



FORMATION RÉALISTE A LA RADIOPROTECTION AVEC LE CHANTIER ÉCOLE RADIOPROTECTION NUMÉRIQUE

25-26 mars 2014

Journées SFRP Codes de calcul en radioprotection,
radiophysique et dosimétrie

Estelle Courageot, Emmanuelle Gaillard-Lecanu,
Reinald Kutschera, Gaëlle Le Meur, Fabien Uzio

EDF LAB/ STEP, Chatou

SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DU CERNUM

Contexte et objectifs

Réponse proposée par la R&D

Principe du CERNUM

2. FAISABILITÉ DE L'IMPLÉMENTATION DU CODE GEANT4

Présentation des codes utilisés pour le CERNUM

Présentation et validation de la géométrie

Validation par calcul

3. IMPLÉMENTATION DE LA PARALLÉLISATION

Validation et conséquences

4. CONCLUSION

CONTEXTE ET OBJECTIFS

- Solution de formation la plus réaliste possible pour former les intervenants, les chargés de travaux, le service de prévention des risques du site.
- S'affranchir de l'utilisation de sources radioactives réelles par la simulation.
 - Sensibiliser à la dosimétrie individuelle et collective.
 - Détecter et mesurer une ambiance et/ou des points chauds.
 - Faire un zonage.
- Simuler les protections biologiques.
 - Ecran de protection en plomb / Mise en eau d'une tuyauterie.
- ...tout en sensibilisant toujours aux risques conventionnels.
 - Anoxie, ATEX, ...



RÉPONSE PROPOSÉE PAR LA R&D

- **IDEE** : mettre les intervenants dans un environnement le plus réaliste possible sans exposition réelle.

Couplage avec un système de géolocalisation pour repérer les stagiaires

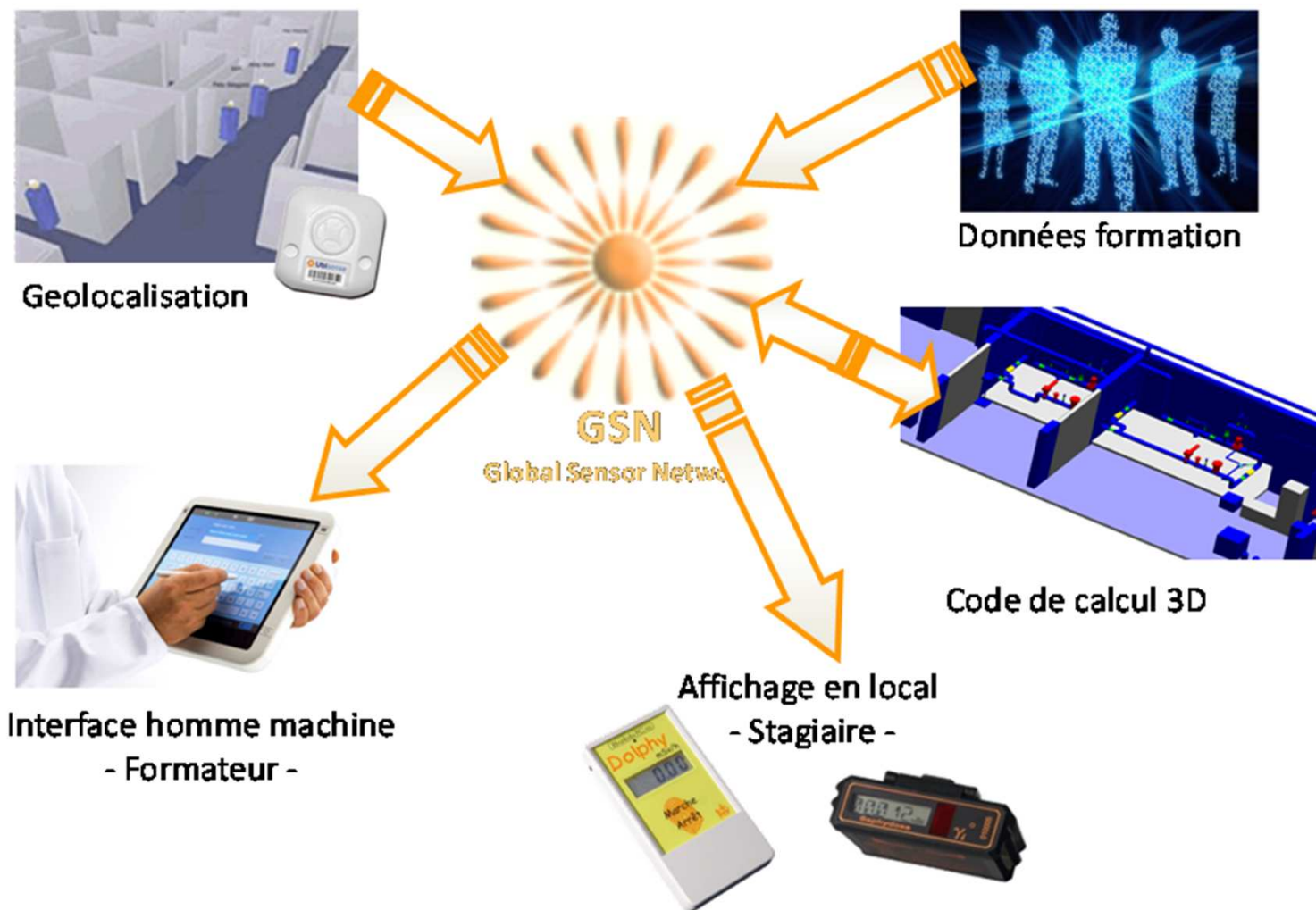
Solution basée sur le principe de la virtualisation de la dosimétrie

