



**7èmes journées scientifiques francophones :
Codes de calcul en radioprotection,
radiophysique et dosimétrie ... et l'apport de
l'intelligence artificielle**

9-10 mars 2023



PUBLIC



INTERNAL



RESTRICTED



CONFIDENTIAL

TRACTEBEL

ENGIE

Conception d'un outil de calcul de la dose à laquelle est soumis un travailleur se déplaçant dans un environnement dosant

9 mars 2023



PUBLIC



INTERNAL



RESTRICTED



CONFIDENTIAL

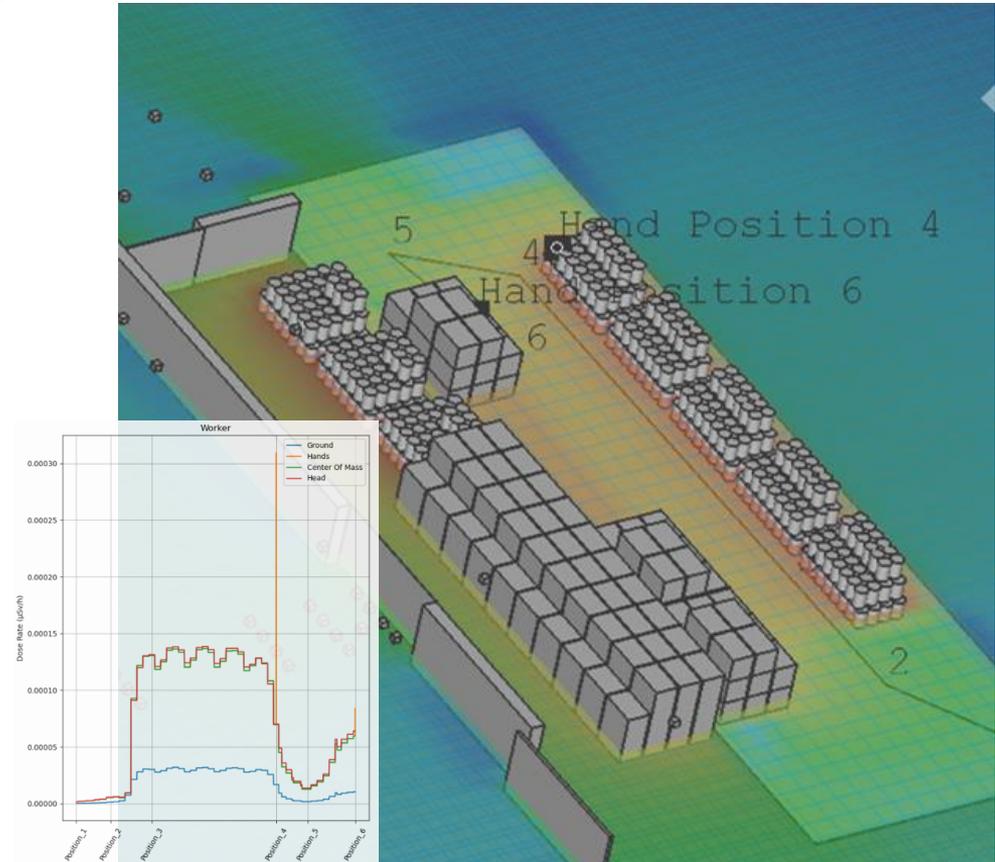
Table des matières

1 Introduction

2 Développement

3 Démonstration

4 Conclusion



Introduction

Le contexte et le besoin

- Cadre du programme de Recherche et Développement de l'équipe Radioprotection et Caractérisation radiologique de Tractebel en 2021 - 2022
- Contexte du démantèlement à venir des 7 unités nucléaires belges d'ENGIE Electrabel (2023~2050)
- Nécessité de réaliser des interventions incluant la proximité, le contact ou la manipulation de sources radioactives en zone contrôlée
- Application du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) : en tout temps, le niveau d'exposition des personnes doit être maintenu aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des facteurs économiques et sociaux
- Potentielle nécessité de conduite d'études ALARA pour estimer le niveau d'exposition, individuel et collectif, et pour identifier les options raisonnables pouvant le réduire

