

Outils Innovants OranoDS pour la radioprotection

Benjamin CHAGNEAU

Ateliers de l'A.T.S.R - Château de Cadarache - 29/09/21 - 01/10/21.

 orano

Outils innovants pour la radioprotection



Déconstruction civile



Démantèlement nucléaire

La simplicité et l'évidence de cette réponse est aussi la démonstration de son importance.

- **Sa présence:**

Le quoi ? Combien ? Où ? => L'état initial !

- **Sa maîtrise**

- Comment s'en protéger ?
=> Comment confiner, contrôler, surveiller ?

- **Son impact sur nos activités**

Quel besoin pour optimiser une intervention avec un objectif de performance maximale (efficacité, sécurité, coût) ?

A ces questions nous allons tenter d'apporter des réponses possibles comme certaines de nos innovations.

Déroulé de la présentation



1 - Etat Initial

MANUELA et ses dérivées – CANET/MUNICH



3 – La radioprotection au quotidien

SAS 5 minutes - IRIS



4 – Etat final

MARA



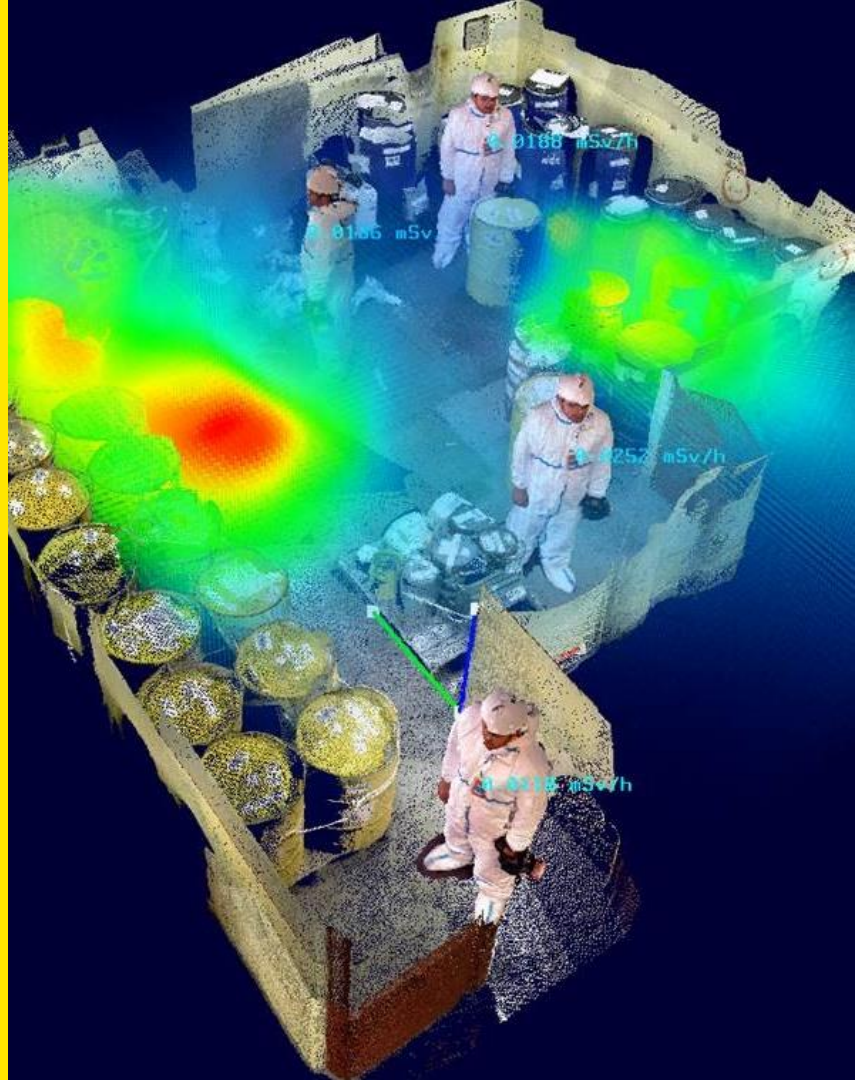
2 – Identifier sans s'exposer

NanoPix – RIANA SC

01

**L'état initial :
Où ? Quoi ? Combien ?**

*Connaître son environnement c'est
aussi s'en protéger.*



L'état initial

Connaître son environnement c'est aussi s'en protéger.