Solution intégratrice et de communication

Interaction en temps réel entre le formateur et le scénario de formation

Simulation du système de mesure pour la restitution

PRINCIPE DU CERNUM



RESTITUTION RÉALISTE SUR LE TERRAIN

Dosimètre



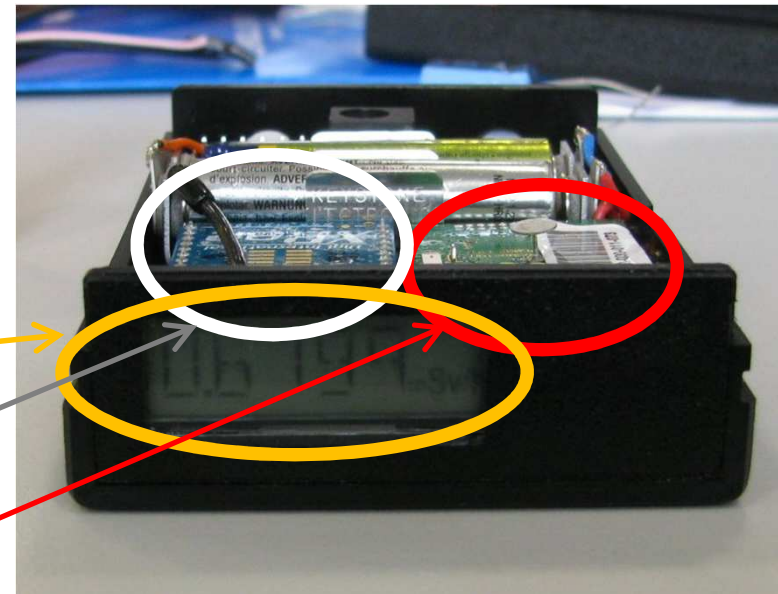
Radiamètre



Affichage

Récepteur

Geolocalisation



FOCUS SUR LES CODES DE CALCULS

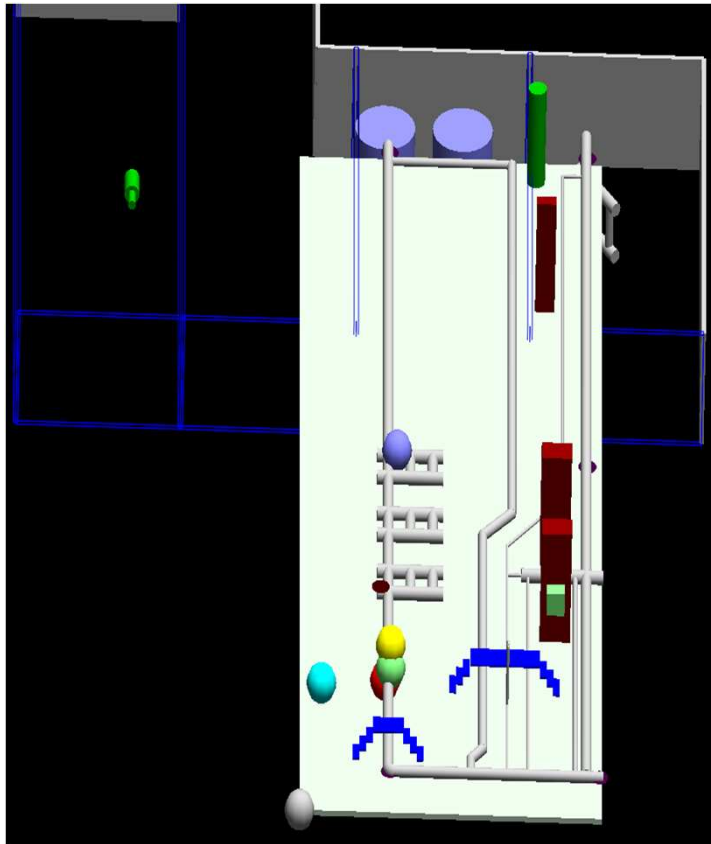
■ MODERATO

- Code de calcul sur un modèle de propagation en ligne droite.
- Propriété d'EDF.
- Possède une interface graphique intégrée permettant de construire la géométrie en quelques clics.
- Ne permet pas la modélisation d'une ambiance.
- Format du fichier d'entrée propriété d'EDF.

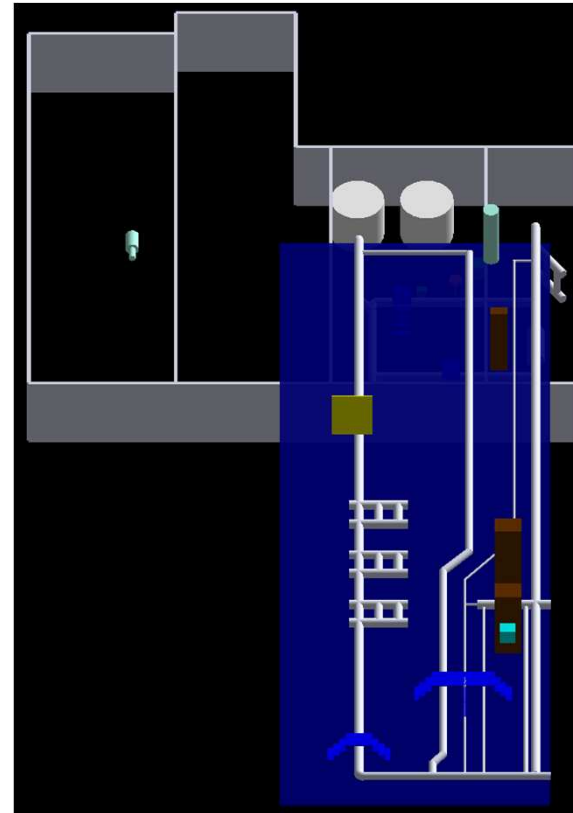
■ GÉANT4

- Code de calcul sur le principe Monte Carlo.
- Code en libre accès et possède une grande communauté d'utilisateurs.
- Plusieurs formats de modélisations compatibles (GDML, CAD).
- Code en C++.
- Permet la création d'une ambiance radiologique dans un local et d'y ajouter des points chauds.

