

Outils Monte Carlo d'aide à la conception de composants électroniques

Nicolas MARY, TRAD Tests & radiations

03/06/2022



TRAD TESTS & RADIATIONS



Depuis près de 25 ans, TRAD, Tests & Radiations, accompagne ses clients dans leurs projets impliquant des problématiques de radiation.

De la **SIMULATION** au **TEST** de :

- Processus industriel
- Composants et matériaux
- Équipement
- Bâtiments entiers

AERON-
AUTIQUE

MEDICAL

NUCLÉAIRE

ESPACE



1994
Année de
création



Labège (31)
Montpellier (34)



+75
Employés



8.5M€ de
CA

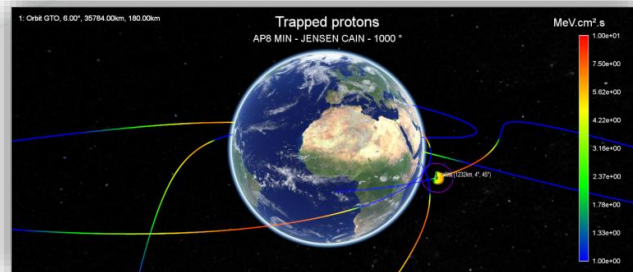
TRAD TESTS & RADIATIONS



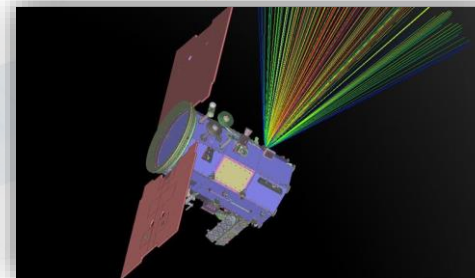
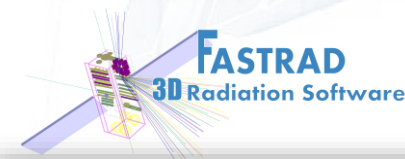
Tout sur l'analyse de l'effet des radiations sur **Les composants électriques – Les matériaux – Les équipements – Les bâtiments**

**LOGICIELS POUR
LE SPATIAL
&
LE NUCLEAIRE**

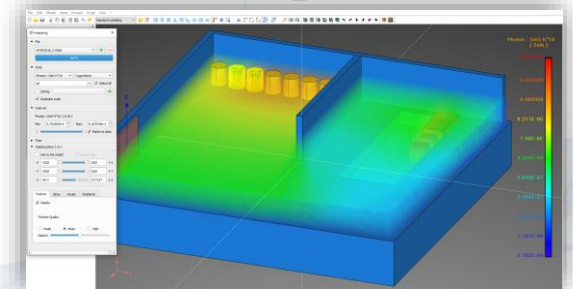
OMERE



www.trad.fr



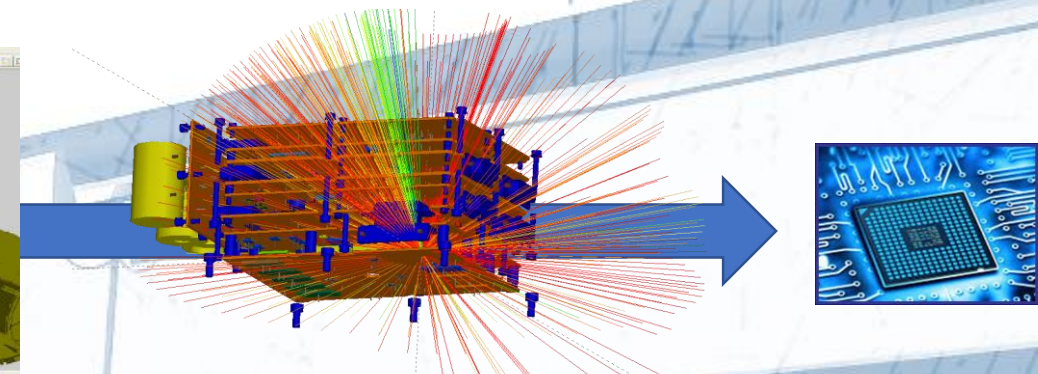
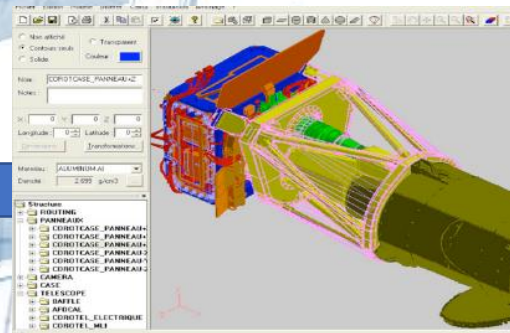
www.fastrad.net



