Conception d'un outil de simulation numérique projetable

SPRA

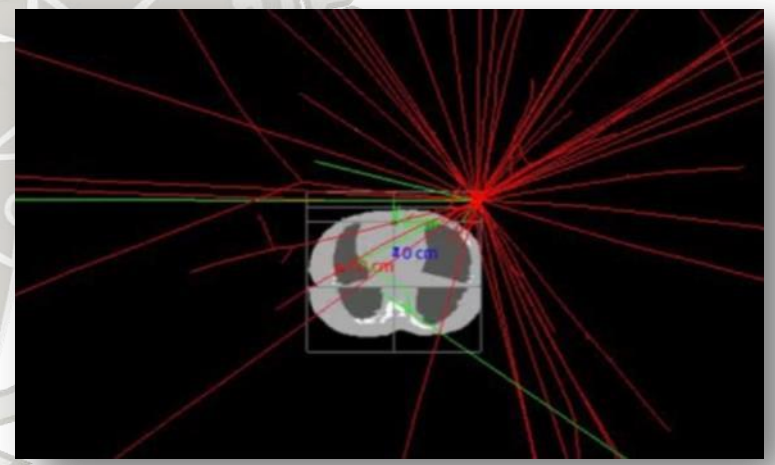
IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

École Doctorale PHENIICS Doctoral School

SFRP
Société Française de Radioprotection

Congrès national de radioprotection

Vendredi 9 juin 2017



Service de santé des armées

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE LA DÉFENSE

F. ENTINE - C. HUET - M. DONDEY - X. MICHEL - G. GAGNA
I. CLAIRAND - F. QUEINNEC - J. AIGUEPERSE - JC. AMABILE

Contexte

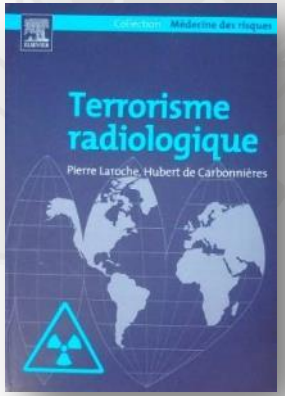
Industrie nucléaire

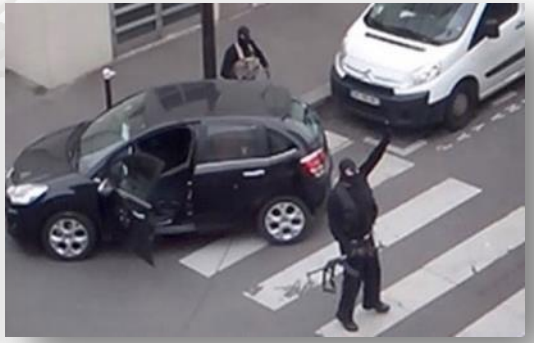
Nucléaire de défense

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Malveillance





Contexte

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Surexpositions d'origine médicale

LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Imagerie et stérilisation industrielle

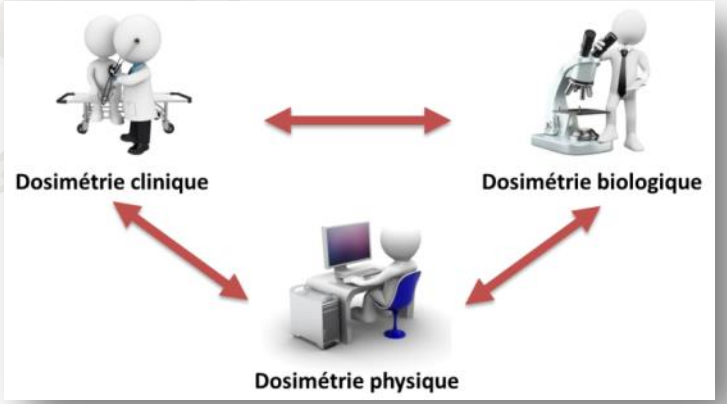
CONTAMINÉ	Victime	IRRADIÉ
Souvent à long terme	Survenue des effets	À court terme
Traitement	Priorité	Évaluation dosimétrique
Simple	Prise en charge	Complexe
Oui : protection de l'équipe soignante	Risque au contact	Aucun : pas de protection de l'équipe soignante