VALIDATION : ÉTAPE 1 – LA GÉOMÉTRIE



Modélisation MODERATO



Modélisation GÉANT4

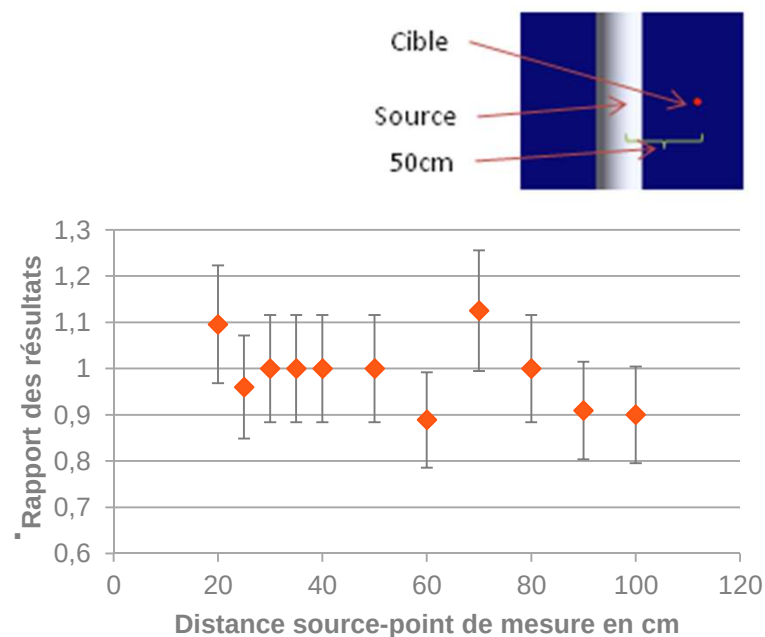
- Création d'un parseur pour passer du format standard EDF « Modérato » au format Géant4 via un format GDML (XML).
- Validation géométrique pour la correspondance durant la transformation.

VALIDATION: ÉTAPE 2 - LE POINT CHAUD ET L'AMBIANCE

- Comparaison de $H^*(10)$ calculé par MCNPX et Géant4

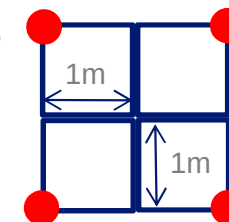
