

La dosimétrie sans dosimètres: PODIUM (Personal Online Dosimetry Using computational Methods)

Olivier Van Hoey et toute l'équipe PODIUM

Centre d'étude de l'Energie Nucléaire, SCK•CEN, Mol, Belgium

olivier.van.hoey@sckcen.be



Motivation

Evaluation des doses des travailleurs est nécessaire

- Suivi des limites de dose
- Application du principe ALARA
- Informations nécessaires en cas d'accident
- Informer les travailleurs de leur exposition
- Contribution aux études épidémiologiques

Maintenant les doses sont évaluées avec des dosimètres

- Dosimètre personnel passif de poitrine



Stylo



Film



TL



OSL



RPL



DIS

- Dosimètre personnel actif de poitrine



Diode de silicium



GM

- Dosimètre personnel doigt et cristallin



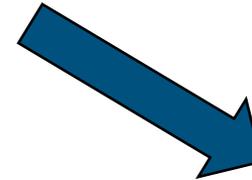
Les dosimètres ont des inconvénients et problèmes

- Pas agréable à porter
- Possibilité d'oublier de porter, porter incorrectement ou perdre
- Estimation de dose efficace ou dose équivalente cristallin et peau par les grandeurs opérationnelles $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0.07)$
- Pas possible de prendre en compte les effets individuels
- Informations spatiales très limitées
 - ⇒ Radiologie interventionnelle!
- Réponse du dosimètre imparfaite avec facteur jusqu'à 1.5-2
 - ⇒ Neutrons!

La solution? La dosimétrie computationnelle!



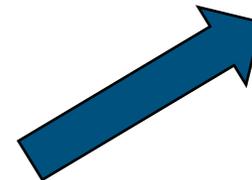
Surveiller la position et les mouvements du personnel avec une caméra 3D et modélisation avec fantômes numériques anthropomorphes flexibles



Calculer les doses d'organes en temps réel avec des simulations de transport de rayonnement Monte Carlo



Modélisation de la géométrie du lieu de travail et de la source de rayonnement



- Personal Online Dosimetry Using computational Methods
- Objectif: Démontrer la faisabilité de la dosimétrie computationnelle pour radiologie interventionnelle et des champs avec neutrons
- 01/01/2018 - 31/12/2019
- Projet CE financé par le 2^{ème} appel de CONCERT
- Budget total: 1.4 M€, Financement CE: 0.95 M€
- podium-concerth2020.eu



1. **Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN)**
2. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
3. Helmholtz Zentrum München (HMGU)
4. Lund University Sweden (LU)
5. Public Health England (PHE)
6. Greek Atomic Energy Commission (EEAE)
7. St. James's Hospital Ireland (SJH)

Projet PODIUM



Projet PODIUM

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel,
géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

WP2: Fantômes numériques
anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC

WP3: intégration dans
une application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC

WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

Résultats

WP1 – Surveillance du personnel, géométrie, source de rayonnement

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel, géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

WP2: Fantômes numériques anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC

WP3: intégration dans une application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC

WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

WP1 – Surveillance du personnel: Microsoft® Kinect™ v2 Time of Flight camera

Algorithme de suivi du squelette

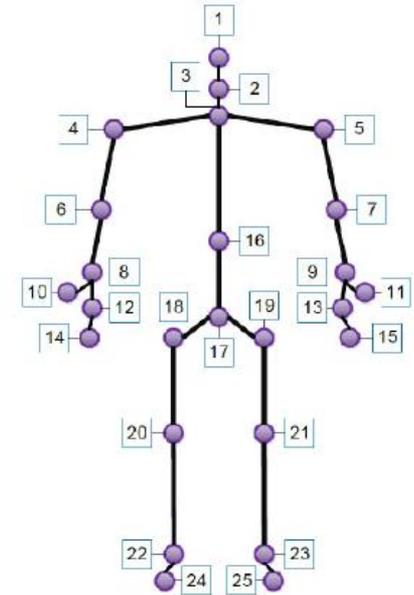


Image couleur

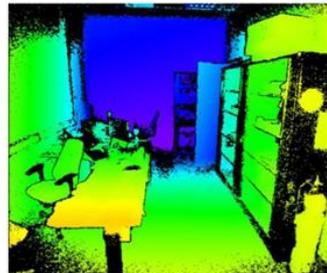


Image de
profondeur



Image infrarouge

1. Head	6. ElbowLeft	11. ThumbRight
2. Neck	7. ElbowRight	12. HandLeft
3. SpineShoulder	8. WristLeft	13. HandRight
4. ShoulderLeft	9. WristRight	14. HandTipLeft
5. ShoulderRight	10. ThumbLeft	15. HandTipRight

16. SpineMid	21. KneeRight
17. SpineBase	22. AnkleLeft
18. HipLeft	23. AnkleRight
19. HipRight	24. FootLeft
20. KneeLeft	25. FootRight

Reconstruction des
articulations du corps

WP1 – Surveillance du personnel: Les défis avec le Kinect™

- Conçu pour surveiller de l'avant
 - Champ de vision limité: 4.5 m distance, 70° horizontale, 60° verticale
 - Surveillance de maximum 6 personnes
 - Pas d'identification des personnes
 - Bruit dans les images de profondeur
 - Problèmes avec occlusions
-
- ⇒ Sélection de position de surveillance optimale
 - ⇒ Algorithme pour limiter effets du bruit et des occlusions
 - ⇒ Techniques pour identification des personnes
 - ⇒ Réseau avec plusieurs caméras

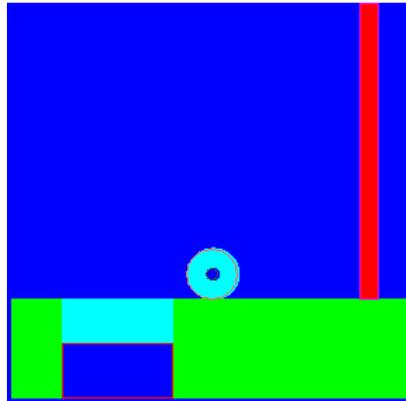
WP1 – Surveillance du personnel: Réseau avec plusieurs caméras

The screenshot displays a multi-camera surveillance system interface. It is divided into several sections:

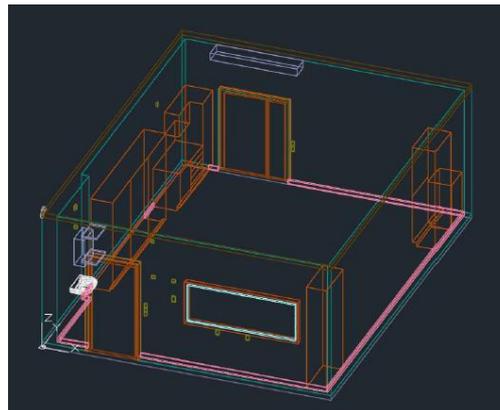
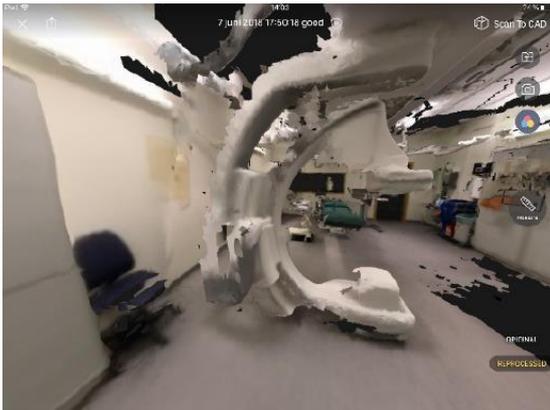
- Top Left:** A window titled "PODIUM Multi-kinect. ClientID :1" showing a live video feed of two people in a clinical setting. Below the video are two smaller images: a grayscale silhouette of the scene and a skeleton tracking overlay with green and purple lines.
- Top Middle:** A window titled "PODIUM Multi-kinect. ClientID :0" showing a similar live video feed and skeleton tracking overlay.
- Top Right:** A window titled "Kinect Admin GUI - 192.168.137.1:8888/8889 (read/send)" showing a large empty area with a dashed grid, likely for administrative control.
- Bottom Left:** A data panel for ClientID :1. It shows "Sending Data..." and "<skeleton tracking>". It lists two tracked individuals with their IDs, status, and position coordinates. At the bottom, there are buttons for "Log data" and "Reset tracker", and a "Disconnect" button with the IP address "192.168.137.1".
- Bottom Middle:** A data panel for ClientID :0. It shows "Sending Data..." and "<skeleton tracking>". It lists two tracked individuals with their IDs, status, and position coordinates. At the bottom, there are buttons for "Log data" and "Reset tracker", and a "Disconnect" button with the IP address "192.168.137.1".
- Bottom Right:** A data panel for the "Fused Kinect Result". It shows "2 skeleton/s detected" and lists two tracked individuals with their IDs, status, and position coordinates.

Logos for PODIUM, CONCERT, and UPC are visible in the top left of each window.

- Géométrie simple créée par combiner des macrobodies directement dans le logiciel MC



- Géométrie complexe créée avec une caméra 3D et un logiciel dédié



WP1 – Source de rayonnement: Radiologie interventionnelle

- Informations fixes: Anode, filtration inhérente, C-arm, intensificateur d'image, table de patient, équipement protecteur fixe

⇒ Hôpital et fabricant de machines à rayons X

- Informations variables: Anatomie du patient, zone anatomique examinée, données d'événement d'irradiation (dimensions de champs, kVp, filtration, angles, KAP, ...)

