

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Codes de calculs
en radioprotection, radiophysique et dosimétrie

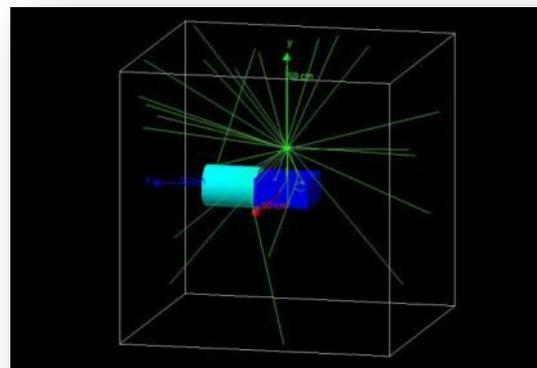


LE PROJET « SEED »

AU CŒUR DE LA SIMULATION NUMÉRIQUE DE TERRAIN

2 février 2018

Fabrice ENTINE



SPRA

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

CONTEXTE

- 2 -

CONTEXTE

CreDO

SOLUTIONS
TECHNIQUES

ARCHITECTURE

RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES
ÉTAPES

CONCLUSION



Nucléaire civil



Nucléaire
de défense



Applications
industrielles



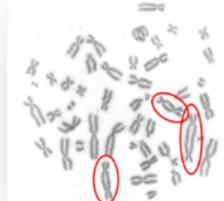
Terrorisme



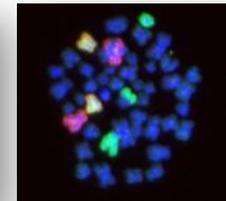
CLINIQUE



BIOLOGIE



Dicentriques



FISH

- FLT3-Ligand
- Citrulline
- Biologie moléculaire

Indicateurs
de dommage

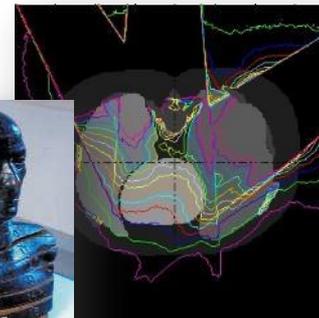


PHYSIQUE

Dosimétrie passive
et opérationnelle

Analyse
d'échantillons
(RPE / TL / OSL)

Reconstitution
dosimétrique



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

SPRA

CONTEXTE

- 3 -

CONTEXTE

CrEDO

SOLUTIONS
TECHNIQUES

ARCHITECTURE

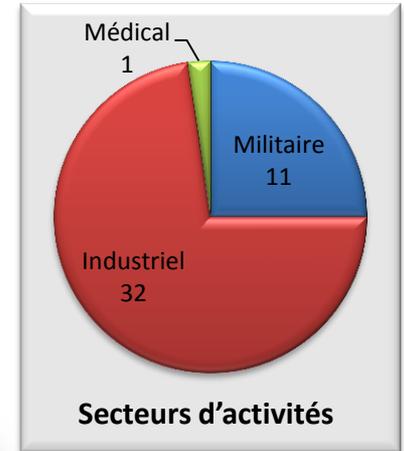
RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES
ÉTAPES

CONCLUSION

- 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
- Reconstitution par Monte Carlo pour 15 victimes
- Absence de dosimétrie passive ou opérationnelle
- Pour 38 patients : fiabilité mauvaise ou médiocre des données d'entrée de la reconstitution



SPRA

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



CONTEXTE

CReDO

SOLUTIONS TECHNIQUES

ARCHITECTURE

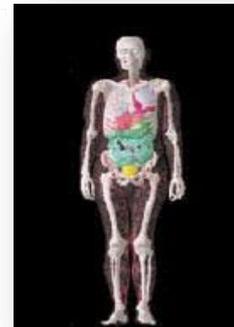
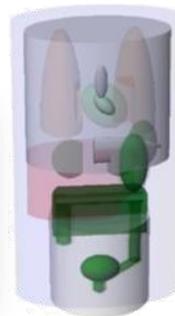
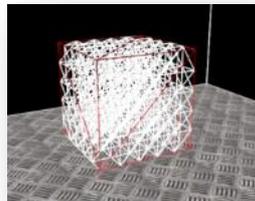
RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES ÉTAPES