Introduction

Le contexte et le besoin

- L'estimation du niveau d'exposition peut se faire à l'aide de codes de calcul
 - Le débit de dose en un point donné → peu intuitif, peu concret
 - → Valeur d'intérêt : la dose intégrée à laquelle le travailleur est soumis tout au long de sa tâche
- Outil répondant au besoin disponible sur le marché ?
 - VISIPLAN/VISIMODELLER développé en Belgique par le SCK-CEN
 - Codes conventionnels de calculs de débits de dose → pas adaptés à une telle utilisation
- Développement d'un nouvel outil
 - Adaptable à différents codes de calcul utilisés en radioprotection
 - Utilisable sur site: facile et rapide d'utilisation, aidant à la décision sur le terrain

Développement

Le comment

- Logiciel FreeCad



→ développement d'un atelier dédié

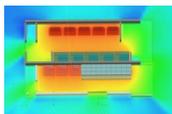
- Logiciel libre

- Grande inter-compatibilité

- Bibliothèque **VTK** – visualisation 2D/3D et analyses numériques

- Scripts Python 

Importation de la cartographie



Définition des opérateurs
(interface graphique)



Analyse de la dose intégrée

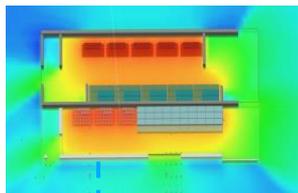


Démonstration

L'expérience utilisateur

Développement du modèle de calcul

- Géométrie
- Matériaux
- Sources



Calcul de la cartographie

- Format de sortie tableau (x,y,z, débit de dose)

FreeCad ALARA Workbench



Importation des données dans FreeCad

- Modèle géométrique
- Cartographie



Analyse de la dose intégrée

- Débit de dose / Dose intégrée
- Positions d'intérêt (tête, mains, poitrine)

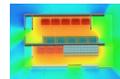
Définition des opérateurs

- Chemin parcouru
- Durée et positions des arrêts

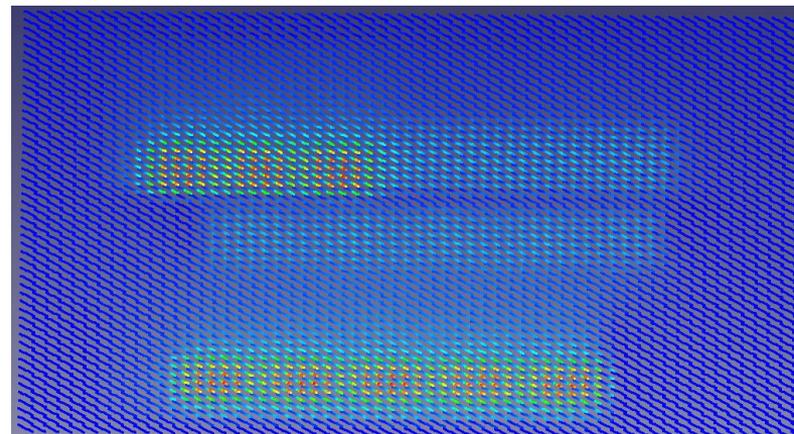
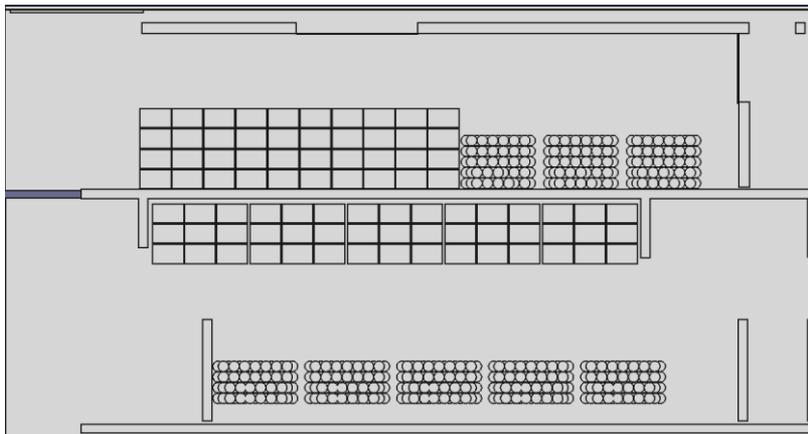