⇒ Fichier RDSR (Radiation Dose Structured Report)

- Peut être différent d'un hôpital à l'autre
- Disponible seulement après procédure
- Pas toujours complète
- Doit être synchronisé avec Kinect

WP1 – Source de rayonnement: Champs avec neutrons

- Modèle de la source de neutrons
 - Type et activité d'une source de radionucléide
 - Modèle d'un réacteur nucléaire ou d'un accélérateur
 - ...
- Validation détaillée du modèle avec campagne de mesure
 - Débit de dose ambient $H^*(10)$ avec des moniteurs portables
 - Distribution d'énergie avec système de sphères de Bonner ou spectromètre portable comme DIAMON
- Un ou plusieurs moniteurs de neutrons fixes pour normalisation

WP2 – Calcul de la dose

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel,
géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

**WP2: Fantômes numériques
anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC**

WP3: intégration dans
une application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC

WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

WP2 – Fantômes numériques anthropomorphes Donna et Irene

- HMGU fantômes voxel féminins
- Avec tablier et collier de plomb



Donna
40 years
176 cm
79 kg

Irene
32 years
163 cm
51 kg

WP2 – Fantômes numériques anthropomorphes

RAF: Realistic Anthropomorphic Flexible Phantom

- Polygonal Mesh Boundary Representation Phantom
- Masses tissulaires étaient adaptées à ICRP 89
- Fantôme avec 2900 tissus segmentés
- Validation dosimétrique en comparaison avec ICRP 116



*P A. Lombardo, F Vanhavere, A L. Lebacqz, L Struelens, and R Bogaerts.
"Development and Validation of the Realistic Anthropomorphic Flexible (RAF)
Phantom" Health Phys., 114(5), pp 486-499, 2018.*

WP2 – Fantômes numériques anthropomorphes

IPP: Interactive Posture Program

- Changer de manière interactive la posture fantôme et l'équipement de protection
- Voxéliser et exporter le fantôme au format pour simulations MC



IK

No room

Selected EndEffector

Right Hand

Inverse Kinematic

KINECT



- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activats elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds)

KINECT angle (degs)

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK

No room

Selected EndEffector

Right Hand

Inverse Kinematic

KINECT



- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activats elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds)

KINECT angle (degs)

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK

No room

Selected EndEffector

Left Hand

Inverse Kinematic

KINECT



- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds)

KINECT angle (degs)

PNG stack for VoxelVis

launch MCNP sim

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

Export mesh to gdmf

2E7

Voxelize to MCNP



IK

No room

Selected EndEffector

Left Foot

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK

No room

Selected EndEffector

Head

Inverse Kinematic

KINECT



- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds)

KINECT angle (degs)

PNG stack for VoxelVis

launch MCNP sim

- Visualize skin regions
- High Res? cut legs! PP graphics
- OBJ ASCII STL BINARY STL

Export mesh to gdml

2E7

Voxelize to MCNP



IK

No room

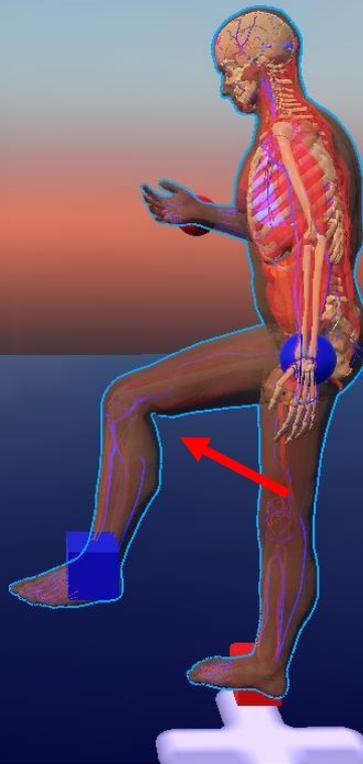
Selected EndEffector

Head

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Arthritis elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera



IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK
No room

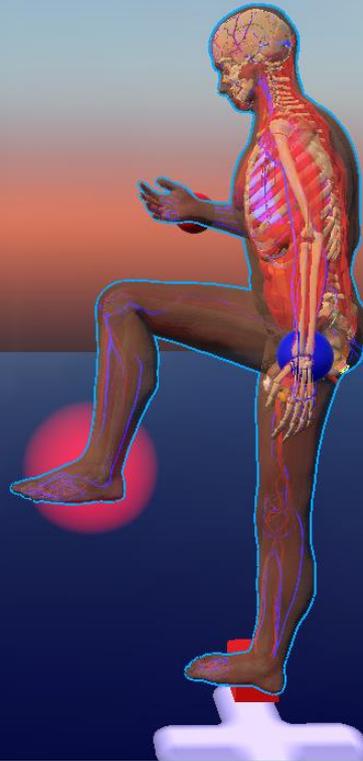
Selected EndEffector

Left Foot

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera



IR Room definition

- IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK

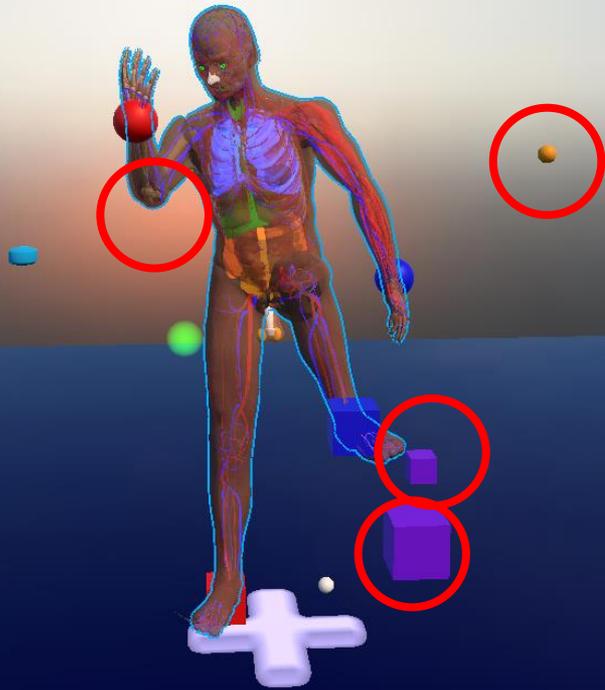
No room

Select an FK Effector
Right Elbow

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- faster End Effector movement
- slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera



IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

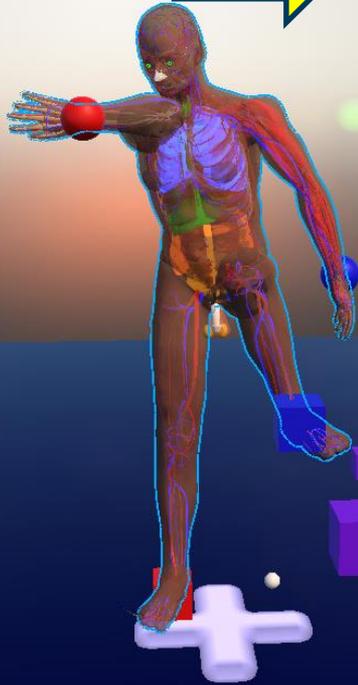
PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions

High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7



IK

No room

Selected FK Effector

RigidElbow

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

IR Room definition
 IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds)

KINECT angle (degs)

PNG stack for VoxelVis

launch MCNP sim

Visualize skin regions
 High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

Export mesh to gdmf

2E7

Voxelize to MCNP



IK

No room

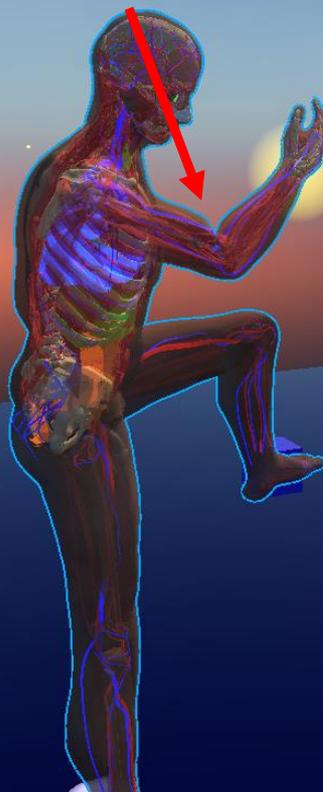
Selected EndEffector

Right Hand

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera



IR Room definition

IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

PNG stack for VoxelVis

Visualize skin regions
 High Res? cut legs! PP graphics

OBJ ASCII STL BINARY STL

2E7

WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

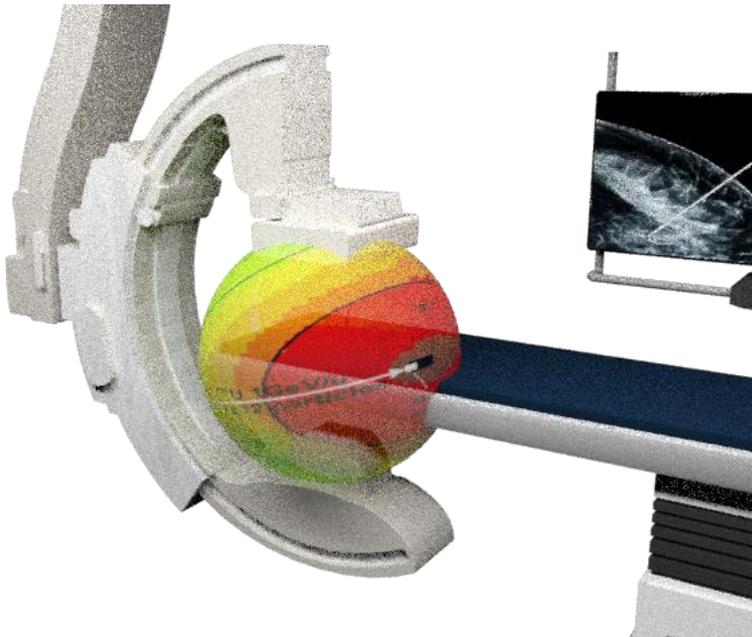
Tables de recherche précalculées avec MC