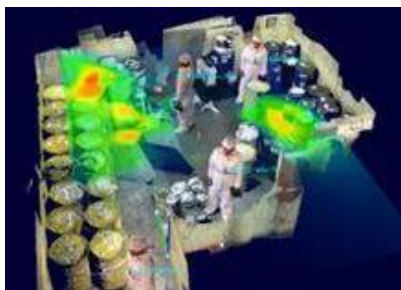


MANUELA™

Cartographie topographique et radiologique 3D

- Capture en temps réel et en simultanée des informations topographiques et radiologiques
- Mesure de débit de dose et spectrométrie (CZT)
- Visualisation immédiate des informations sur l'outil


Nominé
WNE 2018



PoStLAM

Logiciel de post-traitement des données de cartographie

- Projection de l'espace scanné avec MANUELA™ : scan 3D + mesures Ded
- Interpolation et rétroprojection
- Simulations de dosimétrie opérateurs / Etudes ALARA
- Sélection de raies spectrales (CZT)



Carto RV

S'immerger dans un environnement nucléaire sans aucun risque !

- Immersion des intervenants dans une zone réaliste et tel qu'existant
- Préparation des interventions complexes
- Formation / Sensibilisation des intervenants

L'état initial

Connaître son environnement c'est aussi s'en protéger.



L'état initial

Connaître son environnement c'est aussi s'en protéger.

Dans le démantèlement, tôt ou tard on va s'attaquer à la problématique de découpe et principalement des tuyauteries.

- Pour préparer cette opération et savoir ce qu'il y a dedans, le plus simple reste de l'ouvrir et de regarder.
- Sauf que... ouvrir une tuyauterie avec du contenu radioactif qui pourrait se répandre partout et contaminer les opérateurs ?

Mais concrètement.... si je veux savoir rapidement ce qu'il y a dedans sans l'ouvrir ?



CACTUS

Détection de liquide dans les tuyauteries (ultrason)

Et si c'est pas un tuyau ?