CONCLUSION

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



SOLUTIONS TECHNIQUES

- 5 -

CONTEXTE

CReDO

SOLUTIONS TECHNIQUES

ARCHITECTURE

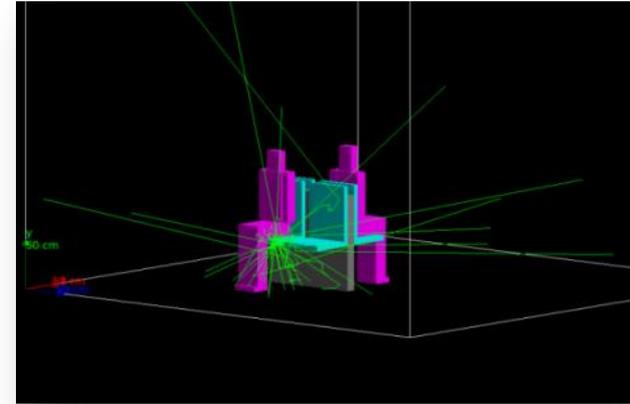
RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES
ÉTAPES

CONCLUSION

- Calculateur autonome
- Opérationnel 30 minutes après l'arrivée sur le terrain
- Processeurs : type « Xeon » dernière génération, 72 cœurs à 2,3 GHz
- Puissance CPU évolutive
- 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), centrée sur la FCS 3D
- Immersion dans la scène et navigation en caméra « 1^{ère} personne »
- Résolution spatiale contrainte (mm, cm, dm)
- Fichier « Buffer » avec format propriétaire simplifié



FCS 3D

```
MONDE (air, 10, 10, 10)
Forme Nom Matériau Couleur Position Rotation Dimensions
BOITE (boitel, eau, BLEU, 2, 1, 4, 0, 0, 0, 1.7, 1.7, 1.7)
ELLIPSOIDE (source, aluminium, JAUNE, 2.85, 2.85, 4.75, 0, 0, 0, 0.05, 0.05, 0.05)

SOURCE (source, POINT, 5.15, 6.85, 5.15, ISOTROPE, GAMMA, 5000, 150)

DETECTEUR (boitel_det, boitel, mm)

DUREE (10)
```



SPRA

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

ARCHITECTURE DU LOGICIEL « SEED »