- Calcul de dose en l'absence d'un cluster de calcul performant
 - Pas possible de précalculer une carte de débit de dose efficace
 - Champs de rayonnement très variable d'une procédure à l'autre et avec le temps pendant une procédure
 - Champs de rayonnement spatialement très inhomogène
- ⇒ Doses d'organes calculées par une combinaison de deux tables
- Table de source avec fluence, énergie et angle des photons
 - Table avec facteurs de conversion de la fluence en dose d'organe

WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Tables de recherche précalculées avec MC

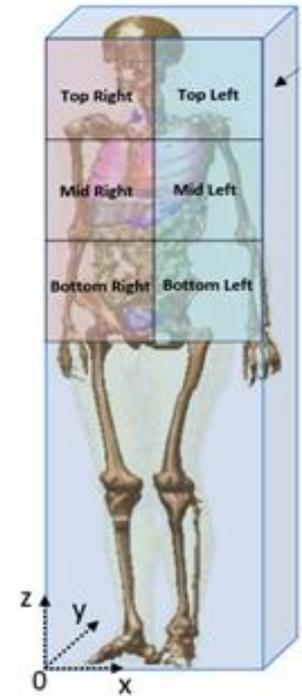
- Table de source avec fluence, énergie et angle des photons en fonction des paramètres de la source de rayonnement
 - Calculée avec MCNPX 2.7
 - Sur sphère de diffusion avec 70 cm diamètre autour de l'isocentre
 - Fluence normalisée par KAP



WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Tables de recherche précalculées avec MC

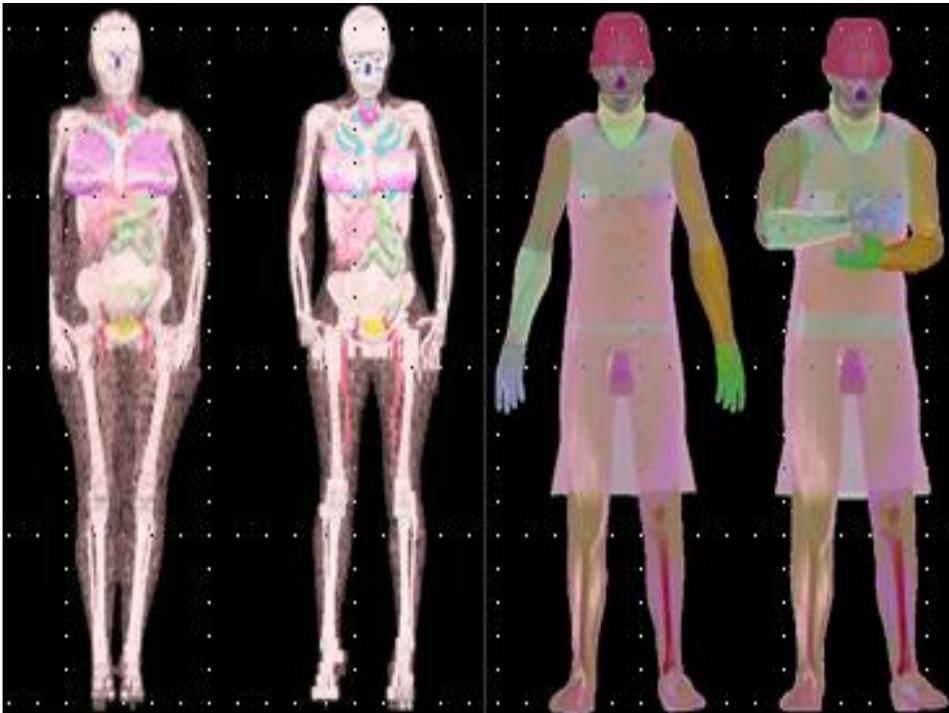
- Table avec facteurs de conversion de la fluence en dose d'organe en fonction de l'énergie et de l'angle des photons, du panneau de champs et de l'organe
 - Faisceau monodirectionnel et mono-énergétique
 - 6 panneau de champs
 - 9 angles horizontales
 - 5 angles verticales
 - 12 énergies de 10 à 120 keV
 - Tous les organes contribuant à dose efficace



WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Tables de recherche précalculées avec MC

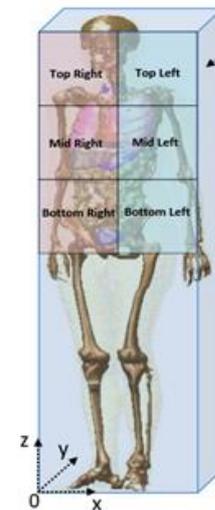
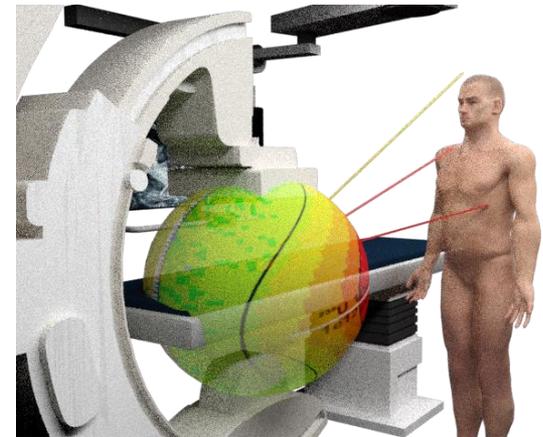
- Calculs avec EGSnrc pour les fantômes Donna et Irene avec tablier de plomb
- Calculs avec MCNPX 2.7 pour RAF avec tablier de plomb en position normale et avec les mains devant au-dessus du patient



WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Tables de recherche précalculées avec MC

- Logiciel pour le calcul de dose d'organe avec les tables de recherche précalculées
 - 1) Tracer un rayon de l'isocentre au centre du panneau de champ
 - 2) Rechercher fluence, énergie et angle des photons dans la table de source pour l'intersection du rayon avec la sphère de diffusion
 - 3) Diminuer la fluence selon la loi de la distance carrée inverse
 - 4) Rechercher le facteur approprié dans la table des facteur de conversion
 - 5) Multiplier la fluence avec le facteur de conversion
 - 6) Répéter pour les 6 panneau de champs



WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Simulation MC directe des dose d'organes

PENELOPE/penEasy	MC-GPU
Usage général	Dédié à la radiologie interventionnelle
Fortran	CUDA
Lent en utilisant le CPU	Rapide en utilisant le GPU
Electrons, positrons, photons < 1 GeV	Photons < 120 keV
Bien validé	Pas validé complètement

- Adaptation pour PODIUM
- Accélération
 - Variance reduction
 - Cluster de calcul

WP2 – Calcul de la dose: Champs avec neutrons

Tables de recherche précalculées avec MC

- Possible de précalculer une carte de débit de dose efficace
 - La plupart des champs de neutrons sont constants dans le temps ou ne changent que d'intensité
 - La plupart des champs de neutrons ont un gradient spatial limité
 - Problème avec les facteurs de pondération dépendant de l'énergie des neutrons avant qu'ils n'interagissent avec le corps
- ⇒ Calcul de carte de débit de dose efficace en deux étapes
- Calcul des distributions fluence d'énergie et angle des neutrons
 - Multiplier avec facteurs de conversion de la fluence en dose d'organe

WP2 – Calcul de la dose: Champs avec neutrons

Simulation MC directe des doses d'organes

- Temps de calcul trop long pour les neutrons
 - Problème avec les facteurs de pondération
- ⇒ Pas possible pour les champs avec neutrons

WP3 – intégration dans une application logicielle

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel,
géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

WP2: Fantômes numériques
anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC

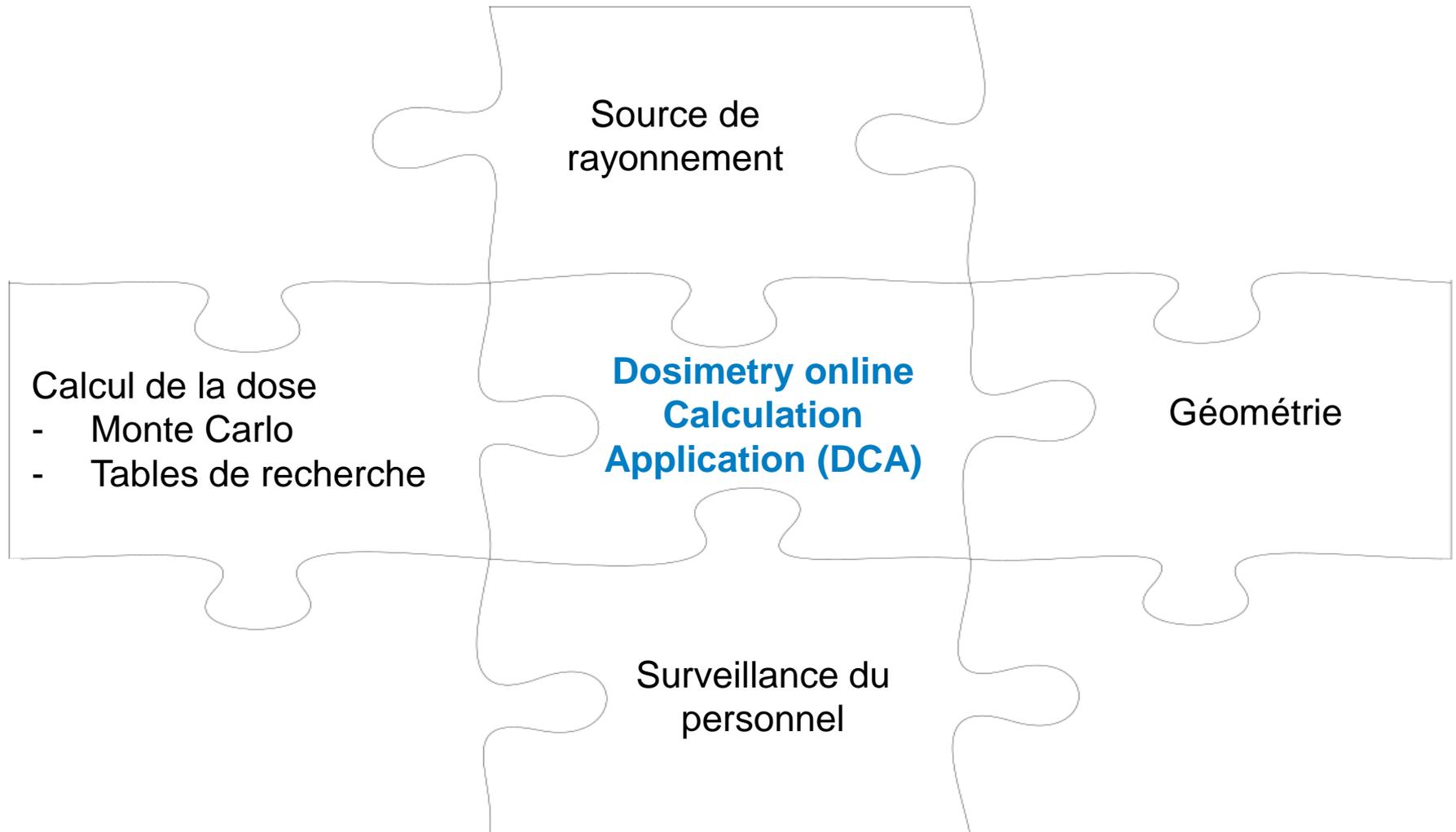
**WP3: intégration dans une
application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC**

WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

WP3 – intégration dans une application logicielle



WP3 – intégration dans une application logicielle

- PODIUM
- My PODIUM
- Dashboard
- Doses
- Procedures
- Admin
- Hospital
- Docs
- More...

Procedures / Create Procedure

Create Procedure

PO

Basic Info	Room	Patient Data	Monitored Worker
Procedure Id <input type="text"/>	Room LU-16	Patient Gender Nothing selected	Worker admin
Type CA	Objects Nothing selected	Patient Height (cm) <input type="text"/>	Protections Nothing selected
	Measured distance Floor to Table (mm) <input type="text"/>	Patient Weight (kg) <input type="text"/>	
	RDSR Table Height (mm) <input type="text"/>		

Create

Copyright © PODIUM 2019



developed by



WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC Edit Delete

This procedure hasn't started!

To start the procedure you have to connect with the cameras, once connected check that the everything is obtained correctly, if not pause the component fix the issues and then resume the process.

Use the button below to start the connection with the cameras.

[Connect](#)

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker view profile
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Gender Male
Start Date not available	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Weight 85.0 kg
End Date not available			Height 190 cm
Procedure Operator SJH-PO01			Age 39
State pending			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses

Acquired data

RDSR	Positions Tracking	Doses
not available	not available	not available

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by

PODIUM
Personal Online Dosimetry
Using conventional Methods

CONCERT
CONCERT
CONCERT

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA
Institut de Tecnologies Energètiques

WP3 – intégration dans une application logicielle

The screenshot displays the PODIUM software interface for a procedure verification step. The interface includes a dark sidebar with navigation options: 'PODIUM', 'My PODIUM', 'Dashboard', and 'Procedures'. The main content area is titled 'Procedures / SJH-2019-10-02' and 'SJH-2019-10-02 - Procedure'. A 'Verify connection' section contains a 'Connected' status indicator (green) and a 'Start' button (blue), with a note '100%Cameras ready!'. Below this, there are four panels: 'Basic Info' (ID: SJH-2019-10-02, Type: PCI, Procedure Operator: SJH-PO01), 'Room' (SJH-Cath Lab 2), 'Patient' (Female, 60.0 kg, 170 cm), and 'Monitored Worker' (SJH-MW01, Male, 85.0 kg, 190 cm, 39 years old, wearing lead apron and glasses). At the bottom, an 'Acquired data' section shows 'RDSR', 'Positions Tracking', and 'Doses' all as 'not available'. The footer contains copyright information for PODIUM 2019 and logos for the University of Catalonia and Institut de Tècniques Energètiques.

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC

Verify connection

Check that the monitored worked has been recognized by the cameras and afterwards start the procedure.

Connected Start

100%Cameras ready!

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Gender Male
Start Date	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Weight 85.0 kg
End Date			Height 190 cm
Procedure Operator SJH-PO01			Age 39
State 1			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses

Acquired data

RDSR	Positions Tracking	Doses
not available	not available	not available

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by

PODIUM
Personal Online Dosimetry
Using conventional Methods

CONCERT

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA

Institut de Tècniques Energètiques

WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC

Procedure in course

Do not forget to finish the procedure when it's over!

🔔 If the monitored worker exits the area covered by the cameras, pause the procedure and resume it once it has been recognized again by the cameras.

Recording Pause Finish

100%Cameras ready!
100%Cameras recording!

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker view profile
ID SJH-2019-10-02 (internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Gender Male
Start Date 11/22/19, 9:55 PM	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Weight 85.0 kg
End Date		Height 190 cm	Age 39
Procedure Operator SJH-PO01			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses
State 2			

Acquired data

RDSR not available	Positions Tracking not available	Doses not available
------------------------------	--	-------------------------------

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by
PODIUM
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques

WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC

RDSR is missing

The procedure has finished, although it does not have the radiation structured dose report (RDSR).

▲ Please, upload the RDSR using the button under `Acquired data`.

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker view profile
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Gender Male
Start Date 11/22/19, 9:55 PM	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Weight 85.0 kg
End Date 11/22/19, 9:55 PM			Height 190 cm
Procedure Operator SJH-PO01			Age 39
State finished			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses

Acquired data

RDSR not available Select file...	Positions Tracking tracking.csv	Doses not available
--	---	-------------------------------

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by
PODIUM
CONCERT
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
UPC
Institut de Tècniques Energètiques

WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC

Procedure finished

This procedure has finished and has the results of the recording process and the radiation dose structured report (RDSR), thus the dose calculation can be started.

A **Dose Calculator Expert** can start the calculation of the doses.

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29) Type PCI Start Date 11/22/19, 9:55 PM End Date 11/22/19, 9:55 PM Procedure Operator SJH-PO01 State finished	Room SJH-Cath Lab 2 Distance Floor to Table 0 mm Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Gender Female Weight 60.0 kg Height 170 cm	Username SJH-MW01 Weight 85.0 kg Height 190 cm Age 39 Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses

Acquired data

RDSR	Positions Tracking	Doses
rdsr.xlsx	tracking.csv	not available

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by

PODIUM **CONCERT**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA

UPC

WP3 – intégration dans une application logicielle

≡ PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Doses

Procedures

- My Procedures
- Simulate

v0.6.1-dev

Procedures / Simulate

Simulate

MG DC

Show 10 entries

Search:

ID	Start Date	End Date	Room	Type	Status
SJH 20190523	5/23/19, 11:57 AM	5/23/19, 3:58 PM	SJH-Cath Lab 2	OTHER	finished
LU Case6	12/17/18, 10:20 AM	12/17/18, 1:27 PM	LU-105	OTHER	finished
SJH-2019-10-02	11/22/19, 9:55 PM	11/22/19, 9:55 PM	SJH-Cath Lab 2	PCI	finished
SJH Cardiac 1	10/1/19, 10:30 AM	10/1/19, 11:50 AM	SJH-Cath Lab 2	PCI	finished

Showing 1 to 4 of 4 entries

Previous 1 Next

Copyright © PODIUM 2019



WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Doses

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure

MG PO DC

Procedure finished

This procedure has finished and has the results of the recording process and the radiation dose structured report (RDSR), thus the dose calculation can be started.

Start the calculation of the radiation doses using the button below.

[Calculate doses](#) with PenEasy IR

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker view profile
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Weight 85.0 kg
Start Date 11/22/19, 9:55 PM	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Height 190 cm
End Date 11/22/19, 9:55 PM			Age 39
Procedure Operator SJH-PO01			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses
State finished			

Acquired data

RDSR rdsr.xlsx	Positions Tracking tracking.csv	Doses not available
--	---	-------------------------------

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by

PODIUM
Personal Online Dosimetry
Using conventional Methods

CONCERT
EUROPEAN COMMISSION
EUROPEAN UNION
EUROPEAN COMMISSION
EUROPEAN UNION

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA

UPF
Institut de Tecnologia Organitzacional

WP3 – intégration dans une application logicielle

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Doses

Procedures

Procedures / SJH-2019-10-02

SJH-2019-10-02 - Procedure MG PO DC Mark as completed

Procedure finished

This procedure has already calculated the doses for the monitored worker. If they are correct, it can be *marked as complet*. Otherwise, a new calculation can be launched.

Start the calculation of the radiation doses using the button below.