www.rayxpert.com

Domaine spatial

- Définition des spécifications relatives aux radiations
 - Analyse des spécifications de l'environnement (**OMERE**)
 - Garantie de tenue aux radiations
- Modélisation 3D et calcul de dose avec **FASTRAD**
 - Dose reçue par chaque composant,
 - Optimisation du blindage
- Analyse de la sensibilité des composants (TID, TNID, SEE)
 - Internal data, Single Event Effect calculations, etc.
 - Sélection de composants et propositions d'alternatives
 - Options techniques



OMERE



Ceinture de Van Allen

- *Proton [keV – 500 MeV]*
- *Electrons [eV – 10 MeV]*

Vent solaire

- *Protons [keV – 500 MeV]*
- *Ions [1-100 MeV/n]*

Rayons cosmiques

- *Ions [300 MeV/n]*

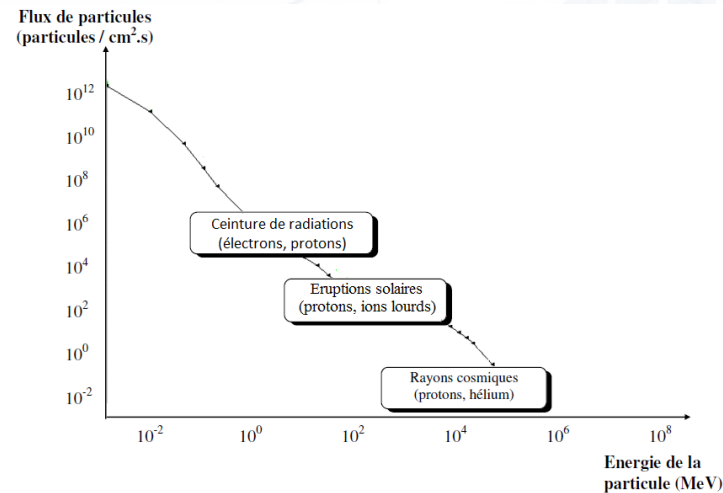
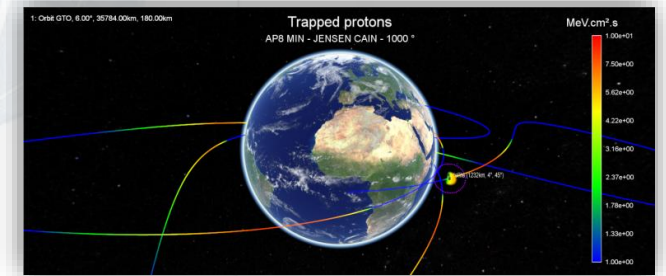


Figure 1-7 : Description des différentes composantes de l'environnement radiatif spatial. Variations des flux de particules en fonction de leur énergie [ANAPRO].