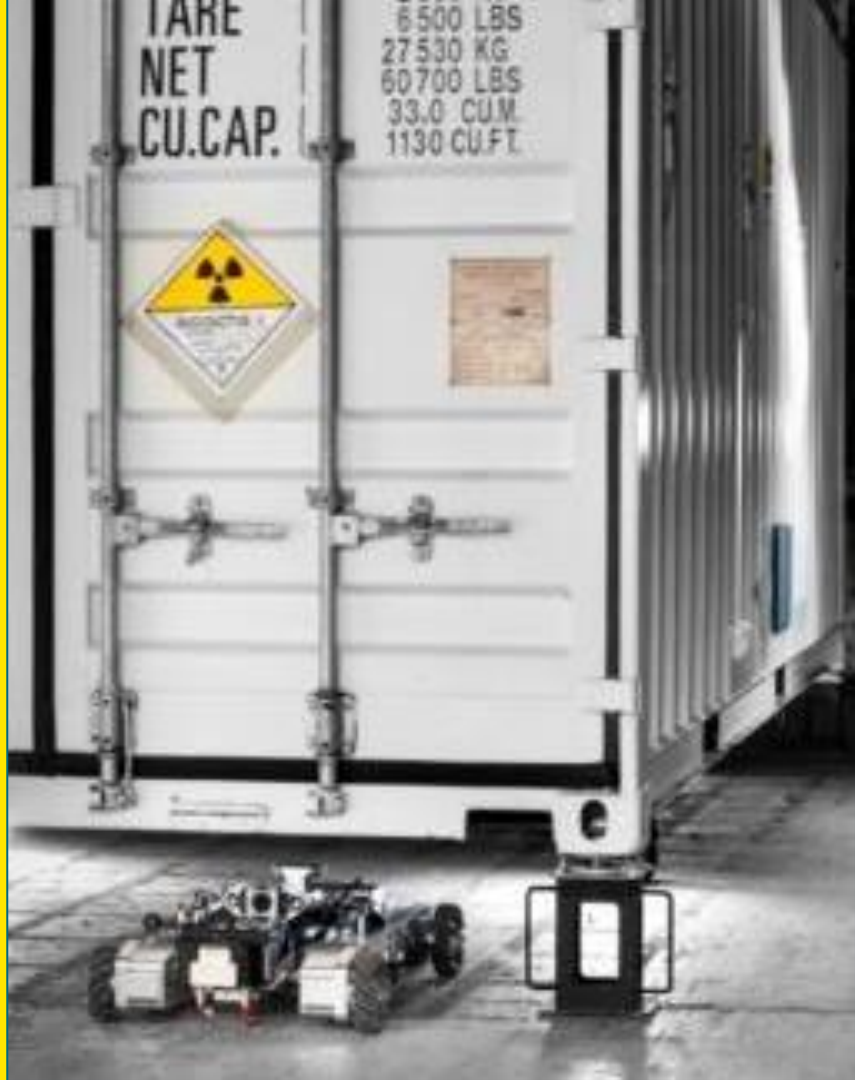
MUNIC

Mesure de la teneur en eau de cruchons

02

Identifier sans s'exposer

Se tenir à distance du danger c'est aussi s'en protéger.



Identifier sans s'exposer

Se tenir à distance du danger c'est aussi s'en protéger

Un concept proche mais très différent de MANUELA, la gamma caméra.

Plusieurs évolutions au fil du temps

- Ajout d'un spectromètre
- Couplage avec des caméras compton...

Mais concrètement... si je veux faire passer la caméra dans un fourreau d'endoscope ?



NanoPix

Gamma caméra miniature

Le transport des déchets est particulièrement réglementé.

Obligatoire:

- Contrôle exhaustif des 6 faces

Interdit:

- Travail sous une charge

Mais concrètement... si je veux contrôler sans risque 100% de la surface inférieure d'un conteneur radioactif de 10 tonnes ?



RIANA SC

Cartographie radiologique sous les conteneurs

Diffusion limitée Orano / Manuela

Orano DS

03

La radioprotection au quotidien

Se protéger c'est aussi les écrans.



La radioprotection au quotidien

Se protéger c'est aussi les écrans.

Démanteler c'est réaliser des interventions en milieu contaminant.

Préparer ces opérations nécessitera de rajouter des dispositifs assurant la non dissémination.

Mais concrètement... si je veux intervenir rapidement sur une situation nécessitant un SAS ?

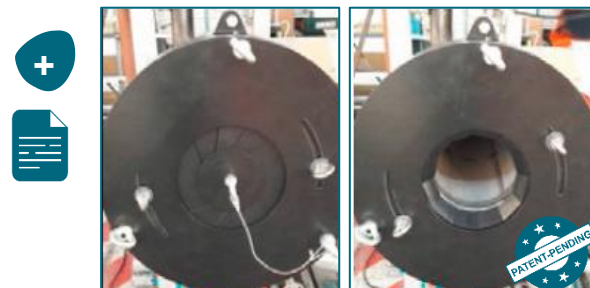


SAS 5 min

Sas réutilisable et déployable très rapidement sur le chantier

C'est aussi évidemment l'intervention en milieu irradiant, où on va parfois créer une nouvelle zone plus irradiante le temps de l'intervention. Ce qui nécessitera énormément de travail avant et après le chantier pour la mise en sécurité.

Mais concrètement... si je veux pouvoir replier les chantiers plus rapidement ?