Calculate doses with IPPSE on Argos

Basic Info	Room	Patient	Monitored Worker view profile
ID SJH-2019-10-02 (Internal ID: 29)	Room SJH-Cath Lab 2	Gender Female	Username SJH-MW01
Type PCI	Distance Floor to Table 0 mm	Weight 60.0 kg	Weight 85.0 kg
Start Date 11/22/19, 9:55 PM	Initial Table Height (RDSR) 0 mm	Height 170 cm	Gender Male
End Date 11/22/19, 9:55 PM			Height 190 cm
Procedure Operator SJH-PO01			Age 39
State finished			Protections <ul style="list-style-type: none">Lead apronOther lead glasses

Acquired data

RDSR rdsr.xlsx	Positions Tracking tracking.csv	Doses 1 dose
--	---	------------------------

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

developed by

PODIUM **CONCERT** **UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA** **INSTITUT DE TÈCNICA DE CATALUNYA**

WP3 – intégration dans une application logicielle

The screenshot displays the PODIUM software interface. On the left is a dark sidebar with navigation options: 'PODIUM', 'My PODIUM', 'Dashboard', and 'Doses'. The main content area is titled 'Doses - SJH-2019-10-02' and includes a breadcrumb 'Doses / Doses - SJH-2019-10-02'. There are filter buttons for 'MG', 'RP', 'MW', and 'DC', with 'RP' selected. The interface is divided into two main sections: 'Monitored Worker' and 'Procedure information'. The 'Monitored Worker' section shows a blue geometric logo and the identifier 'SJH-MW01'. The 'Procedure information' section is split into two columns: the left column lists 'Procedure: SJH-2019-10-02', 'Start Date: 11/22/19, 9:55 PM', and 'End Date: 11/22/19, 9:55 PM'; the right column lists 'Type: PCI', 'Room: SJH-Cath Lab 2', and 'Radiation Source: Philips Allura FD10 Bi-plane'. Below these sections is a 'Doses' section with a table of measurement data. The table has two columns: 'Method: PENEASY IR' and '11/22/19, 11:03 PM'. The data rows are: 'Hp(10) 10 µSv', 'Hp(0.07) 20 µSv', and 'Hp(3) 4 µSv'. A signature 'sig: PENEASY IR E1A23NAS1233' is at the bottom of the table. The footer contains 'v0.6.1-dev', 'Copyright © PODIUM 2019', and logos for PODIUM, CONCERT, and the Universitat Politècnica de Catalunya.

PODIUM

My PODIUM

Dashboard

Doses

Doses / Doses - SJH-2019-10-02

Doses - SJH-2019-10-02

MG RP MW DC

Monitored Worker



SJH-MW01

Procedure information

Procedure SJH-2019-10-02	Type PCI
Start Date 11/22/19, 9:55 PM	Room SJH-Cath Lab 2
End Date 11/22/19, 9:55 PM	Radiation Source Philips Allura FD10 Bi-plane

Doses

Method: PENEASY IR	11/22/19, 11:03 PM
Hp(10) 10 µSv	
Hp(0.07) 20 µSv	
Hp(3) 4 µSv	
sig: PENEASY IR E1A23NAS1233	

v0.6.1-dev

Copyright © PODIUM 2019

PODIUM
Personal Online Dosimetry
Using computational Methods

CONCERT
CONCERT

developed by
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONA
Institut de Tecnologia Biomèdica

WP4 – Radiologie interventionnelle

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel,
géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

WP2: Fantômes numériques
anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC

WP3: intégration dans
une application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC

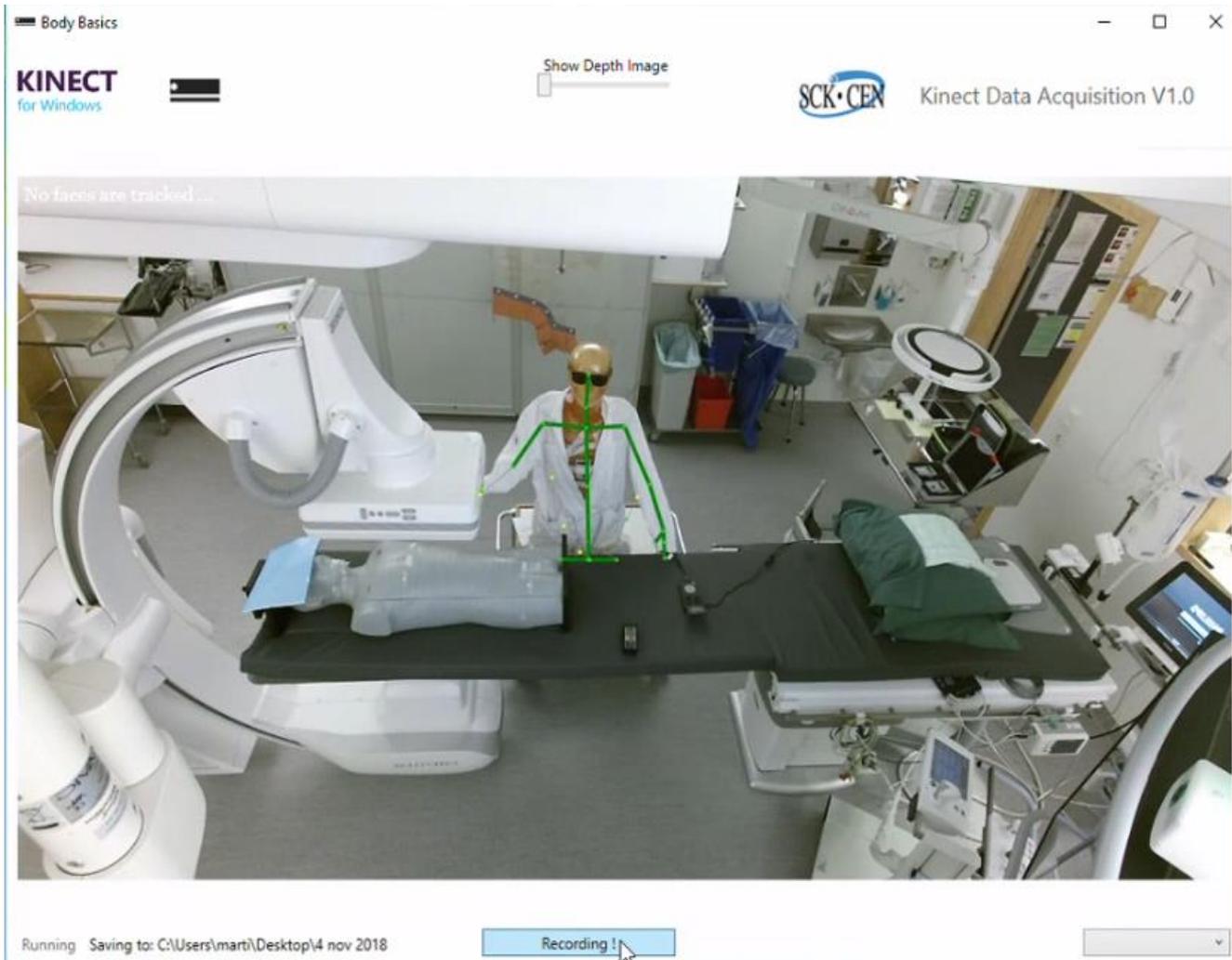
WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

WP4 – Radiologie interventionnelle

Tests cliniques avec fantômes



WP4 – Radiologie interventionnelle

Tests cliniques avec fantômes

- Validation de la valeur KAP dans le fichier RDSR utilisée pour normaliser les simulations avec mesures
 - ⇒ <10% (k=1) de différence entre mesures et valeurs du fichier RDSR

- Validations des méthodes de calcul de dose
 - ⇒ Bon accord entre $H_p(10)$ simulé et mesuré avec dosimètres
 - PENELOPE/penEasyIR / measured: 0.63 – 1.15
 - MCGPU-IR / measured: 0.56 – 1.13
 - Tables de recherche / measured: 0.82 – 1.42

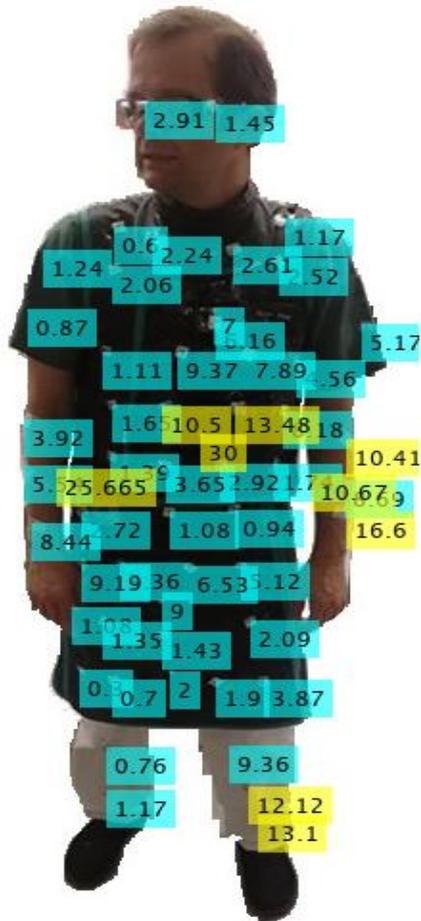
WP4 – Radiologie interventionnelle

Tests cliniques pour des procédures réelles

- Pour 5 cas réels différents les doses ont été mesurés avec des dosimètres passifs et actifs et simulés avec les différentes techniques de simulation
- Parfois difficile de comparer simulations et mesures
 - Utilisation d'écran de protection
 - Doses très faibles
 - Position exacte du dosimètre pas connue
- Accord raisonnable entre les différentes méthodes de simulation et les mesures avec des dosimètres
- Parfois fort gradient de dose sur le corps

WP4 – Radiologie interventionnelle

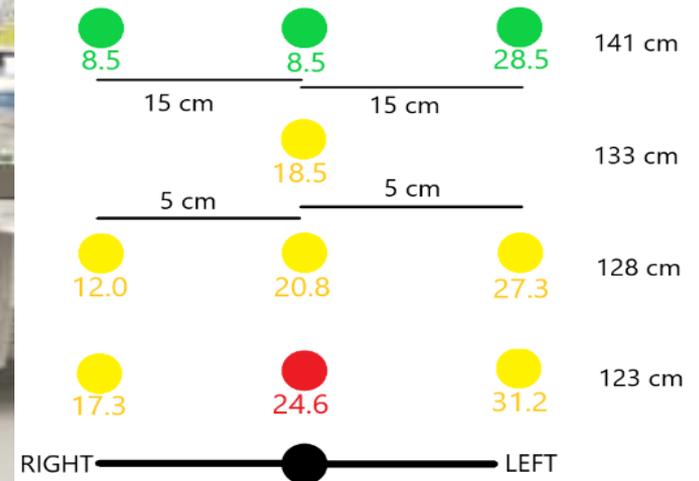
Tests cliniques pour des procédures réelles