Démonstration

Importation des données dans FreeCad



- Etape 1: ouvrir la géométrie
 - Exemple : format .step ou autre fichier pris en charge par FreeCad
- Etape 2 : exécuter l'importation de la cartographie de débits de dose (bouton présent dans le workbench)
 - Exemple : importation d'un fichier .zon issu de RayXpert (TRAD)



Démonstration

Définition des opérateurs (1)



- Définition de la trajectoire directement sur la visualisation 3D, à l'aide de la souris
- Ecriture automatique du tableau des positions
- Durée des tâches à compléter manuellement dans le tableau

Dialog

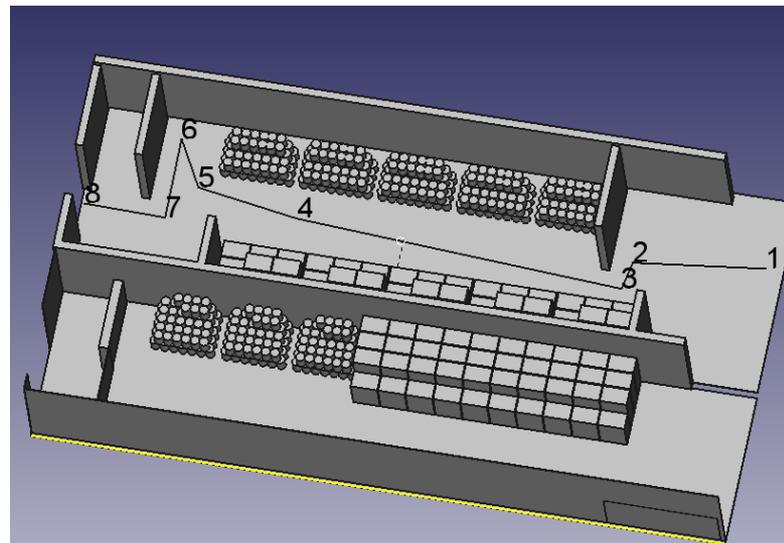
Name: Alfred

	Position	X	Y	Z	Duration (s)
1	Position 1	-2.55755E+04	-8.92632E+03	-1.00000E+00	0.0
2	Position 2	-1.89413E+04	-5.52159E+03	-1.00000E+00	0.0
3	Position 3	-1.11179E+04	-5.75611E+03	-1.00000E+00	0.0
4	Position 4	-1.88864E+03	-5.89899E+03	-1.00000E+00	0.0
5	Position 5	4.21418E+03	-5.90758E+03	-1.00000E+00	0.0

Prepend

Walking Speed (kph): 6.0

Height (m): 1.80



Démonstration

Définition des opérateurs (2)



- Grande flexibilité (ajout de points intermédiaires, ajustement des positions)
- Vitesse de déplacement modifiable (5 km/h par défaut)
- Estimation du niveau d'exposition à la tête, aux mains, aux pieds et au centre du corps
 - Position des mains peut être précisément définie pendant les périodes d'arrêt
- Définition de plusieurs opérateurs indépendants
- Détection d'erreurs si opérateur mal défini

 Travailleur_1

 Alfred

 Maintenance_Vanne_AX



Démonstration

Analyse de la dose intégrée (1)



- Sélection des opérateurs à inclure dans l'analyse
- Sélection du fichier de cartographie de débits de dose
- Présentation des résultats
 - Génération des figures
 - Débit de dose le long du chemin parcouru par le travailleur
 - Débit de dose intégré le long du chemin parcouru
 - Tableau Excel

Dialog

Name:

Operators: Generate Figures

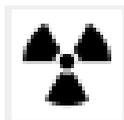
Travailleur_1
Maintenance_Vanne_AX
Alfred