IRIS

Protection biologique dont le diamètre d'ouverture s'ajuste aux outils



SFEN
2018

04

L'Etat final

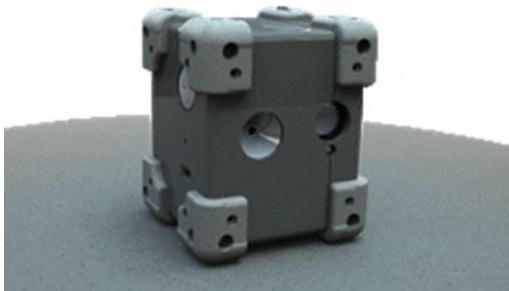
La meilleure des protections c'est quand même quand il ne reste plus de danger.



L'Etat final

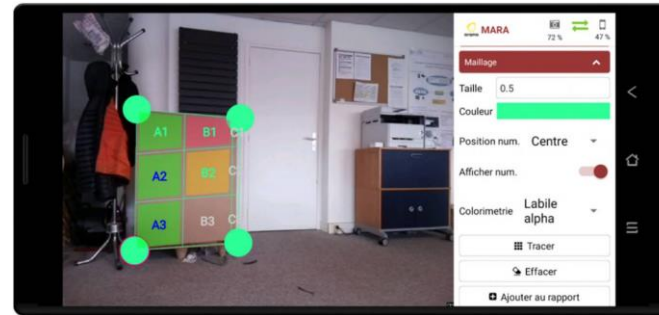
La meilleure des protections c'est quand même quand il ne reste plus de danger.

Lorsque toutes les opérations sont terminées, il faut s'assurer que l'intégralité des surfaces ne sont plus contaminées. Ce qui peut représenter des milliers de m² à contrôler que chaque opérateur devra faire consciencieusement.



MARA

Maillage Assisté par Réalité Augmentée



05

Conclusion ?

Plein d'autres moyens d'améliorer les interventions



Conclusion

DEROSA

Pilotage d'un bras en mode robot à partir d'un nuage de points

Saut de zone

Boîtier de contrôle pour le suivi des chantiers

Unité de filtration pare-étincelles

Dispositif de filtration en Inox décolmatable en ligne

Logiciel Universel

Solution configurable pour la caractérisation des déchets

Visite virtuelle

Visite et supervision des installations

Laboratoire de cimentation en actif

Stabilisation de déchets et effluents

Réservation outillage spécifiques

Gestion optimisée d'informations

OoPlanning

Le calendrier interactif du logisticien

Cam Collision

"L'ange gardien" du manutentionnaire

Bras gonflable

Investigation en milieu contraint

RODSY & RASCO²

Système de carottages multiples déportés et mesure In situ

Mercure métallique (Hg)

Procédé de traitement par voie sèche

LOR

Conditionnement des Liquides Organiques Radioactifs

Tête de découpe laser orbitale

Outil applicable à la découpe interne de tuyauterie

ANEMONE

Outil de récupération et de prélèvement

COLLECTE

Application RFID au suivi des colis de déchets

Déchets acides

Matrice de confinement

Résines pelables

Décontamination ou protection par projection d'une résine

Laser de décontamination

Décontamination surfacique de surfaces métalliques

ICLAREC II

Outillage de clarification des eaux de piscine

Gravats et pulvérulents

Procédé de compaction

Traçage gazeux et particulaire

Mesure automatisée en gaine de ventilation

Serious Game

Apprentissage ludique pour l'acquisition de savoirs

CartoOnline

Modélisation radiologique collaborative

Lubrifiants PFPE

Procédé d'épuration et de réutilisation

Simulateur de conduite de pont polaire

Immersion dans un environnement virtuel

Déchets textiles humides

Séchage par centrifugation

Gel de nappage

L'avantage du bain avec les effluents en moins

Electrodécontamination portable

Solution mobile de décontamination labile et fixée de surfaces métalliques

MINDE

IHM modulaire, évolutive et personnalisable

Diffusion limitée Orano / Manuela

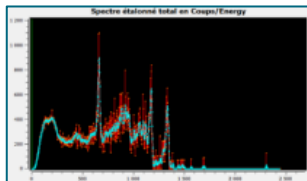
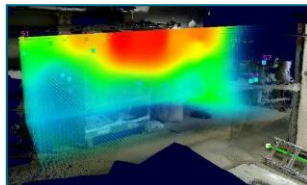
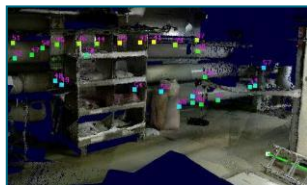
Orano DS