Mesures avec pastilles de NaCl



Simulations avec MCGPU-IR



WP5 – Champs avec neutrons

WP0: Management
Coordinateur et responsables de WP

WP1: Surveillance du personnel,
géométrie, source de rayonnement
UPC, SCK•CEN, LU, PHE

WP2: Fantômes numériques
anthropomorphes, calcul de la dose
HMGU, SCK•CEN, PHE, UPC

WP3: intégration dans
une application logicielle
SCK•CEN, HMGU, UPC

WP4: Radiologie interventionnelle
LU, SJH, UPC, EEAE

WP5: Champs avec neutrons
PHE, SCK•CEN

WP6: Dissémination
EEAE, SJH, LU, UPC

WP5 – Champs avec neutrons Installations pour validation



Laboratoire d'étalonnage dosimétrique
avec source de neutron Am-Be
modéré par des réservoir de l'eau

=

Champs de travail simulé
Bien caractérisé



Conteneur de transport avec
combustible MOX utilisé dans
une zone contrôlée

=

Véritable champs de travail
Pas bien caractérisé

WP5 – Champs avec neutrons

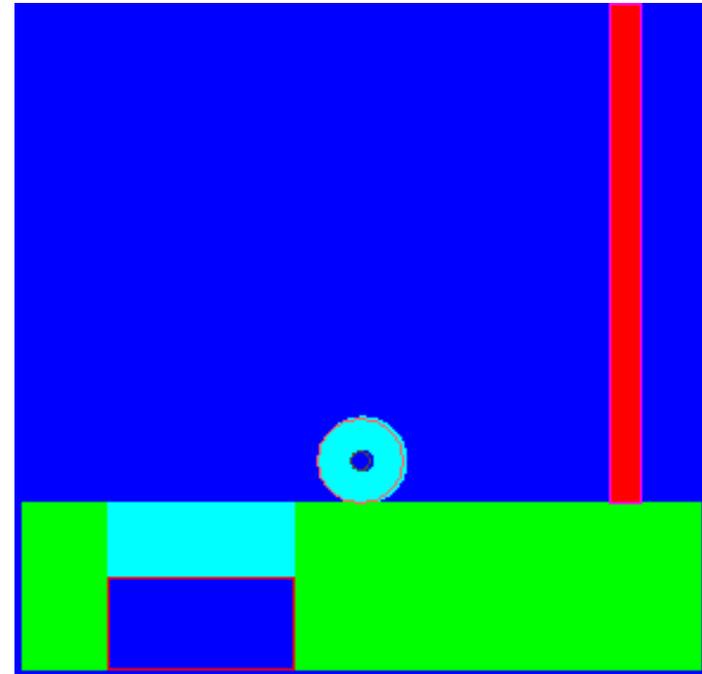
Surveillance du personnel avec une seule caméra



WP5 – Champs avec neutrons

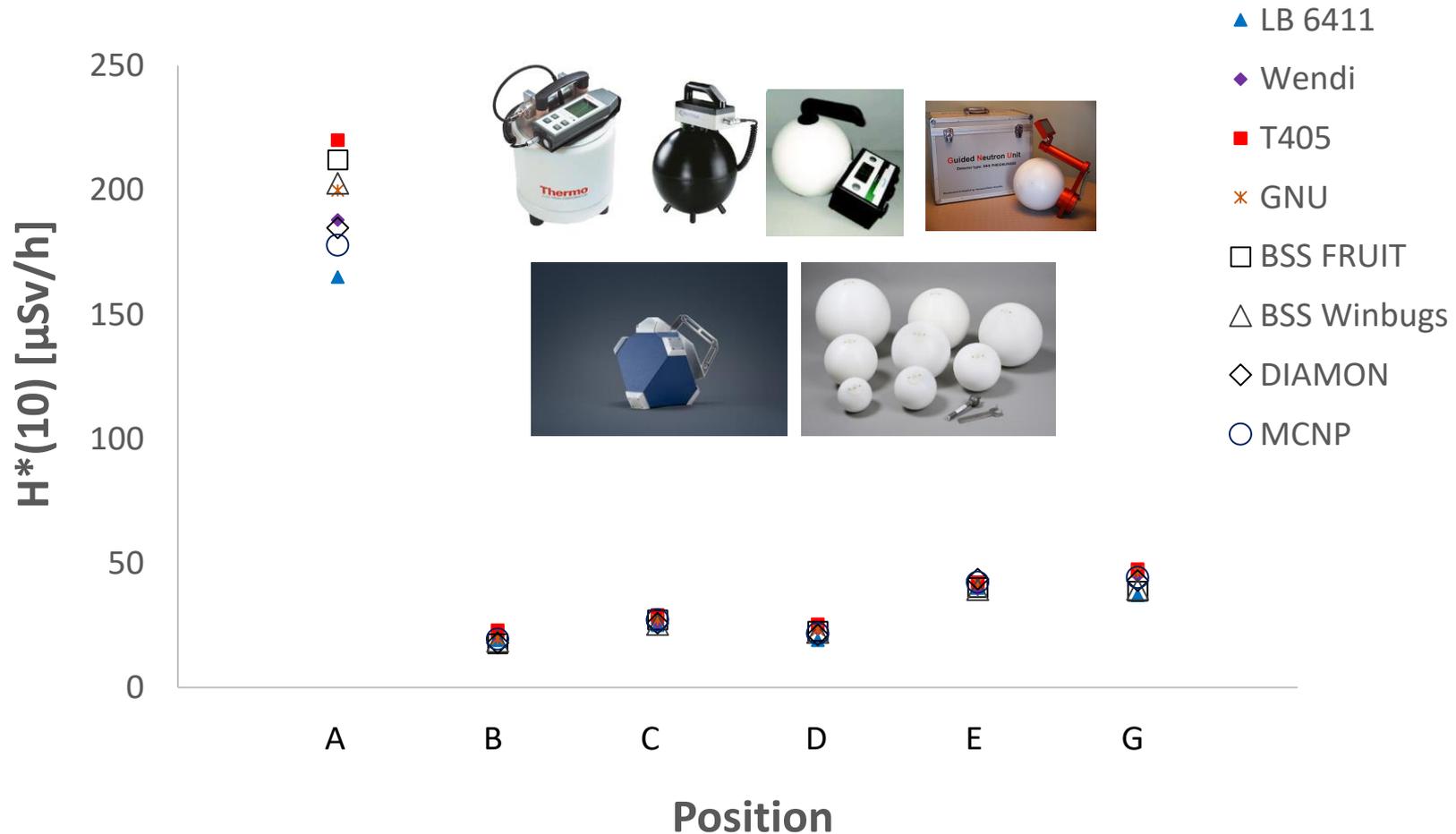
Modélisation de la géométrie et de la source

- Géométrie modélisée dans MCNP6.2 avec macrobodies
- Source modélisée par spectre d'énergie des neutrons de la fission spontanée de Cm-244
- Normalisation des simulations par $H^*(10)$ mesuré a un seul point