- MCNPX : Utilisation d'un tally F5 modifié (cipr 74)
- Géant4 : Comptage d'un nombre de particules par unité de surface et implémentation d'un découpage en énergie issu de la CIPR 74

- Création d'une géométrie simple pour validation standard.



- Création d'une source placée au dessus de la scène à 5 m, pour une ambiance de travail à 0,2 mSv/h.

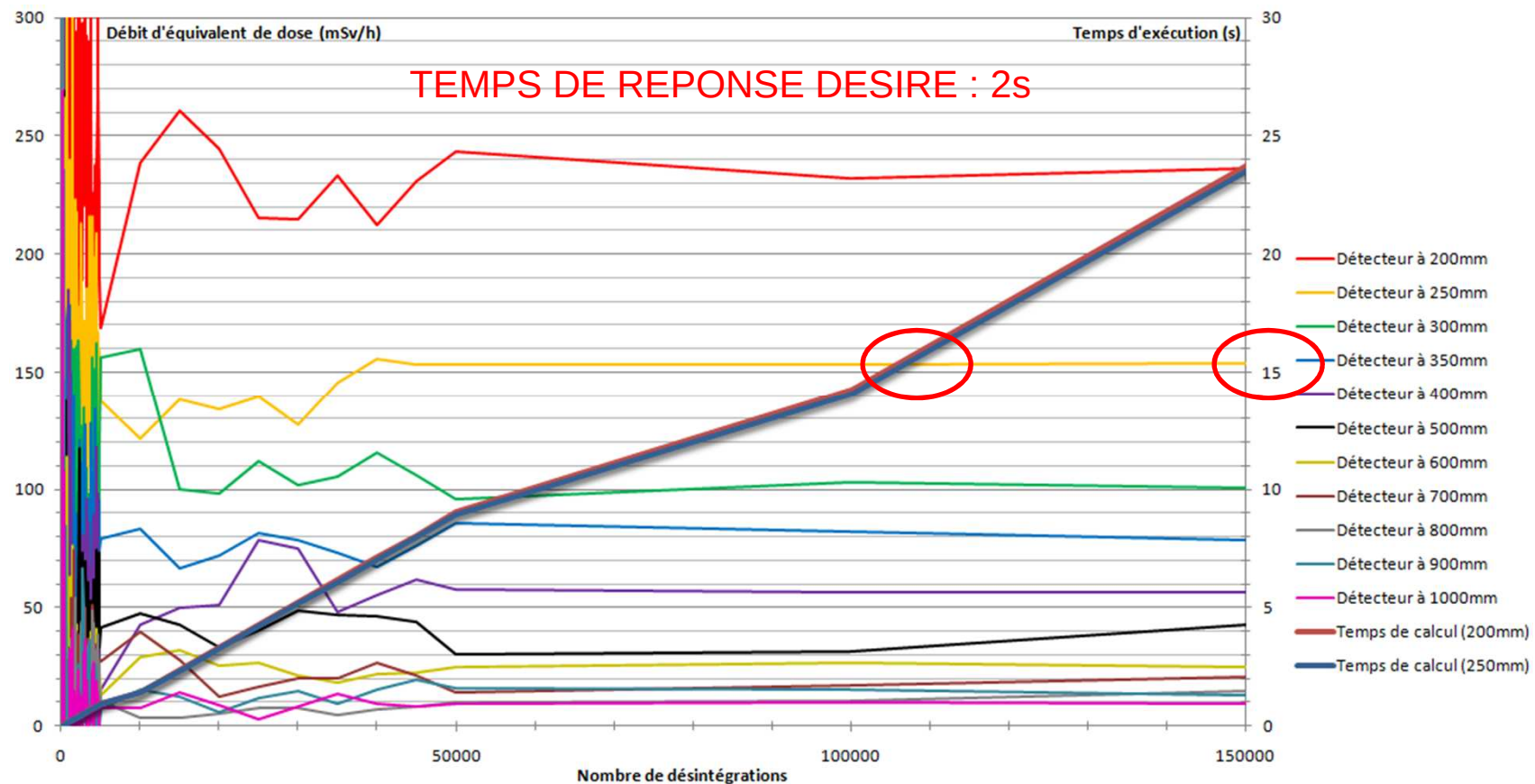
- Création de points de calcul situés au niveau du sol sur un maillage de 1m