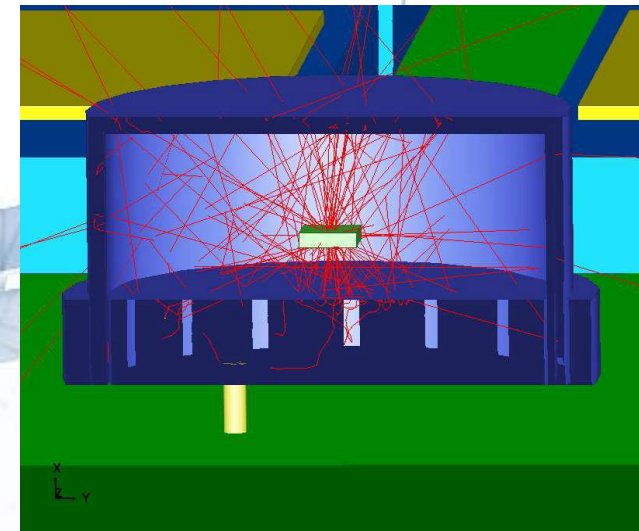
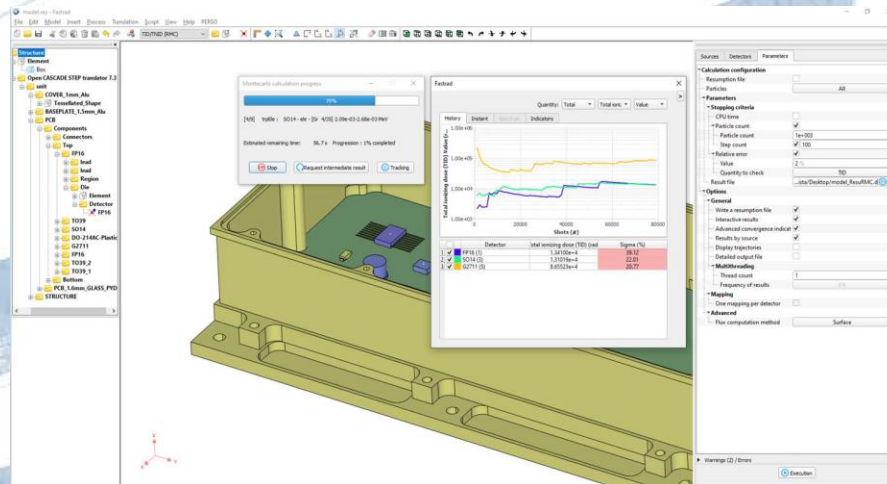
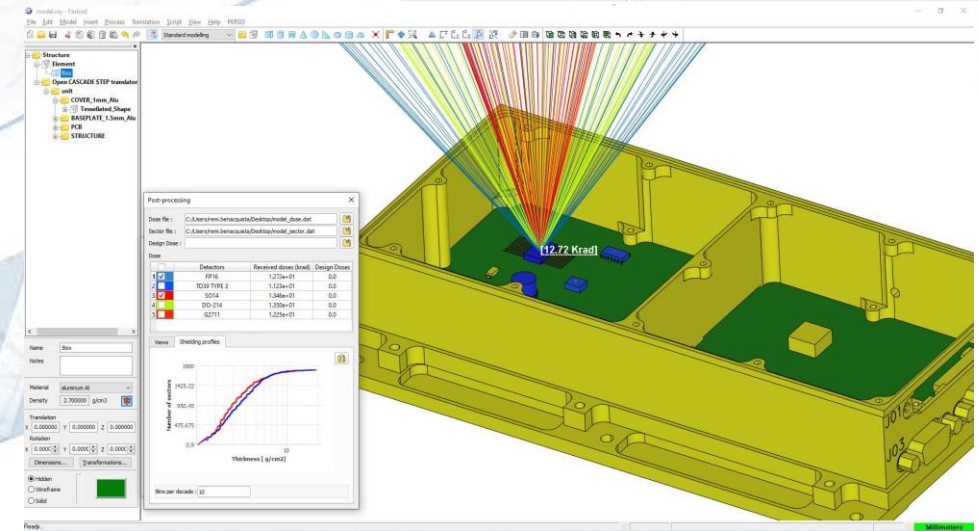


www.trad.fr

FASTRAD



- **Particules – 1 keV à 1 GeV**
 - Electrons (primaires et secondaires)
 - Photons (primaires et secondaires)
 - Protons (primaires)
- Interface graphique (moteur 3D *Open Cascade*)
- Import de fichiers STEP
- Calcul Monte Carlo (forward et reverse)
- Analyse sectorielle - RayTracing