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Prise en charge des irradiés

LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Diagnostic



IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

multibiodose

- LE CONTEXTE
- LA PRIORITÉ
- **LE TRÉPIED**
- LES ENJEUX
- LES CHOIX
- L'ARCHITECTURE
- L'AVANCEMENT

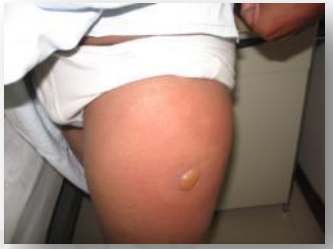
Irradiation globale : METREPOL

CLINIQUE

- Système neurovasculaire N
- Système hématopoïétique H
- Système cutané C
- Système gastro-intestinal G

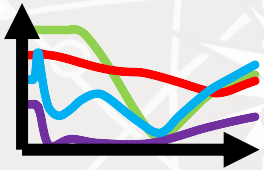
4,5 Gy

Irradiation localisée :



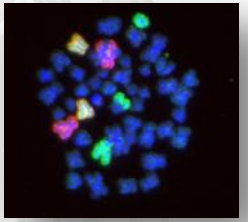
25 Gy

BIOLOGIE



Cinétique NFS

Dicentriques



FISH

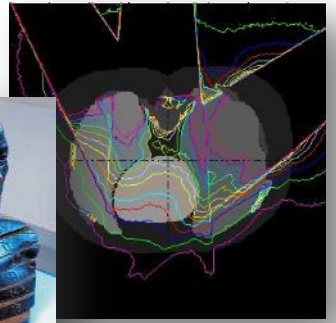
- FLT3-Ligand
- Citrulline
- Biologie moléculaire

Indicateurs de dommage

PHYSIQUE

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

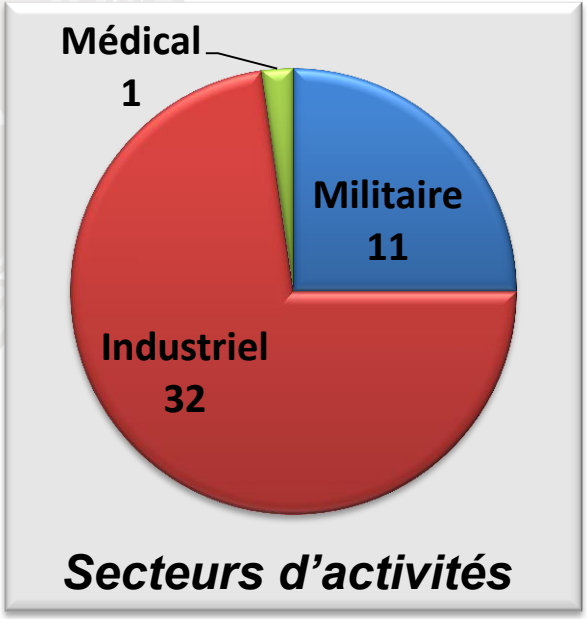
- Dosimètres passifs et opérationnels
- IRM (irradiation localisée)
- RPE / TL / OSL
  sur matériaux biologiques
  et non biologiques
- Reconstitution
  dosimétrique
  . Fantômes solides
  . Monte-Carlo



Le maillon manquant

- 2015 : revue de 44 victimes d'accidents d'irradiation entre 1997 et 2011, à partir de 12 accidents ayant bénéficié d'une expertise de l'IRSN
- Absence de dosimétrie passive ou opérationnelle
- Reconstitution par Monte Carlo dans 15 cas
- Pour 38 patients : fiabilité mauvaise ou médiocre des données d'entrée de la reconstitution

LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT



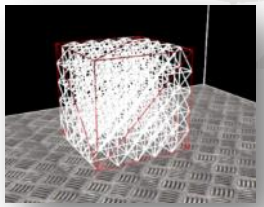
De la recherche à la dosimétrie de terrain