Result file:

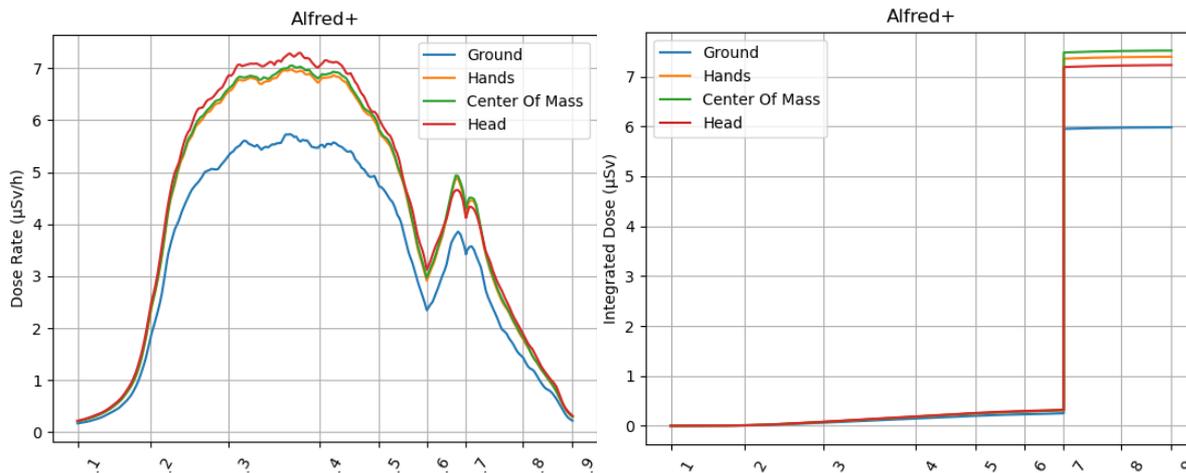
Export to excel

Démonstration

Analyse de la dose intégrée (2)