Tests de composants



Moyens internes

TID Co60 (GAMRAY)

Source Cf-252

Simulateur de protons solaires

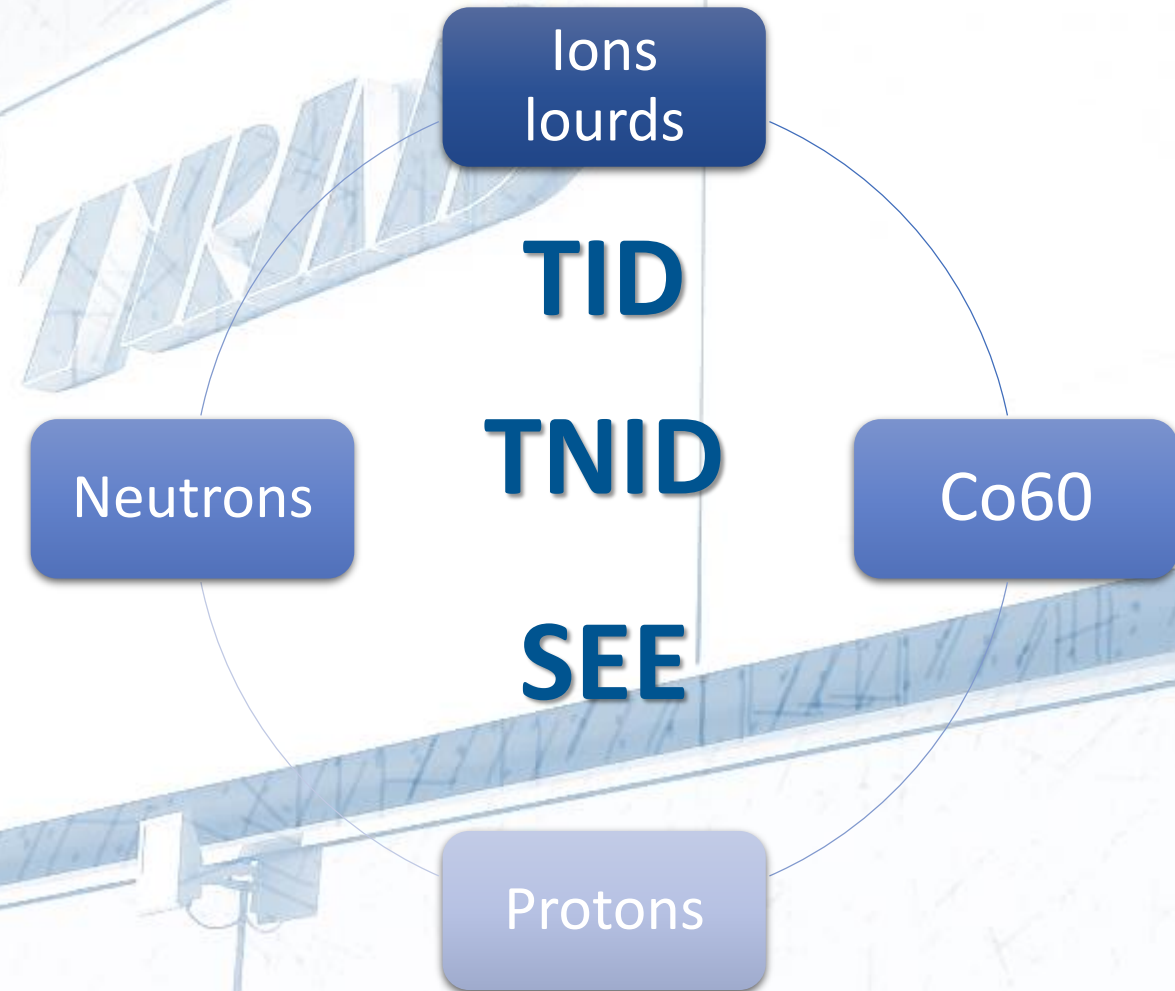
Laser YAG

Linac électron 1-4 MeV

Moyens externes