orano

Donnons toute sa valeur au nucléaire

Retour



- **Espace 3D virtuel reconstruit tel qu'existant et en temps réel :**

- Reconstruction en 3D de l'environnement tel qu'existant dans lequel sont positionnées simultanément et précisément les mesures effectuées par l'opérateur.
- Les mesures sont désormais liées à leur contexte scanné en 3D, ce qui permet un suivi et un archivage des évolutions de l'environnement.
- L'interpolation du champ de débit de dose et la rétroprojection des points chauds sont directement accessibles pour l'opérateur en fin de scan.

- **Positionnement précis des points de mesures :**

- Les mesures radiologiques (débit de dose, spectre gamma) sont associées à des coordonnées dans un repère X,Y,Z.
- Répétabilité de la mesure et maîtrise de l'incertitude de position.

- **Automatisation de la mesure :**

- Mesures automatiques et sauvegardées *in situ*.
- Plus de points de mesure avec le même geste pour une caractérisation complète des locaux.

PRECISION

Données
précises à 2 cm
près sans
GPS

QUALITE

Fiabilité,
traçabilité et
fiabilité des
mesures

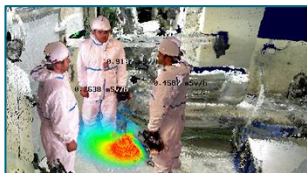
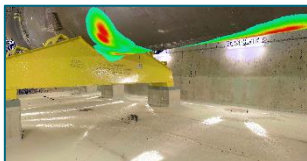
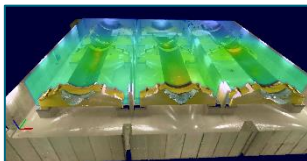
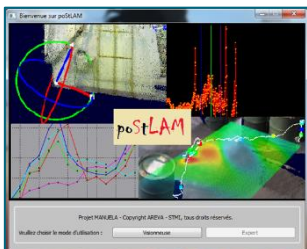
PERF'

Plus
d'information
en une seule
intervention

Références

- **EDF Cattenom** : cartographies 3D pour l'étude ALARA du RGV.
- **EDF Fessenheim** : participation aux études ALARA des opérations de maintenance.
- **Orano la Hague** : investigations avant décontamination des installations.
- **Idaho National Laboratory** : investigations préparatoires aux opérations de maintenance.

[Retour](#)



- **PoStLAM Viewer - Environnement 3D amélioré :**

- Visualisation du scan 3D et des mesures positionnées (débits de dose, spectres gamma).
- Visualisation des résultats interprétés avec PoStLAM Standard et Expert :
 - distribution de l'intensité du rayonnement gamma,
 - repérage spatial des sources d'irradiations et de leurs caractéristiques.

- **PoStLAM Standard - Outil de démarche ALARA :**

- Sauvegarde des investigations sous forme d'archives numériques.
- Gestion d'une simple pièce jusqu'au bâtiment complet (jumeau numérique).
- Intégration d'opérateurs virtuels (avatars) dans la 3D afin d'évaluer le bilan dosimétrique des intervenants dans le cadre des démarches ALARA.
- Simulation de scénarii d'intervention et optimisation des postes de travail.
- Export vers des logiciels de CAO sous différents formats standardisés (e.g. .obj, .fbx, .sat, etc.).

- **PoStLAM Expert - Outil d'expertise :**

- Spectrométrie gamma.
- Calculs d'activités par fonctions de transfert et solving.