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

INNOVATION PARTICIPATION DEFENSE

DGA

- Binôme projetable médecin - physicien
- Au plus près de l'accident d'exposition aux rayonnements ionisants : fidélité des témoignages
- Calculateur mobile puissant
- Fantômes :

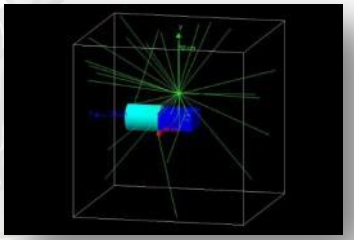


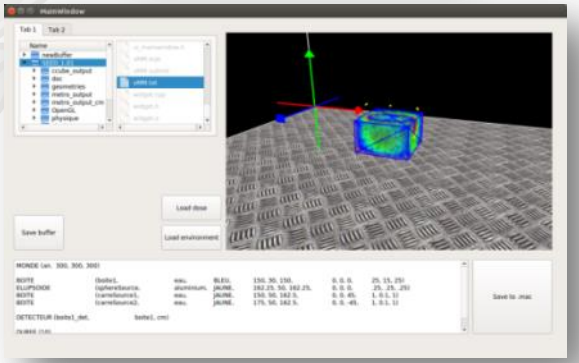
LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Choix technologiques

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

- Calculateur autonome
- Opérationnel 30 minutes après arrivée sur terrain
- Processeurs : type « Xéon » dernière génération, 72 cœurs à 2,3 GHz
- Code de calcul : Geant4
- Surcouche : Gate
  - Affichage 3D : openGL
  - Langage de programmation : C++
  - Prestation informatique externe pour conception d'une interface « user friendly » (Qt-3D)
  - Résolution spatiale contrainte (mm, cm, dm)





LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Architecture du logiciel

LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Fichier d'entrée

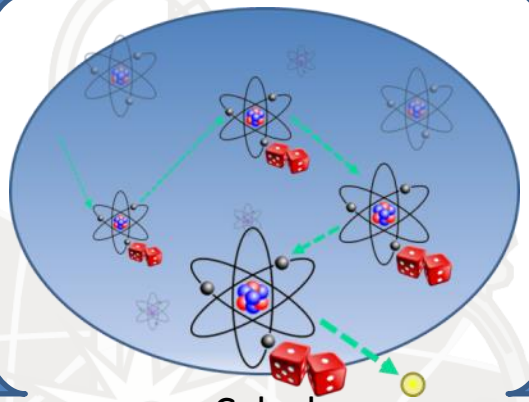
```
/gate/geometry/setMaterialDatabase GateMaterials.db

/gate/world/setMaterial Air
/gate/world/geometry/setXLength 100 cm
/gate/world/geometry/setYLength 100 cm
/gate/world/geometry/setZLength 100 cm

/gate/world/daughters/name Tronc
/gate/world/daughters/insert box
/gate/Tronc/setMaterial Water
/gate/Tronc/vis/setColor blue
/gate/Tronc/placement/setTranslation 0 0 0 cm
/gate/Tronc/geometry/setXLength 20 cm
/gate/Tronc/geometry/setYLength 10 cm
/gate/Tronc/geometry/setZLength 20 cm
/gate/Tronc/vis/forceSolid
```

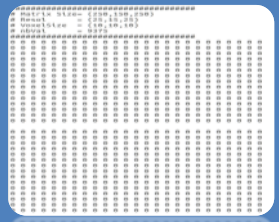
- Lisible par Geant4 / GATE
- Décrit la scène de l'accident