Accès à des LET d'ions lourds jusqu'à 97.6 MeV-cm²/mg

Particules énergétiques jusqu'à 210 MeV



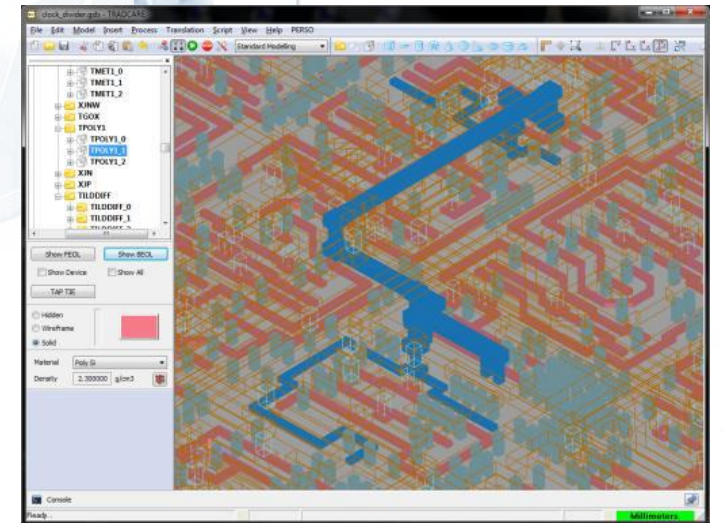
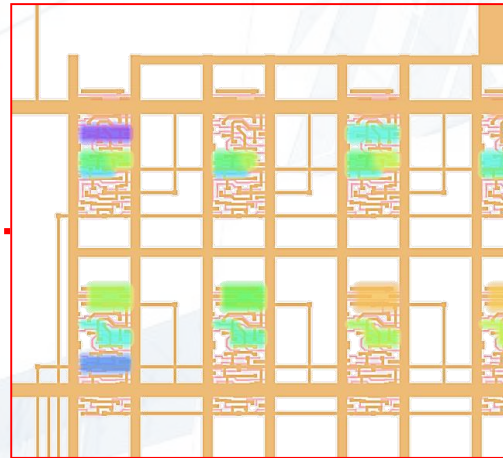
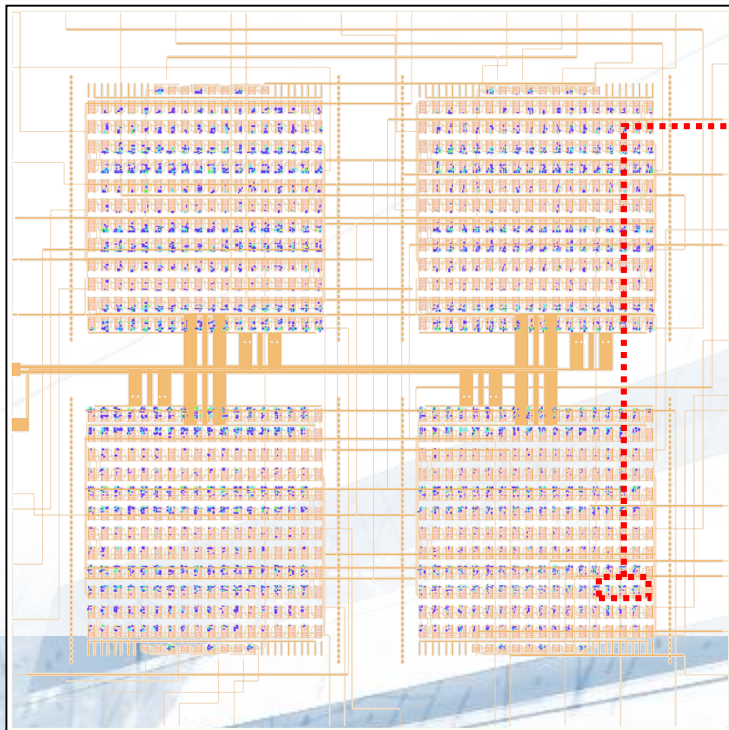
Logiciel TRADCARE