- 6 -

- CONTEXTE
- CReDO
- SOLUTIONS TECHNIQUES
- ARCHITECTURE**
- RENDU 3D
- INTERFACE
- PROCHAINES ÉTAPES
- CONCLUSION

Fichier d'entrée

```
/gate/geometry/setMaterialDatabase GateMaterials.g...
/gate/world/setMaterial Air
/gate/world/geometry/setXLength 100 cm
/gate/world/geometry/setYLength 100 cm
/gate/world/geometry/setZLength 100 cm

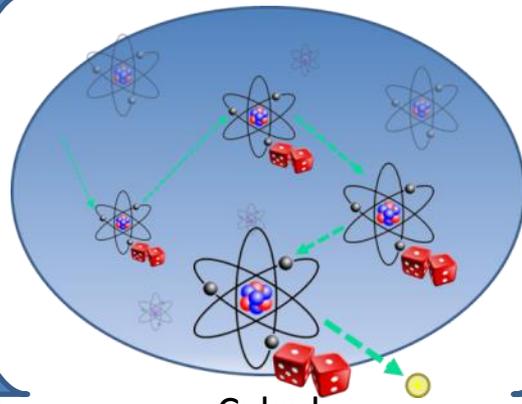
/gate/world/daughters/name Tronc
/gate/world/daughters/insert box
/gate/Tronc/setMaterial Water
/gate/Tronc/vis/setColor blue
/gate/Tronc/parameters/setTranslation 0 0 0 cm
/gate/Tronc/geometry/setXLength 20 cm
/gate/Tronc/geometry/setYLength 10 cm
/gate/Tronc/geometry/setZLength 20 cm
/gate/Tronc/vis/forceSolid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

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



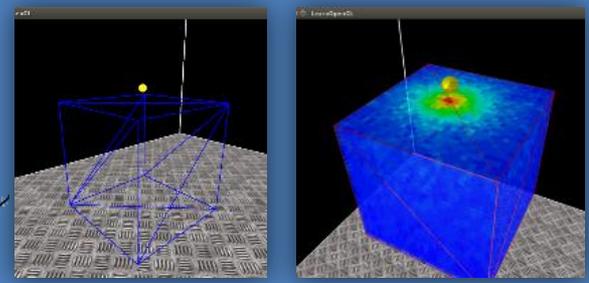
Traduction de la scène 3D définie à la souris en fichier d'entrée

COEUR



Calcul Monte Carlo