PERF'

Numérisation de l'environnement, archivage et maîtrise des données

ALARA

Visualisation d'isodose et optimisation dosimétrique

EXPERTISE

Spectrométrie gamma et calcul d'activités

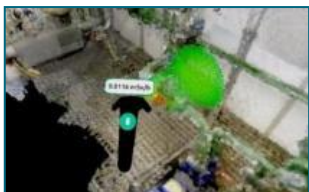
Références

- **EDF Cattenom** : cartographies 3D pour l'étude ALARA du RGV.
- **EDF Fessenheim** : participation aux études ALARA des opérations de maintenance.
- **Orano la Hague** : investigations avant décontamination des installations.
- **Idaho National Laboratory** : investigations préparatoires aux opérations de maintenance.

Carto VR

L'immersion sans l'exposition

Retour



- **Environnement immersif et interactif pour la formation des intervenants**

- Immersion des opérateurs dans l'espace de travail en réalité virtuelle.
- Présentation de l'environnement de chantier pour comprendre les risques et ainsi fiabiliser l'intervention.
- Intégration d'outils interactif améliorant l'immersion : radiamètre virtuel, mesure de distance, visualisation des points chauds et du champ radiologique, etc.
- Déployable rapidement et dans tout type d'environnement.

- **Transmission de l'information sans exposition**

- La réalité du chantier peut être transmise de manière efficace et visuelle aux non-intervenants qui participeront néanmoins à l'opération.
- Sans que personne ne soit exposé plus que nécessaire.
- Peut être obtenu avec MANUELA™ et PoStLAM.

ALARA

Visualiser la zone radioactive sans s'exposer

SÉCURITÉ

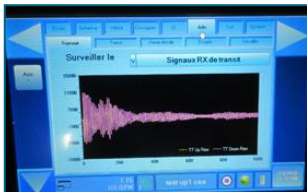
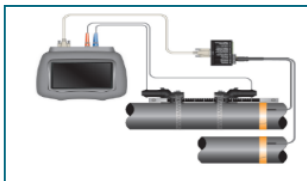
Prévention des risques grâce à la formation

PERF'

Contexte retranscrits de manière plus efficace

Références

- **EDF Cattenom** : cartographies 3D pour l'étude ALARA du RGV.
- **EDF Fessenheim** : participation aux études ALARA des opérations de maintenance.
- **Orano la Hague** : investigations avant décontamination des installations.
- **Idaho National Laboratory** : investigations préparatoires aux opérations de maintenance.



• Problématique :

- L'identification de la présence de liquide résiduel dans les tuyauteries est indispensable en amont des opérations de démantèlement, compte tenu des risques encourus par les opérateurs.
- En effet, les conséquences peuvent être significatives pour l'opérateur de démantèlement (e.g. contamination, risque chimique, etc.) et pour le déroulement du chantier.

• La solution de détection par Ultrasons :

- Mise en œuvre d'une technique de mesure par ultrasons avec instrument portable de terrain permettant de réaliser les mesures rapidement dans la plupart des configurations de chantier.
- Adaptation d'instruments existants à nos contraintes d'intervention.
- Technique passive (sans source) et non intrusive.
- Réduction des risques liés à la présence résiduelle d'effluents liquides dans les tuyauteries lors des opérations de démantèlement.
- Suppression des arrêts de chantier liés à la présence de liquide résiduel non prévue par le scénario de démantèlement.

SECURITE
Suppression des
risques de
projection de
liquide

FIABILITE
Adaptation
d'un système
éprouvé

PERF'
Suppression
des aléas
chantier liés à
la découverte
de liquide
résiduel

Références

- **CEA Marcoule** : première mise en œuvre industrielle sur l'usine UP1 en 2018.



- **Problématique :**

- L'enrobage des boues radioactives dans des matrices cimentaires selon les spécifications Andra requiert la connaissance de leur caractéristiques physiques, chimiques et radiologiques.
- L'analyse en laboratoire des cruchons de prélèvement de boue entraîne des coûts et des délais très pénalisants pour l'exploitation.