En développement :

TRADCARE

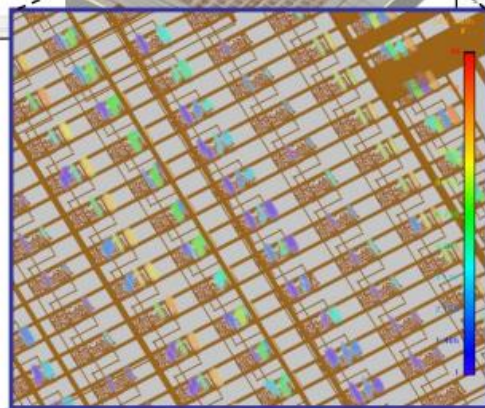
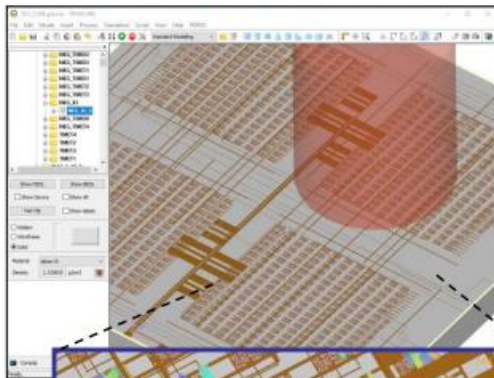
Simulation de circuits imprimés & composants électroniques



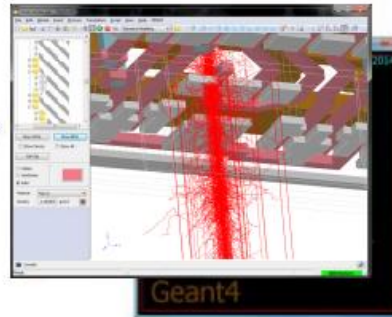
Logiciel TRADCARE

Principe simulation SEE

GDS : Structure 3D générée à partir du layout du circuit



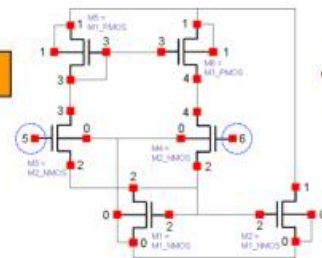
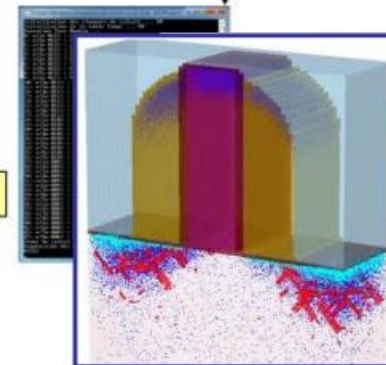
Post traitement : mapping des points sensibles