COEUR



Calcul Monte Carlo

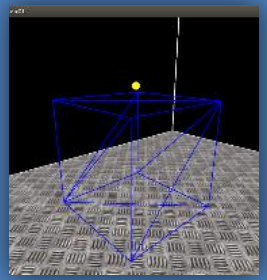
Fichier de sortie

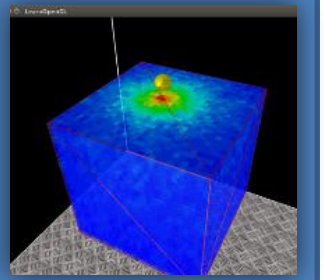


- Données brutes
- Suite de tableaux de données en 2D

Traduction de la scène 3D définie à la souris en fichier d'entrée

Interface homme-machine simple & ergonomique





- Sources
- Spectres
- Écrans

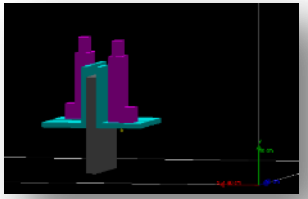
Interprétation des résultats

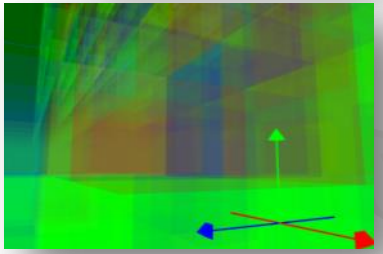
Affichage sous forme de calques

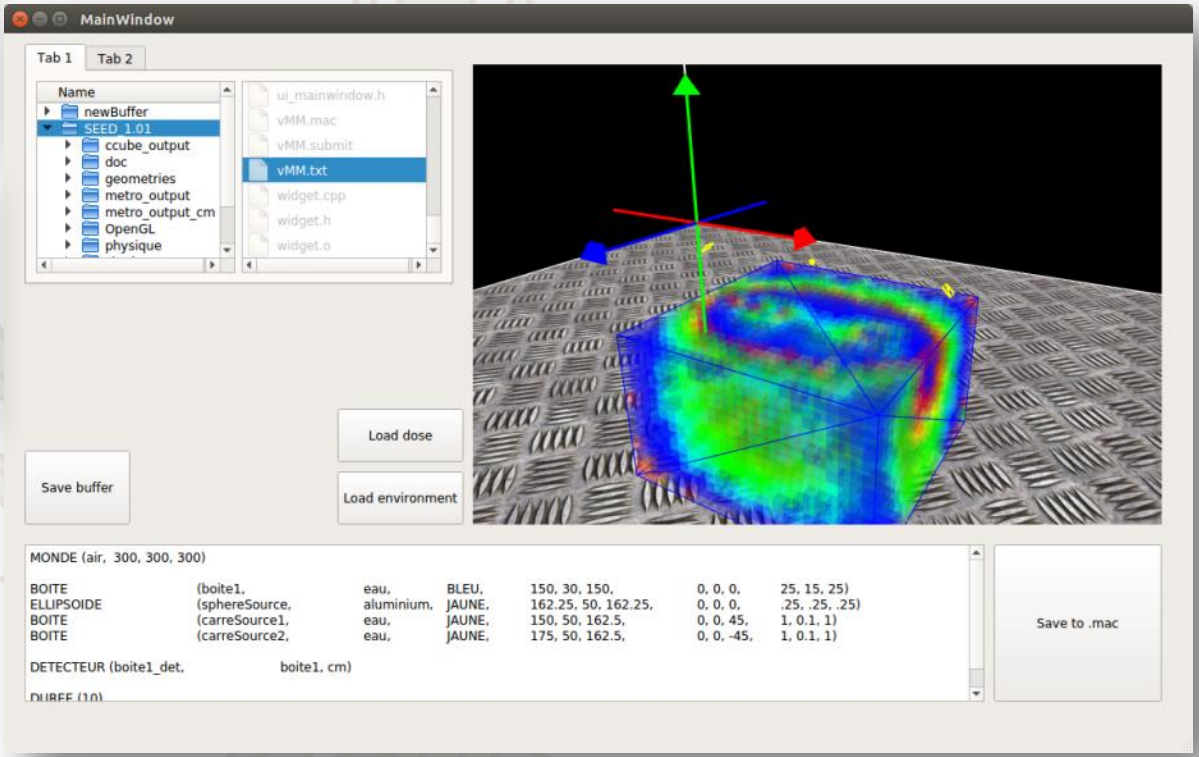
Superposition à la scène 3D

État d'avancement du projet

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE







LE CONTEXTE
LA PRIORITÉ
LE TRÉPIED
LES ENJEUX
LES CHOIX
L'ARCHITECTURE
L'AVANCEMENT

Superposition calques
Voxélisation

Validation phase 1

Constitution bibliothèques

Validation phase 2

2017 2018 2019

Références

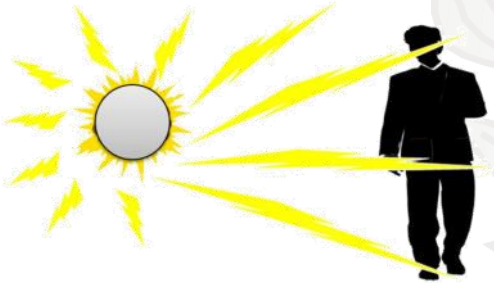
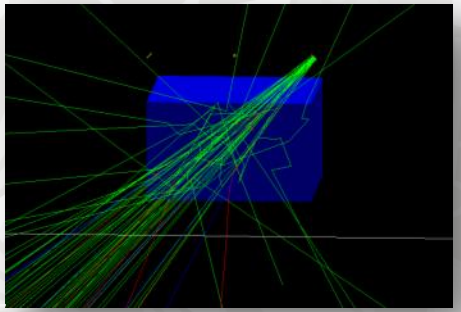
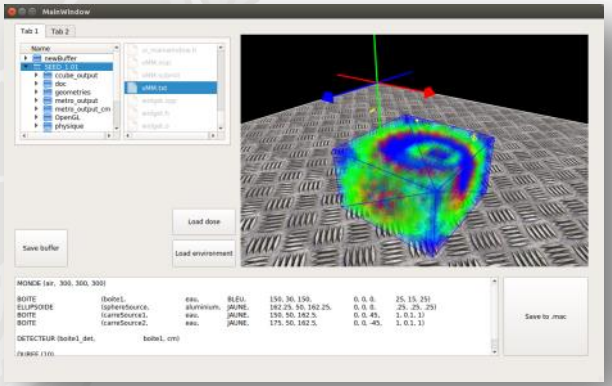
1. **LAROCHE, P; GAGNA, G.; CASTAGNET, X.; AMABILE, J.-C.** Risque radiologique : prise en charge médicale des victimes d'accidents radiologiques. [éd.] Elsevier Masson. *Encyclopédie Médico Chirurgicale.* décembre 2013, Vol. 8, 4.