Interface homme-machine simple & ergonomique



Écrans Sources, spectres

Fichier de sortie

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

Interprétation des résultats

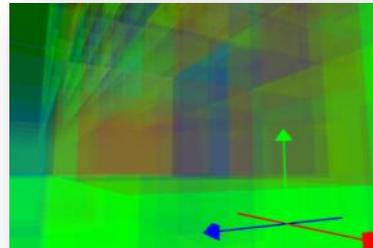
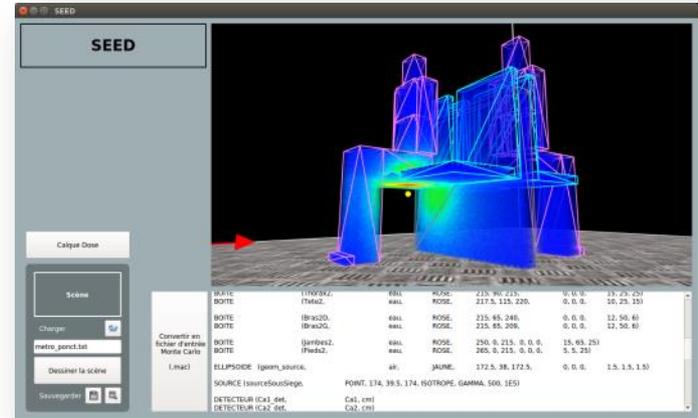
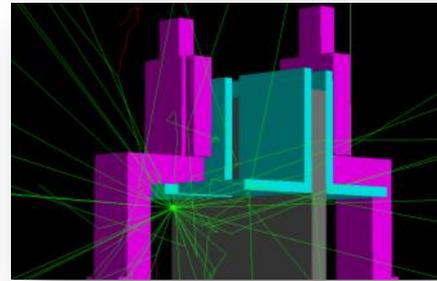
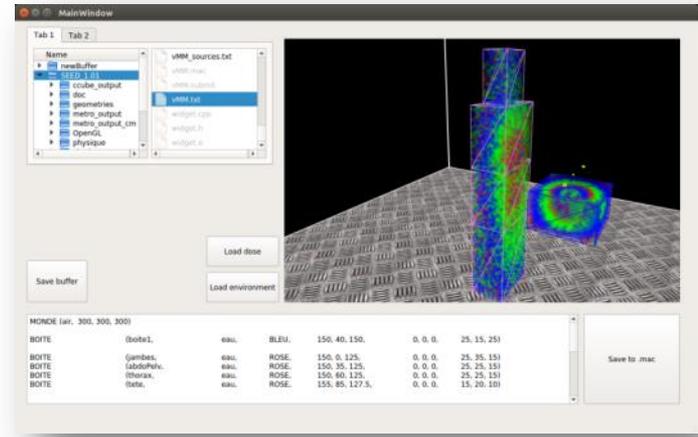
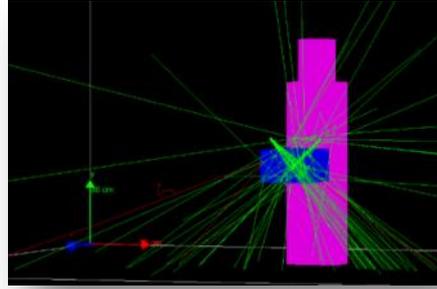
Affichage sous forme de calques

Superposition à la scène 3D

RENDU 3D

- 7 -

- CONTEXTE
- CReDO
- SOLUTIONS TECHNIQUES
- ARCHITECTURE
- RENDU 3D**
- INTERFACE
- PROCHAINES ÉTAPES
- CONCLUSION



Dose Fog



SPRA

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

INTERFACE

- 8 -

CONTEXTE

CReDO

SOLUTIONS
TECHNIQUES

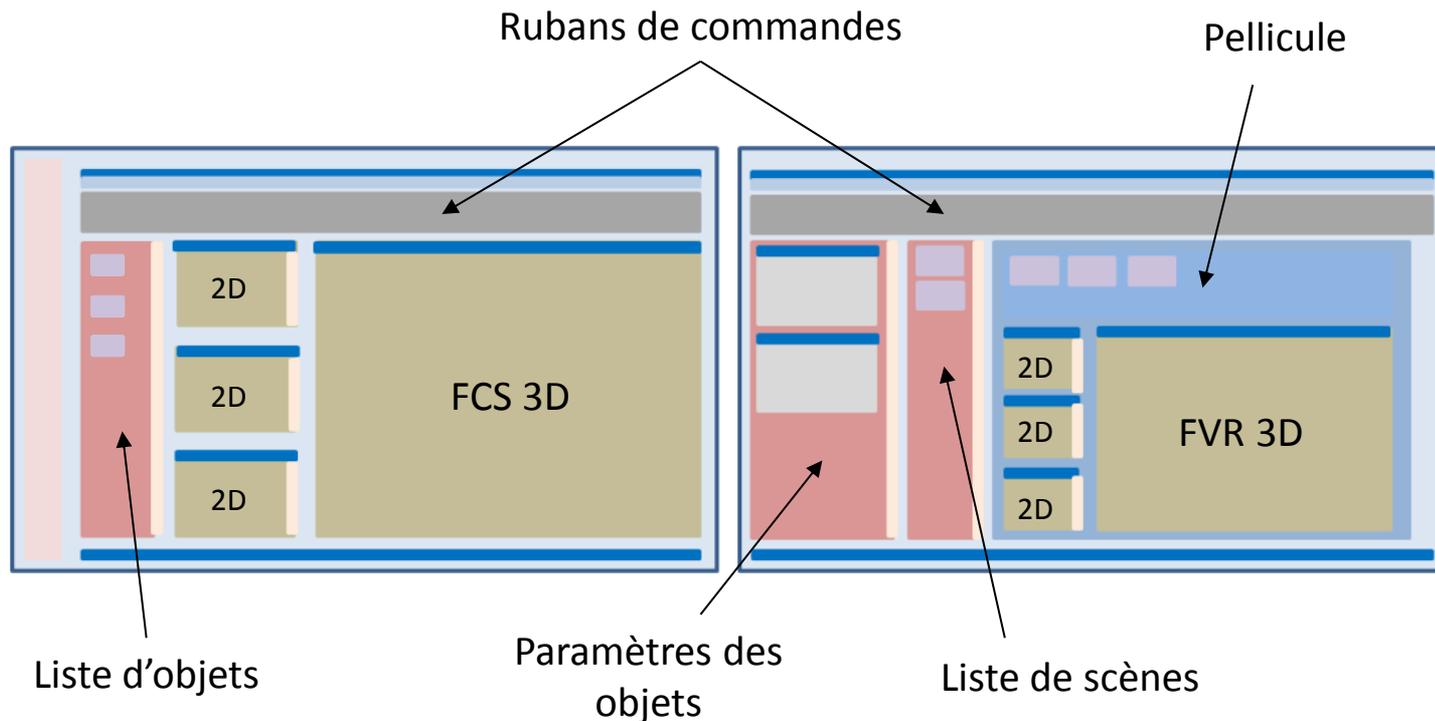
ARCHITECTURE

RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES
ÉTAPES

CONCLUSION



- Onglet « Fichier »
- Onglet « Modélisation »
- Onglet « Calcul »
- Onglet « Calques »
- Onglet « Scénarios »