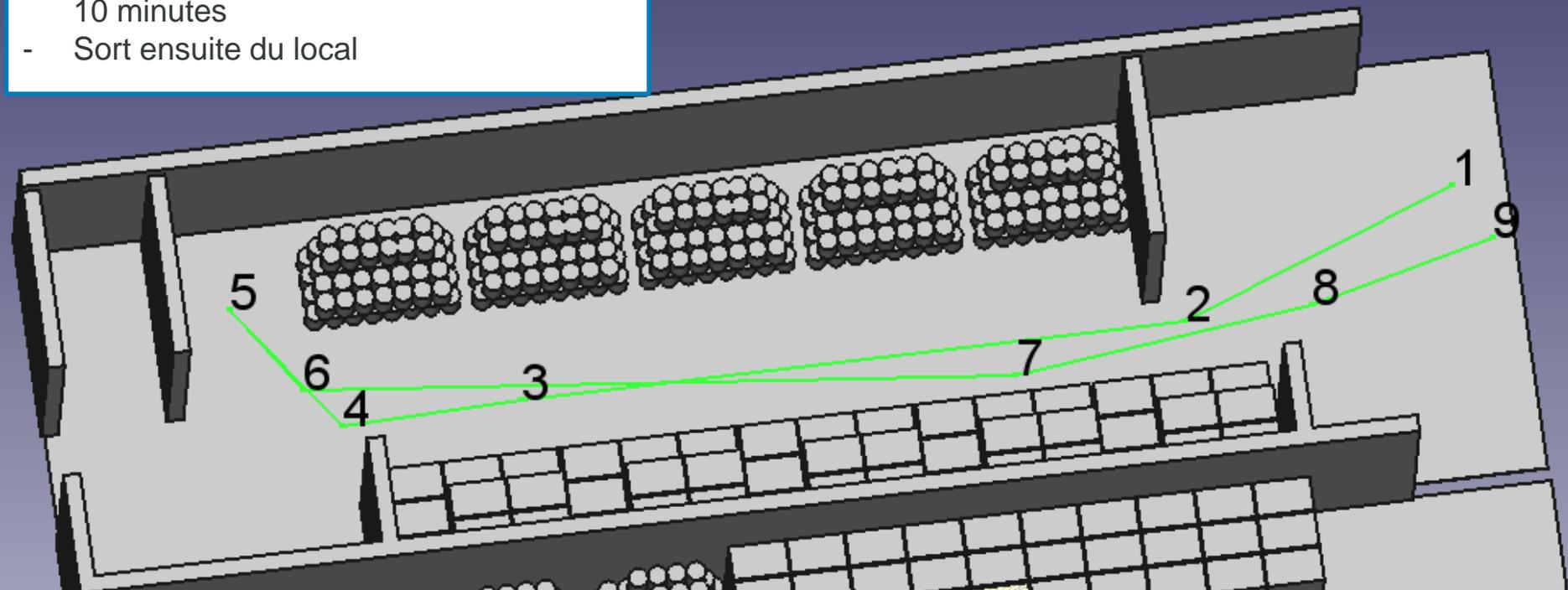


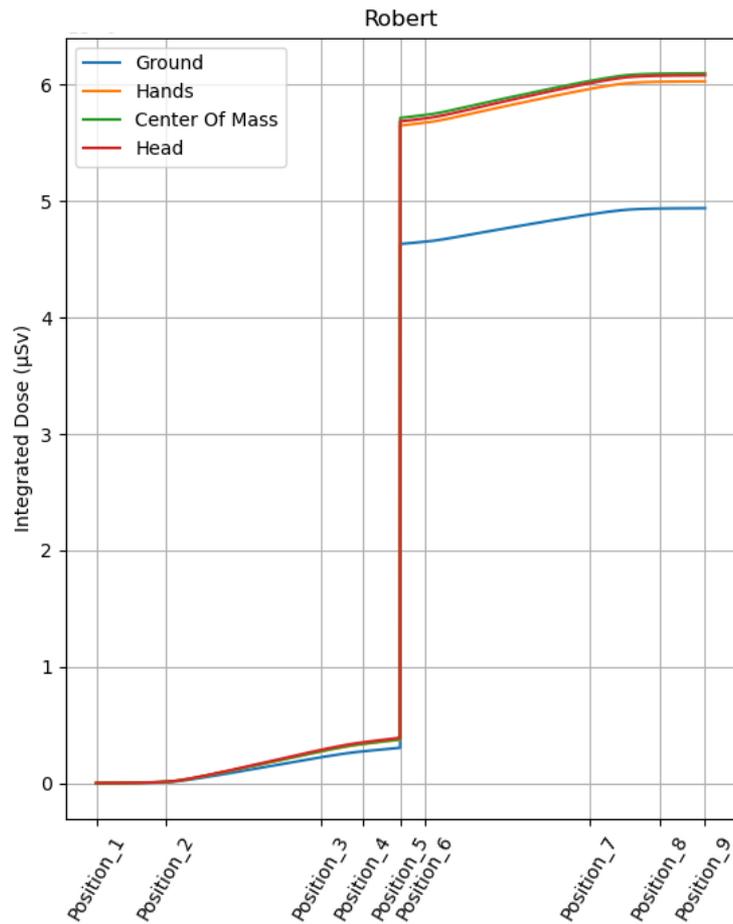
- Exemple : débit de dose et débit de dose intégré
→ Alfred est soumis à une dose totale d'environ 7,5 μSv suite à son intervention
- Base pour la définition d'une stratégie ALARA (installation d'un blindage radiologique, modification du chemin parcouru, réduction du temps d'exposition...)