Geant4 (mSv/h)	MCNPX (mSv/h)
0,21 (3%)	0,28 (5%)
0,22 (3%)	0,28 (5%)
0,20 (3%)	0,28 (5%)
0,21 (3%)	0,28 (5%)

IMPLÉMENTATION DE LA PARALLÉLISATION POUR LES BESOINS D'UN CALCUL TEMPS RÉEL

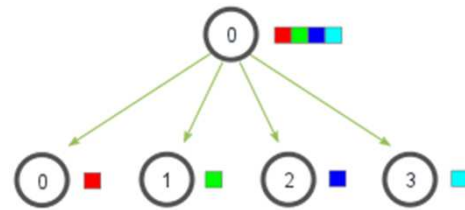
- Évaluation du temps de calcul en utilisant le mode standard
 - Besoin d'environ 15 secondes pour un calcul pour 100000 histoires



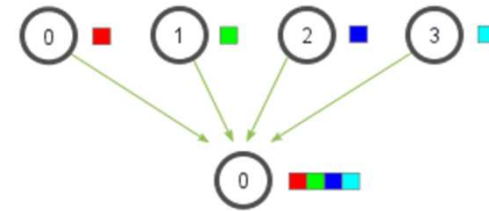
IMPLÉMENTATION DE LA PARALLÉLISATION POUR LES BESOINS D'UN CALCUL TEMPS RÉEL

- Utilisation d'OpenMPI : lancement d'un nombre souhaité d'instances Géant4

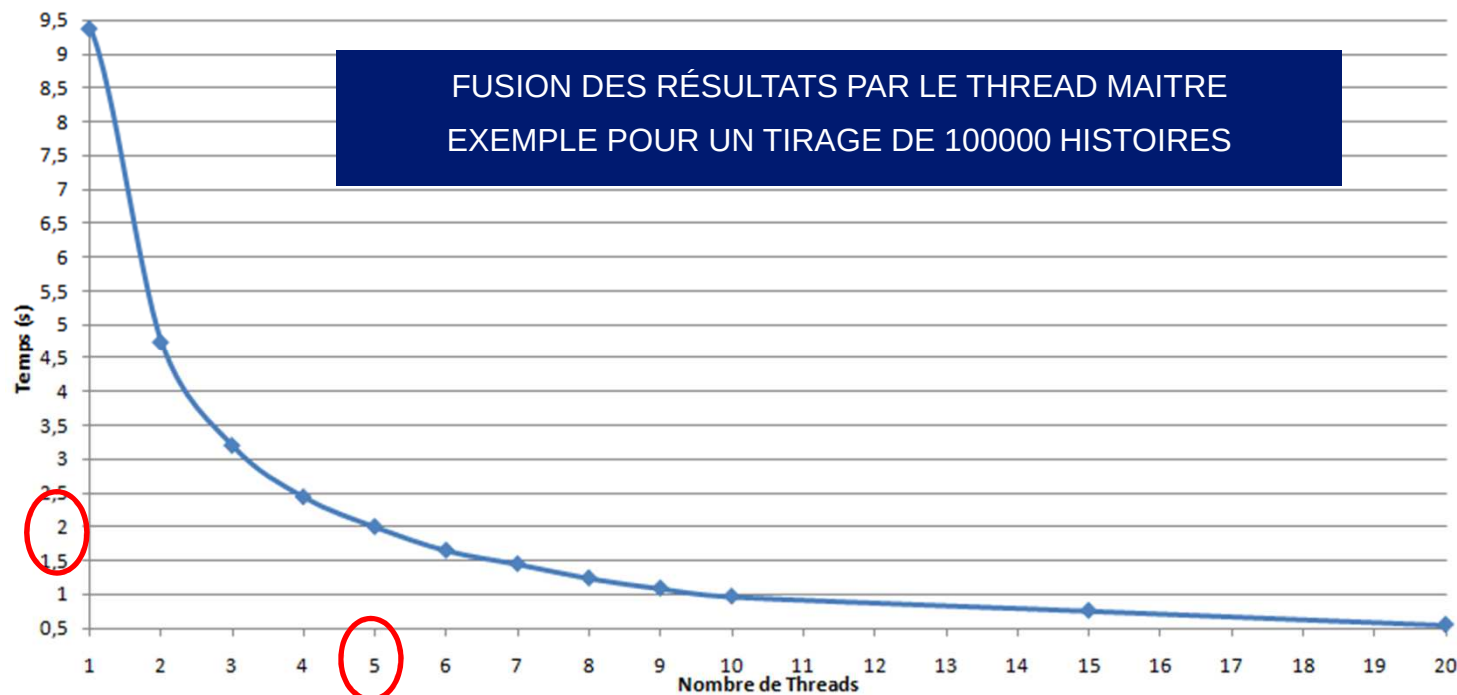
- Instance Maître
- Instance Esclave



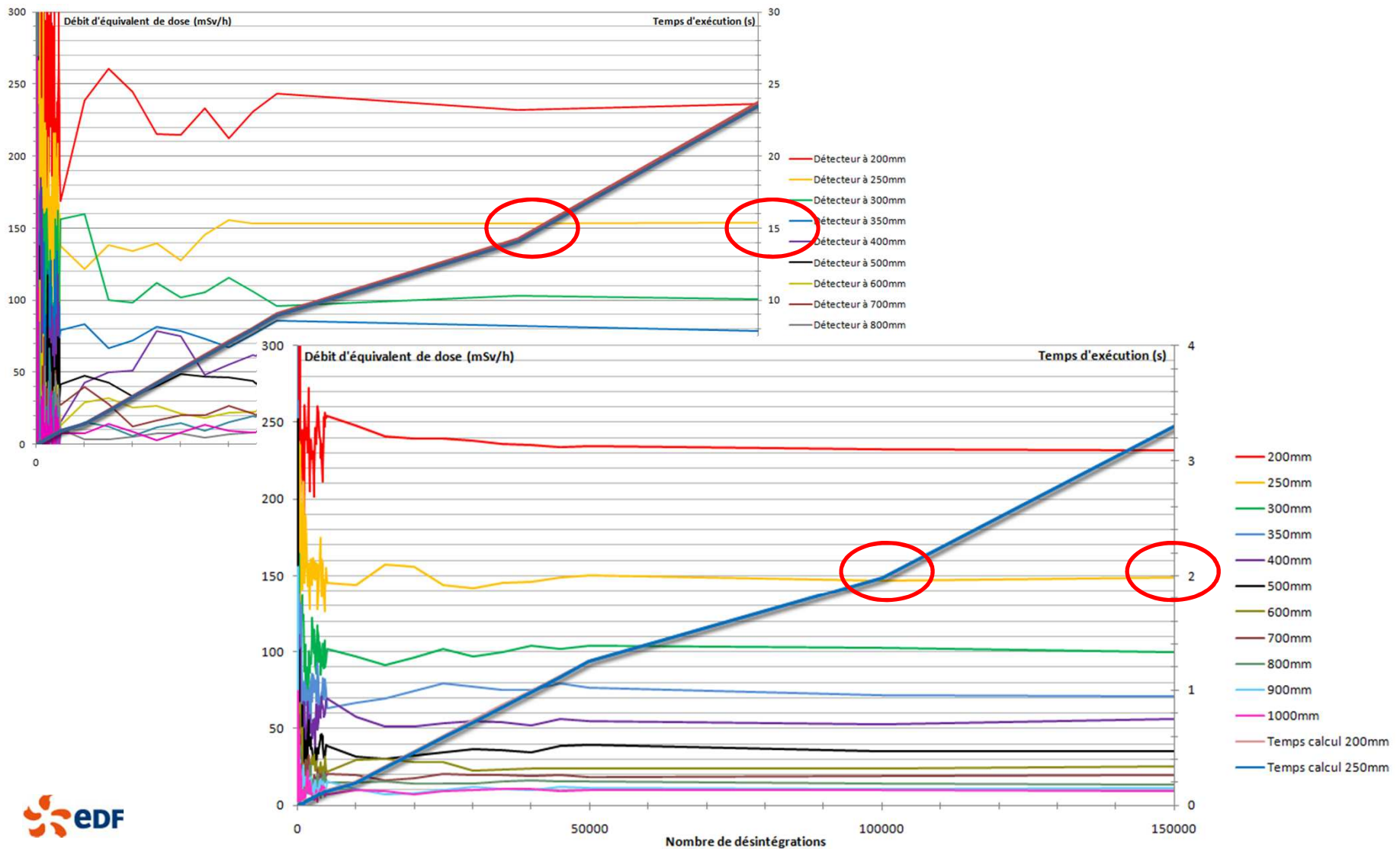
Envoi des informations par le thread maître aux esclaves