- Onglet « Bibliothèques »
- ...



PROCHAINES ÉTAPES DU PROJET

- 9 -

CONTEXTE

CReDO

SOLUTIONS
TECHNIQUES

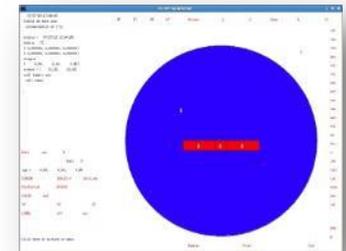
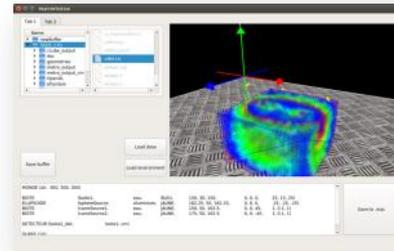
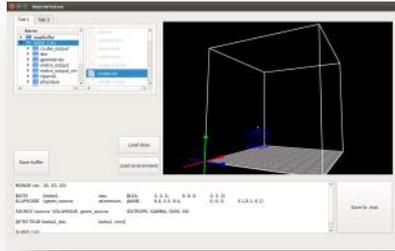
ARCHITECTURE

RENDU 3D

INTERFACE

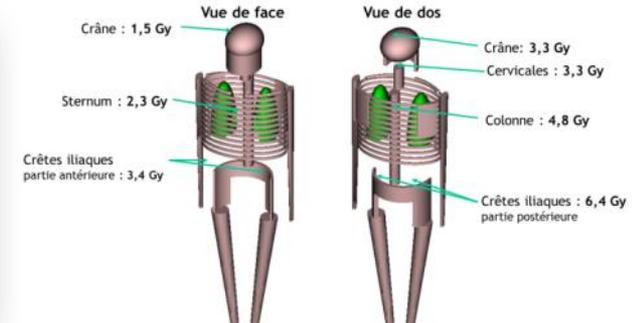
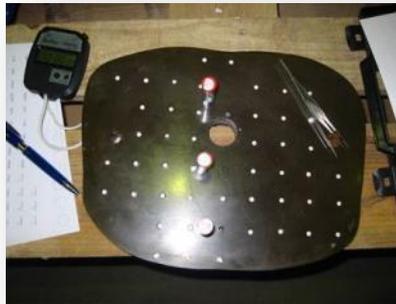
**PROCHAINES
ÉTAPES**

CONCLUSION



Validation phase 1

Validation phase 2



Superposition calques
Voxélisation

Validation
phase 1

Constitution
bibliothèques

Validation
phase 2

2017

2018

2019



SPRA

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

○ 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

- 11 -

CONTEXTE

CReDO

SOLUTIONS
TECHNIQUES

ARCHITECTURE

RENDU 3D

INTERFACE

PROCHAINES
ÉTAPES

CONCLUSION

- Outil non voué à l'expertise fine
- Aide à l'estimation rapide des doses en cas d'irradiation

BESOIN MÉDICAL

- Système autonome, projetable, mise en œuvre simple