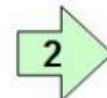
Transport des particules



Transport des charges



Simulation électrique

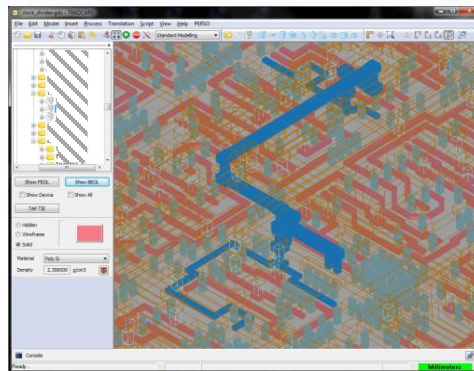


Logiciel TRADCARE

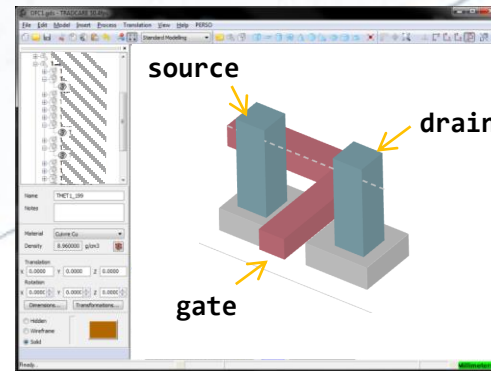
- Caractéristiques principales



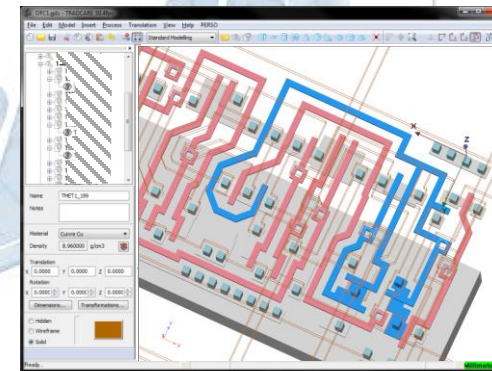
Surbrillance



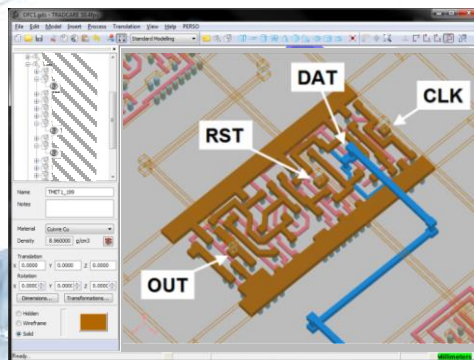
Extraction des transistors



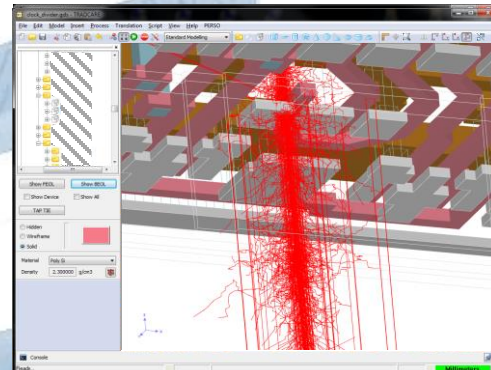