Récupération des données issues des threads esclaves vers le thread maître

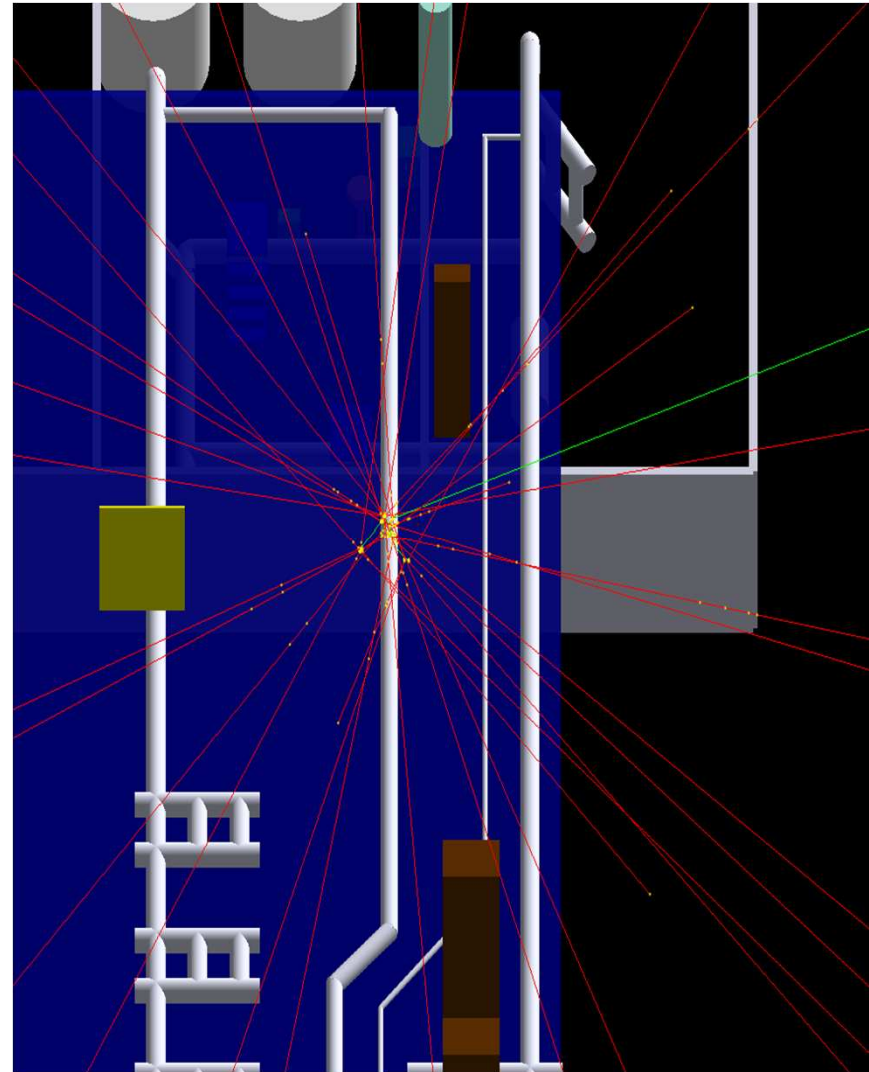


IMPLÉMENTATION DE LA PARALLÉLISATION POUR LES BESOINS D'UN CALCUL TEMPS RÉEL



CONCLUSION

- Création d'une nouvelle solution de formation permettant l'immersion des stagiaires dans un environnement radiologique réaliste mais sans aucun risque d'exposition.
- Immersion avec affichage sur des appareils de mesure fictifs à l'image des appareils de terrain
- Validation de la modélisation de la plate-forme de démonstration :
 - Géométrie
 - Calcul de $H^*(10)$
- Prise en compte du geste métier par le code de calcul GÉANT4:
 - Temps de réponse du détecteur compatible avec le temps de mesure sur le terrain.



PERSPECTIVES

- **Création d'une ambiance de travail sur tout le chantier:**

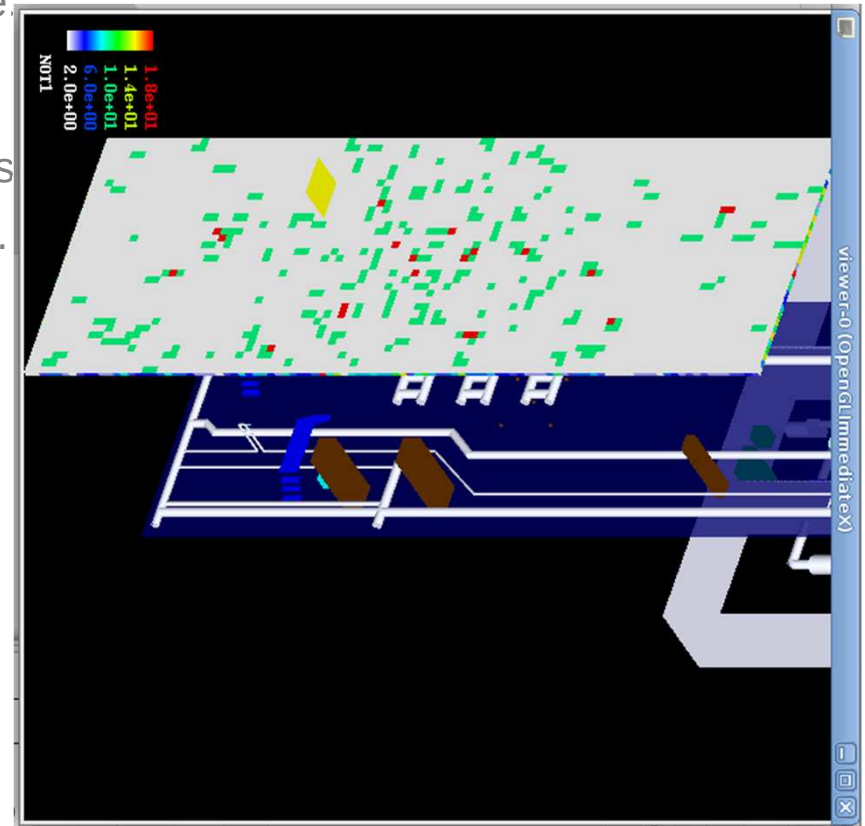
- Création d'un Mesh sur la totalité du volume du chantier.
- Validation d'un $H^*(10)$ en tout points de l'espace.

- **Augmentation du réalisme :**

- Situation multi-sources, ambiance/points chauds
- Installation et effets des protections biologiques.

- **Utilisation de la version 10 de GÉANT4**
qui comprend un module de parallélisation.

- **Evolution des moyens de mesure fictifs**
pour la RP (balise gamma) ou
PR (oxygénomètre).



MERCI