2. **AINSBURY, EA.; BARNARD, S.; BARRIOS, L.; FATTIBENE, P.; DE GELDER, V.; GREGOIRE, E.; LINDHOLM, C.; LLOYD, D.; NERGAARD, I.; ROTHKAMM, K.; ROMM, H.;SCHERTHAN, H.; THIERENS, H.; VANDERVOORDE, C.; WODA, C.; WOJCIK, A.** Multibiodose radiation emergency triage categorization software. *Health Phys.* Jul 2014, Vol. 107, 1, pp. 83-89.

3. **TROMPIER, F.; BASSINET, C.; MONACA DELLA, S.** Overview of physical and biophysical techniques for accident dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry.* 2011, Vol. 144, 1-4, pp. 571-4.

4. **TROMPIER, F.; ROMANYUKHA, A.; REYES, R.; VEZIN, H.; QUEINNEC, F.; GOURIER, D.** State of the art in nail dosimetry: Free radicals identification and reaction mechanisms. *Radiation and Environmental Biophysics.* 2014, Vol. 53, 2, pp. 291-303.

5. **BASSINET, C.; WODA, C.; BORTOLIN, E.; DELLA MONACA, S.; FATTIBENE, P.; QUATTRINI, M.C.; BULANEK, B.; EKENDAHL, D.; BURBIDGE, C.I.; CAUWELS, V.; KOUROUKLA, E.; GEBER-BERGSTRAND, T.; MROZIK, A.; MARCZEWSKA, B.; BILSKI, P.; SHOLOM, S.; MCKEEVER, S.W.S.** Retrospective radiation dosimetry using OSL of electronic components: Results of an inter-laboratory comparison. *Radiat. Meas.* 2014, Vol. 71, pp. 475-79.

Conclusion

- Outil non voué à l'expertise fine
- Aide à l'estimation rapide des doses en cas d'irradiation
- Système autonome, projetable, mise en œuvre simple.