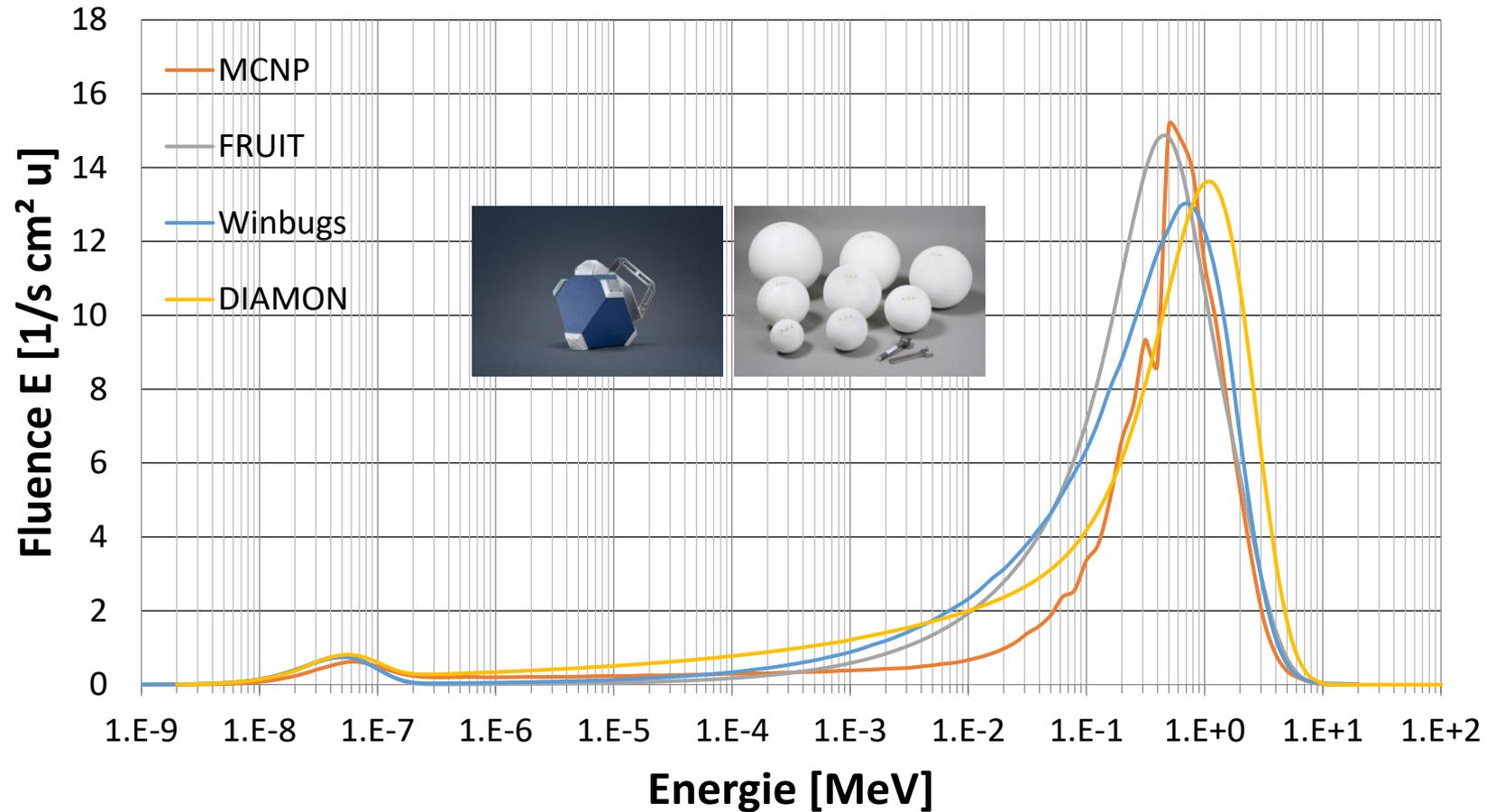
WP5 – Champs avec neutrons

Validation des simulations avec des mesures



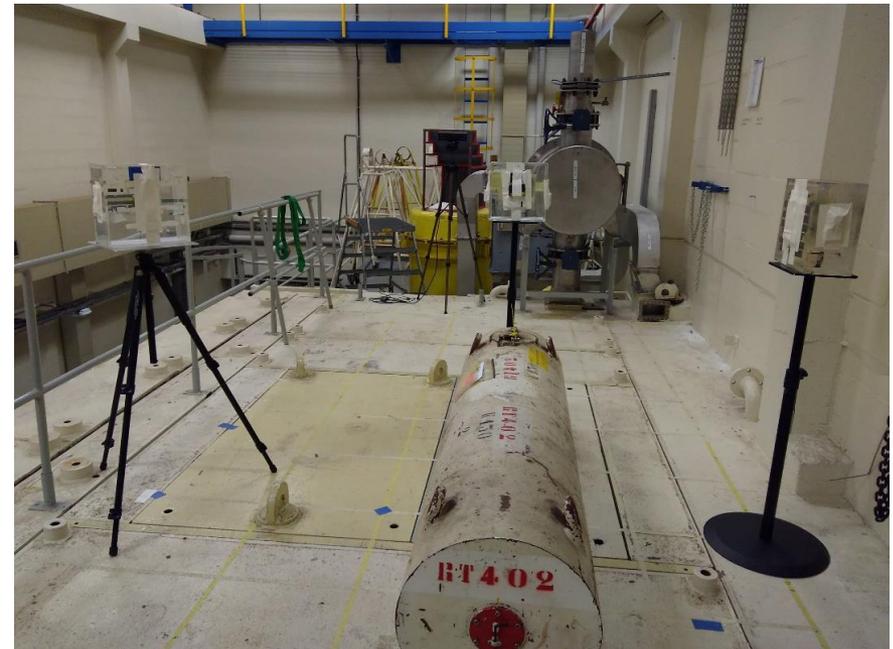
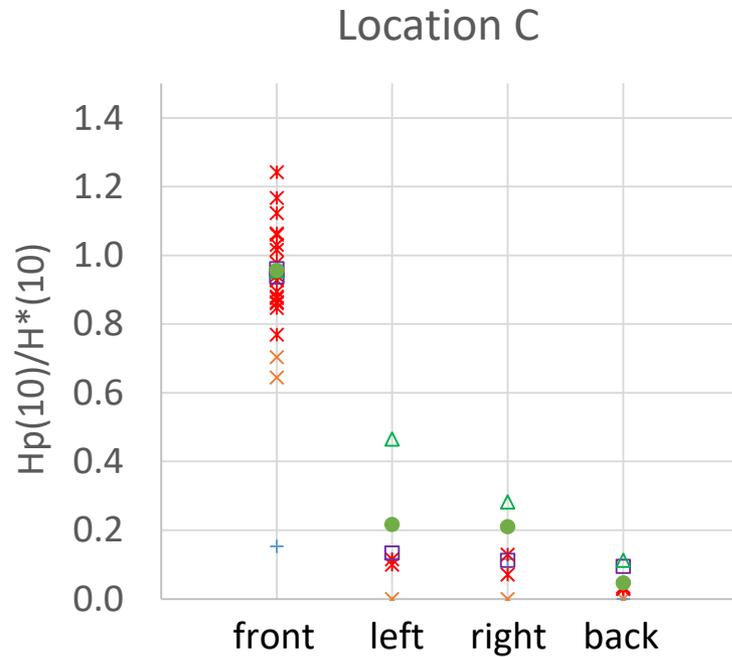
WP5 – Champs avec neutrons

Validation des simulations avec des mesures



WP5 – Champs avec neutrons

Validation des simulations avec des mesures

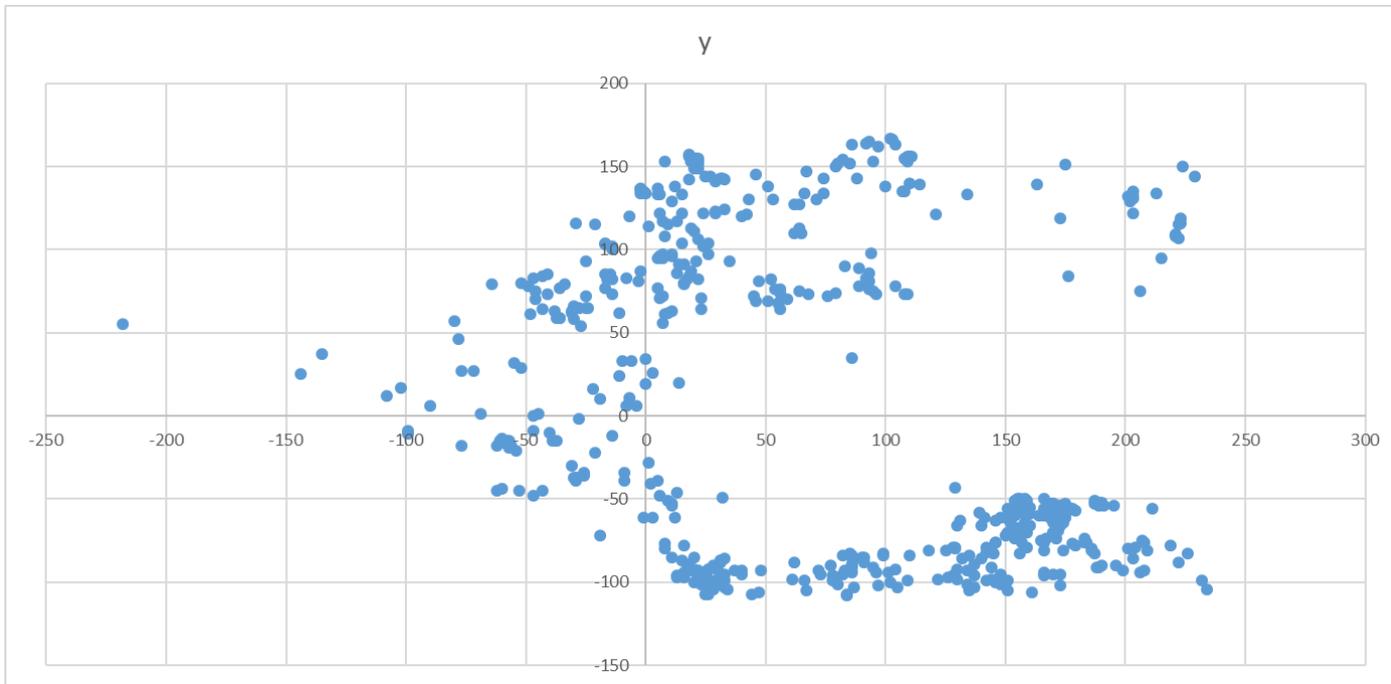


- + Cavendish
- × Landauer
- * PHE
- DSTL
- △ EPD
- MCNP

WP5 – Champs avec neutrons

Application de l'approche PODIUM

- Surveillance du personnel pendant les mesures
- Carte avec le débit de dose simulé
- Calcul de dose automatique avec un script Python
- Dose réaliste de 7 μSv pour 10 minutes de surveillance



Conclusions et le futur

Conclusions

- Dosimétrie computationnelle peut résoudre les problèmes avec les dosimètres personnels
- Surveillance du personnel
 - Caméras 3D Kinect
- Modeler la géométrie
 - Macrobodies ou caméra 3D avec logiciel dédié
- Modeler la source de rayonnements
 - Radiologie interventionnelle: Fichier RDSR
 - Champs avec neutrons: Simulations MC validées avec mesures
- Fantômes numériques anthropomorphes
 - Fantômes voxel féminins
 - Fantôme flexible masculin avec logiciel pour modifier et exporter en format pour simulations MC
- Calcul de la dose
 - Radiologie interventionnelle
 - Simulations MC accélérées avec PENELOPE/penEasyIR et MCGPU-IR
 - Méthode vite avec des tables de recherche précalculées
 - Champs avec neutrons: Carte de dose efficace précalculée
- Application web conviviale intégrant tous les aspects du calcul de la dose
- Validation de la méthode PODIUM
 - Procédures réelles en radiologie interventionnelles
 - Champ de travail avec neutrons