Robert

- Se déplace jusqu'à son espace de travail (position 5)
- Réalise sa tâche d'une durée de 10 minutes
- Sort ensuite du local



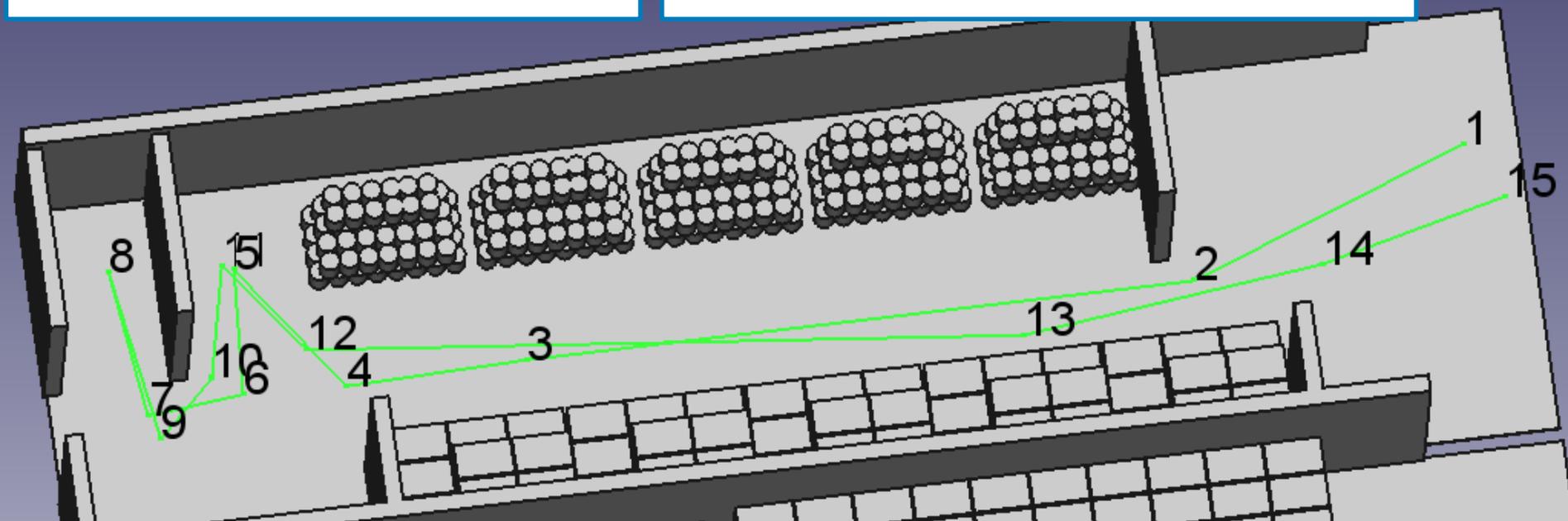


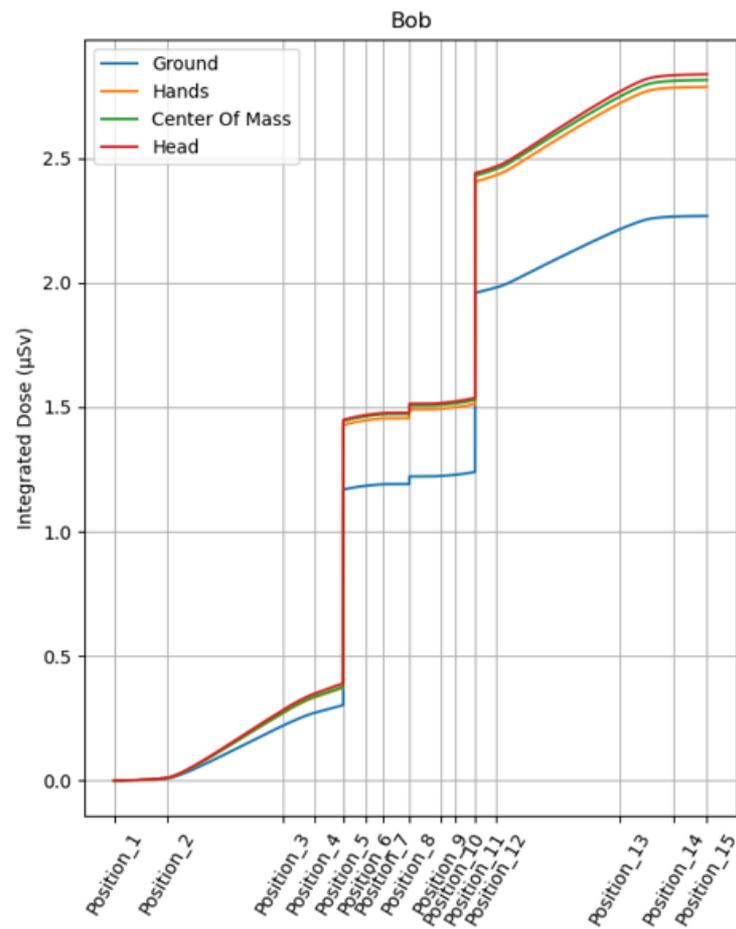
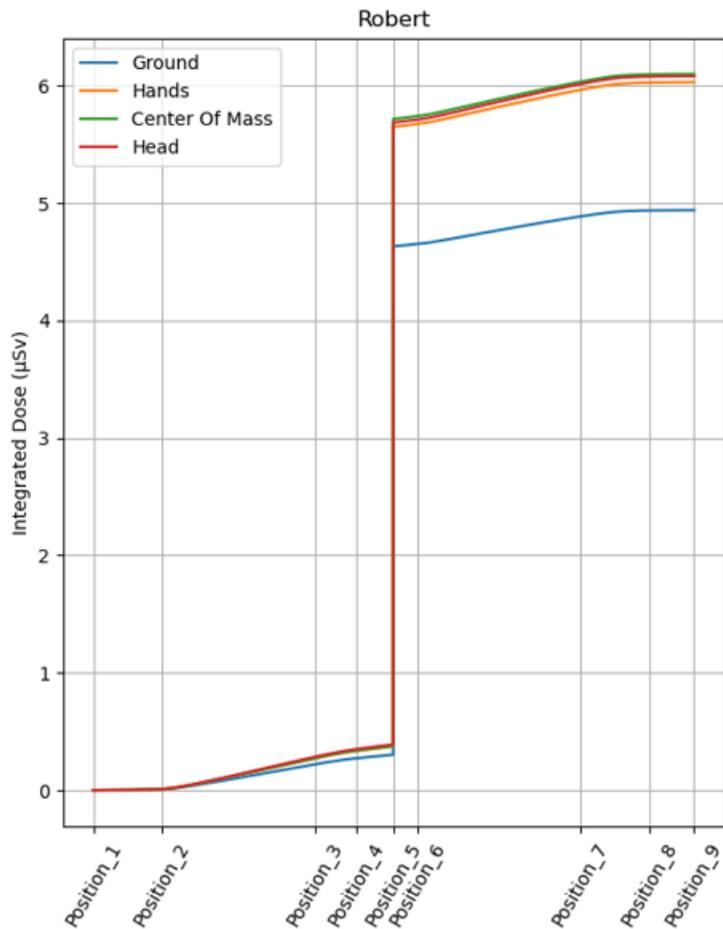
Robert

- Se déplace jusqu'à son espace de travail (position 5)
- Réalise sa tâche d'une durée de 10 minutes
- Sort ensuite du local

Bob

- Démonte la pièce (2 min, position 5)
- Réalise sa tâche dans une zone moins dosante (10 min, position 8)
- Réinstalle la pièce (2 min, position 5)
- Sort de la pièce par le même chemin que Robert





Conclusions

Et demain ?

- Outil en développement continu en 2021 - 2022
- Très grande flexibilité et potentiel d'évolution élevé
- Amélioration souhaitée : pouvoir modifier, de manière limitée, l'environnement sans recalculer une cartographie de débits de dose
 - Suppression d'une source radioactive (exemple : découpe d'un tuyau)
 - Ajout d'un blindage pour limiter le débit de dose dans certaines régions de l'espace
- Préparation des chantiers à venir dans lesquels Tractebel sera impliqué
- En attente d'une application concrète pour 2023
 - Fixera les prochaines étapes de développement

Merci pour votre attention



Contact: tanguy.dasnoy-sumell@tractebel.engie.com

