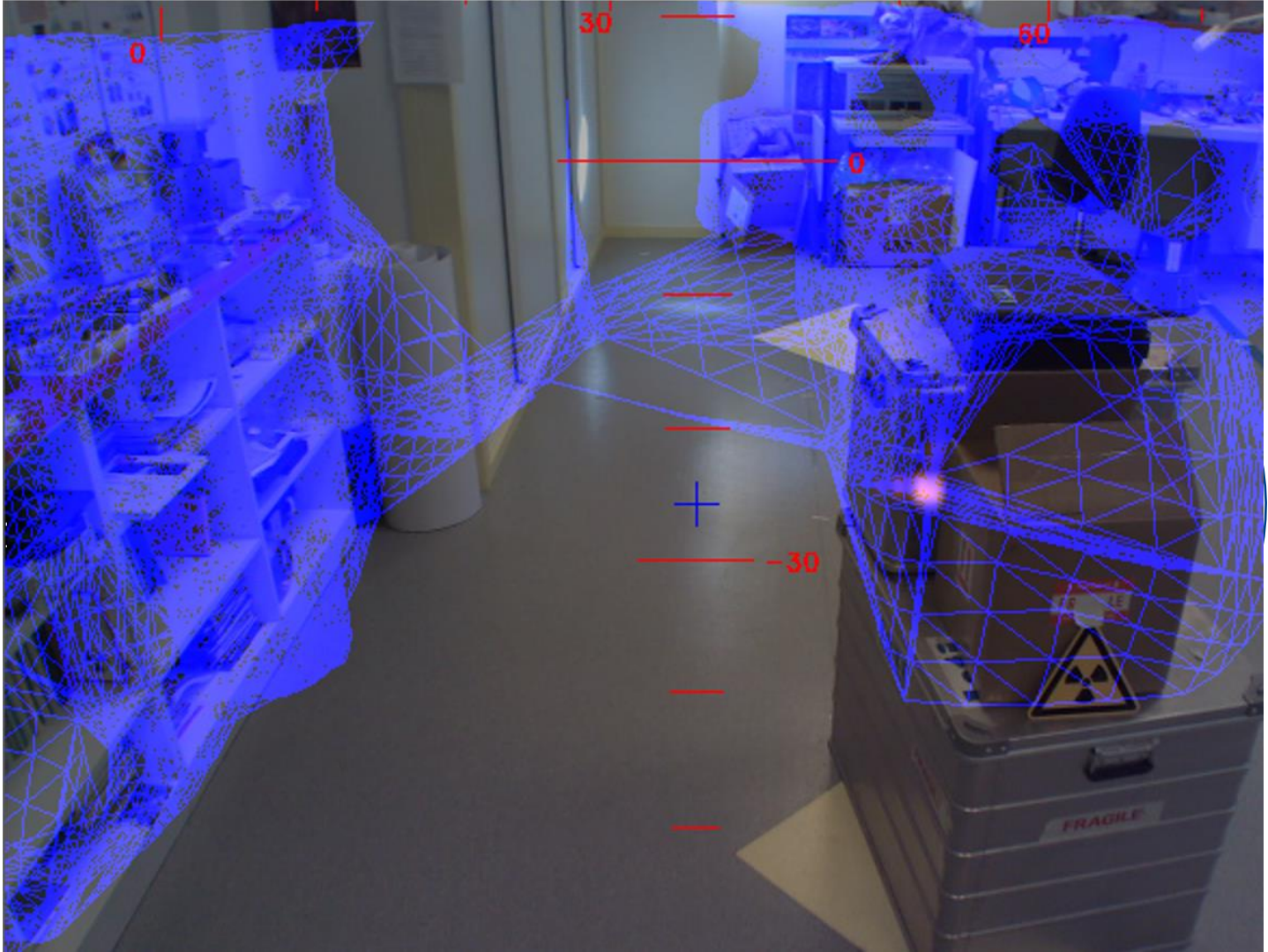
^{137}Cs

3.5MBq-17nSv/h

(distance 4m)



03 A VENIR : Nuvision V3



Thank you Merci