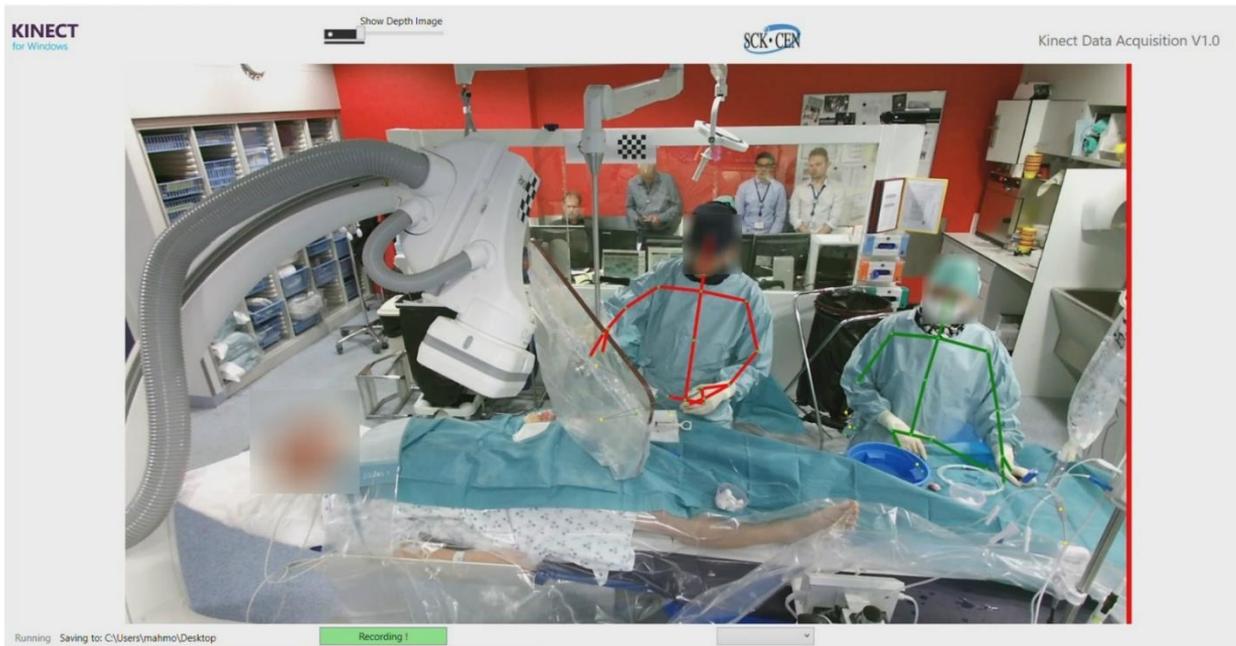
- Surveiller plusieurs personnes simultanément avec identification
- Surveiller écrans de protection, tube rayon-X et autres objets pertinents
- Communication directe avec la machine à rayon-X
- Cartographie rapide du débit de dose des neutrons en terme de dose efficace avec des spectromètres directionnels compacts comme DIAMON
- Etudier la faisabilité dans d'autres champs de travail (médecine nucléaire, ...)
- Etudier l'exploitation potentielle
 - Dosimétrie officielle
 - Outil pour ALARA
 - Outil pour formation

La solution? La dosimétrie computationnelle!

- ~~Pas agréable à porter~~
- ~~Possibilité d'oublier de porter, porter incorrectement ou perdre~~
- ~~Estimation de dose efficace ou dose équivalente cristallin et peau par les grandeurs opérationnelles $H_p(10)$, $H_p(0.07)$, $H_p(3)$~~
- ~~Pas possible de prendre en compte les effets individuels~~
- ~~Informations spatiales très limitées~~
 - ⇒ Radiologie interventionnelle!
- ~~Réponse du dosimètre imparfaite avec facteur jusqu'à 1.5-2~~
 - ⇒ Neutrons!

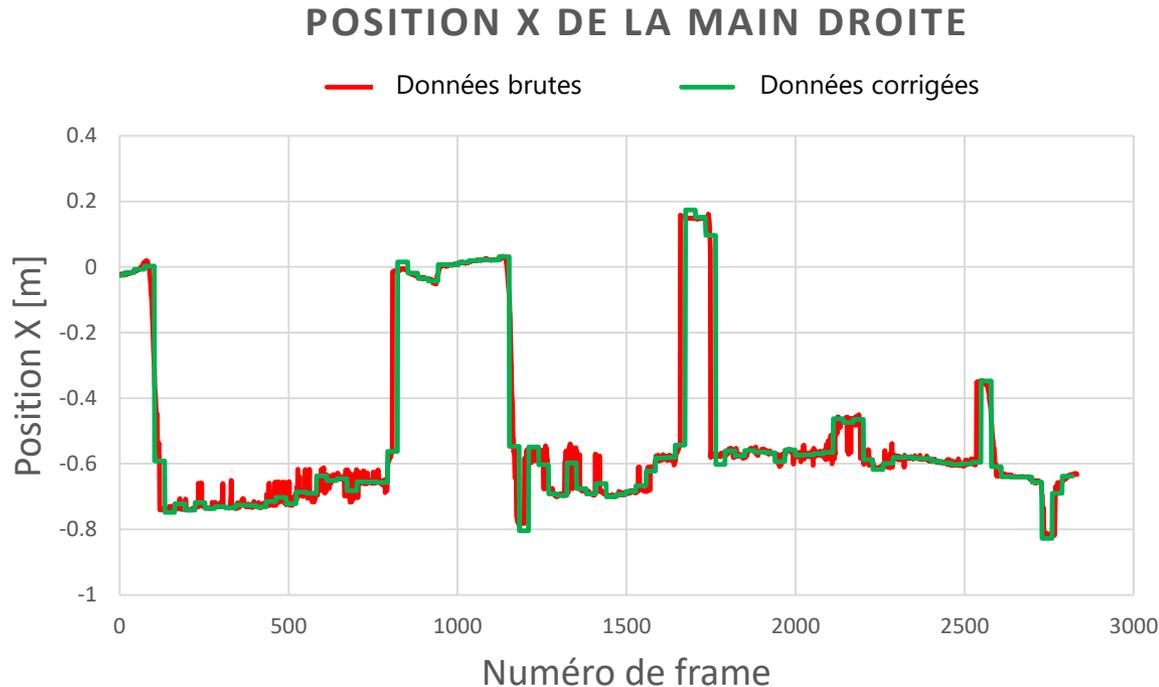
WP1 – Surveillance du personnel: Sélection de la position de surveillance optimale

- 2-4 mètres de distance des travailleurs
- Vue frontale
- Risque minimal d'occlusions
- Limites liées à la pratique clinique



WP1 – Surveillance du personnel: Algorithme pour limiter effets du bruit et des occlusions

- Données brutes enregistrées à 30 Hz
- Données corrigées par séquence de filtres à 1 Hz



WP1 – Surveillance du personnel: Techniques pour identification des personnes

- Analyse d'images couleur et reconnaissance faciale
 - Vue frontal et bon éclairage constant
 - Problèmes avec équipement de protection
 - Problèmes avec confidentialité
- Identification basée sur le squelette
 - Corps peut être partiellement occlus
- Identification basée sur position typique des travailleurs
- Réseau de plusieurs caméras avec différents angles de vision
 - Chaque caméra nécessite son propre ordinateur
 - Calibrage plus complexe

- Tous les matériaux modifiant significativement les doses des travailleurs doivent être pris en compte
- Composition, densité et pour les neutrons aussi l'abondance isotopique et les liaisons chimiques des éléments légers doivent être modélisées suffisamment précises pour tous les matériaux
- La géométrie peut changer avec le temps

IPP - RAF phantom



STUDIECENTRUM VOOR KERNEENERGIE
CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

IK

No room

Selected EndEffector

Left Hand

Inverse Kinematic

KINECT

- zoom Face zoom Chest
- rescale RAF AGM detector
- move RAF scatter Sphere
- Hp(10) dosimeter Zero G
- 25 tissues 122 tissues
- Lead Apron Collar Cap
- Activate elbow and knees
- Faster End Effector movement
- Slower End Effector movement
- Faster Camera UP Camera

C-Arm rotation

- rotation of projection 16 RAO
- arm angulation 14 CAU
- position along bed -74.0705
- position perpend bed 77.51411

Bed position

- X position 4453.96
- rotation 0
- Z position 4630.89

(-87.57, 181.76, 77.51)

(17.99, -4.00, 546.00)

(-53.77, 63.84, 94.18)

(340.00, 56.00, 107.00)

IR Room definition

- IR room Rotate C-Arm Move bed

Bounding Box Dimensions

Press button to calculate

Calculate Bounding Box

Res x	Res y	Res z
128	128	128

load MCNP PTRAC

Batch mode (seconds) 30

KINECT angle (degs) -10

PNG stack for VoxelVis

- Visualize skin regions
- High Res? cut legs! PP graphics
- OBJ ASCII STL BINARY STL

Export mesh to gdmf

2E7

Voxelize to MCNP

WP2 – Calcul de la dose: Radiologie interventionnelle

Simulation MC directe des dose d'organes

- PENELOPE/penEasyIR
 - Accélération des simulations (~ 0.5 min/événement)
 - Géométries composées de quadriques
 - Cluster de > 40 CPU
 - Detection forcing (technique de réduction de la variance)
 - Fantôme simple pour le patient
 - Pas de fantôme pour le travailleur
 - Calcul de la distribution fluence d'énergie des photons et application des facteurs de conversion
 - Résultats en termes de $H_p(0.07)$, $H_p(3)$ et $H_p(10)$
- MCGPU-IR
 - Accélération des simulations (~ 0.5 min/événement)
 - Parallélisations en utilisant 2 GPUs
 - Patient et travailleur modelés par fantômes voxel
 - Résultats en termes de $H_p(10)$, dose d'organe et dose efficace

WP3 – intégration dans une application logicielle

- Interface utilisateur via une application web
- Serveur pour stockage des données
- Runners et wrappers pour intégration des modules techniques (surveillance de personnel, calcul de la dose)
- Modules techniques exécutés sur une machine locale ou un cluster distant
- API pour l'authentification des runners et pour récupérer et télécharger des données sur le serveur