- **MUNIC est une solution de mesure non destructive et non intrusive développée pour déterminer la teneur en eau (et indirectement la quantité de matière sèche) des cruchons de boues radioactives et ainsi :**

- optimiser la formulation des colis cimentés (*i.e.* mélange de boue et de ciment),
- limiter les coûts d'analyse et réduire les délais d'attente des résultats de laboratoire.

SECURITE

Mesure non intrusive sans ouverture des cruchons

RAPIDITE

Résultats en 30 min contre 1 semaine en laboratoire

FIABILITE

Sécurisation de la fabrication des colis cimentés

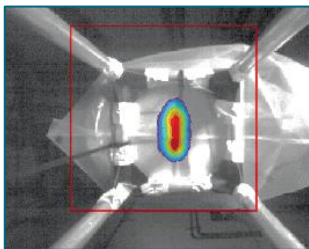
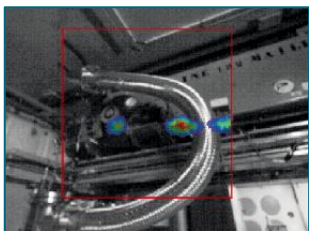
Références & Perspectives

- **CEA Marcoule (UP1)** : les essais de qualification sur cruchons inactifs ont démontré une précision des mesures < 10% en relatif.
- **CEA Marcoule (UDH)** : La 1^{ère} mise en œuvre du dispositif est prévue en 2021.

NanoPix

Gamma caméra miniature

Retour



- **NanoPix est un imageur gamma développé par le CEA LIST en collaboration avec Orano DS.**

- **Comme toute gamma caméra NanoPix permet :**

- de superposer une image réelle (photo) et un gradient de débit de dose formalisé par une tache colorée,
- de localiser rapidement des sources gamma dans des zones difficilement accessibles et/ou dans des ambiances radiologiquement élevées.

- **Son principal atout : sa taille et son poids limité lui permettent d'être facilement embarqué sur différents porteurs (e.g. perche, robot, bras robot, drone, etc.)**

- **Caractéristiques techniques :**

- Dimensions : 10 x 7 x 5,4 cm
- Poids : inférieur à 400 g
- Résolution angulaire : 6°
- Champs de vue : 50°

ALARA
Investigation à distance →
réduction dose opérateur

MINIATURE
Peut être facilement embarquée

INNOVANT
La plus petite gamma caméra du marché

Références

- **Orano la Hague** : mesure filtre effluents.
- **Orano la Hague** : identification de points chauds sur gaine de ventilation.
- **Orano la Hague** : identification précipitation matière en fond de capacité.
- **CEA Marcoule** : investigations Fosse 7 et piscines P et Q.

Retour



- **Cartographie radiologique (débit de dose) autonome des faces inférieures externes des conteneurs de déchets**

- Robot mobile permettant de réaliser la cartographie radiologique de la face inférieure des conteneurs de manière autonome.
- La trajectoire est établie de manière à couvrir 100% de la surface à cartographier.
- Le robot reste sous le conteneur à tout instant ce qui permet une co-activité sans risque.
- La mesure de débit de dose est réalisée à une distance réglable (30 centimètres par défaut) et peut être affinée au contact grâce à un monte-baisse.

- **Supervision et traçabilité des informations**

- Contrôle du robot depuis un poste de pilotage déporté.
- Cartographie 2D en temps réel permettant d'identifier les zones d'intérêt à investiguer au contact.
- Visualisation des mesures de débit de dose en temps réel.
- Sauvegarde automatique des données de chaque contrôle réalisé.
- Réalisation d'une vidéo pendant le trajet pour investigation visuelle.

SÉCURITÉ

*Suppression
du risque de
chute et
réduction de
la dose*

QUALITÉ

*Cartographie
100%
exhaustive et
traçable*

AUTONOMIE

*Robot conçu
pour travailler
en co-activité*

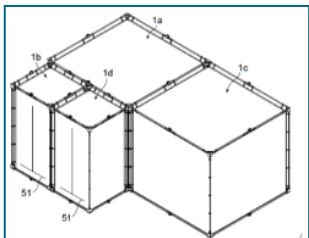
Références

- **Orano Triade** : mise en œuvre de RIANA SC pour le contrôle des conteneurs de déchets avant leur expédition.

Sas 5 minutes

Sas réutilisable et déployable rapidement sur le chantier

Retour



- **Applications :**

- Applicable pour toute intervention présentant un risque de dissémination de la contamination.

- **Mise en place simple et rapide :**

- Structure autoportante et monobloc.
- Légèreté et maniabilité garantissant un déploiement rapide (<5 minutes).
- Possibilité de jumeler les structures pour constituer un sas global adapté à la configuration du chantier.

- **Sas réutilisable :**

- Structure située à l'extérieur de la zone potentiellement contaminée

- **Caractéristiques :**

- Dimensions disponibles : 1 x 1 m ; 2 x 2 m ; 2 x 3 m
- Matériaux compatibles filières Andra
- Classé feu min. M2

- **Commercialisation :**

- La commercialisation des Sas 5 minutes est assurée par la société Amtech.

PERF'
Gain de temps
pour la
montage et
démontage
des sas

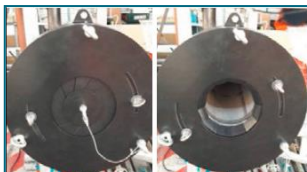
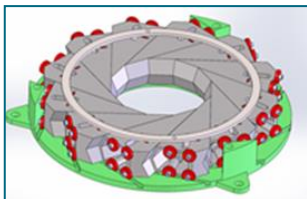
FLEXIBILITE
Modulable en
fonction
des besoins

SÛRETE
Technologie
éprouvée en
zone
nucléaire

Références

- **Orano la Hague** : mise en œuvre sur de nombreux chantiers de démantèlement (sas habillage, chantiers mobiles ou ponctuel, etc.).
- **Orano Triade** : mise en œuvre dans le cadre des reconditionnement de déchets.
- **EDF Belleville** : déploiement sur les activités d'arrêt de tranche réalisées par Orano DS.

Retour



• Conception :

- Ensemble mécanique de plusieurs éléments assemblables facilement directement sur le chantier.
- Chaque pétale de IRIS est creux et peut être rempli de plomb pour garantir une efficacité optimale en tant que protection biologique.

• Adaptation aux besoins :

- Ouverture de l'orifice réglable pour un ajustement au plus près de l'élément à introduire (sonde, perche, bras robot, etc.).
- Obturation totale pour mise en sécurité du chantier et garantir le confinement dynamique.

• Mise en œuvre opérationnelle :

- Manutention et montage facilités afin de permettre une mise en place rapide directement sur le chantier.
- Manipulation entièrement manuelle du système.

PERF'

Mise en place de la protection biologique en quelques minutes

ADAPTABLE

Développement sur-mesure en fonction des besoins

ALARA

Optimisation dosimétrique au poste de travail

Références

- **CEA Marcoule** : investigation intrusive des évaporateurs de la salle 71 de l'usine UP1 du CEA Marcoule.

[Retour](#)


• Maillage pour cartographie de grandes surfaces :

- Réalisation rapide et automatique d'un maillage préalable aux investigations radiologiques.
- Renseignement des informations directement sur une tablette ou sur un smartphone.
- Edition du rapport d'intervention dès la sortie du chantier.

• Visualisation des informations récoltées :

- Visualisation du maillage créé sur la tablette ou le smartphone associé (réalité augmentée).
- Synchronisation automatique des informations par communication Wi-Fi entre la tablette et le smartphone.

• Traçabilité des informations :

- Sauvegarde automatique des informations sur la tablette.
- Ecriture et lecture des informations sur puces NFC.

ALARA
-60% de temps
passé en zone
irradiante

QUALITE
Traçabilité des
mesures

SIMPLICITE
Installation en
moins de 2
min

Références

- **Orano Tricastin** : investigation de grandes surfaces en amont des opérations de démantèlement.
- **CEA Marcoule** : investigation de piscines en amont des opérations de démantèlement.