Extraction de la netlist



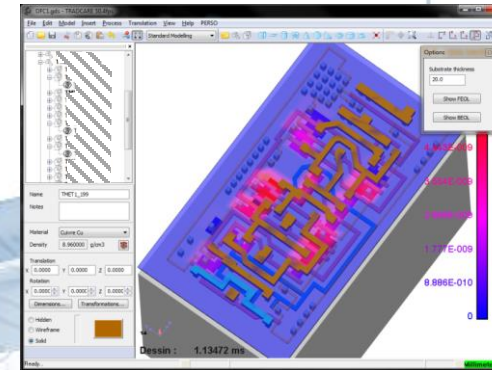
Simulation électrique



Configuration faisceau



Post traitement



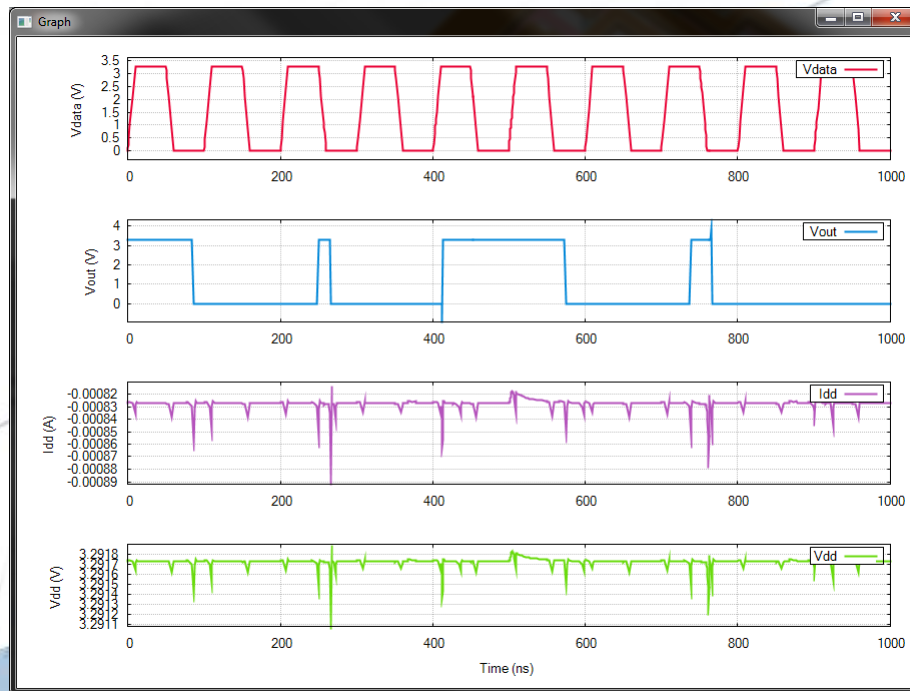
Logiciel TRADCARE



- Surveillance des signaux électriques
 - Chronogrammes en temps réel



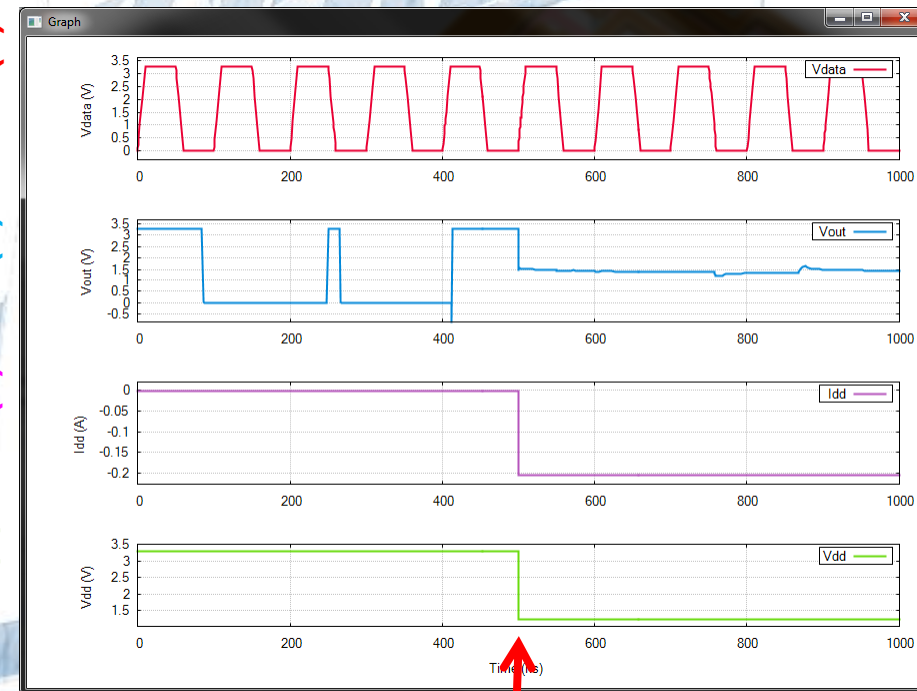
Fonctionnement normal



Time (ns)



Perturbation sous le faisceau d'ions

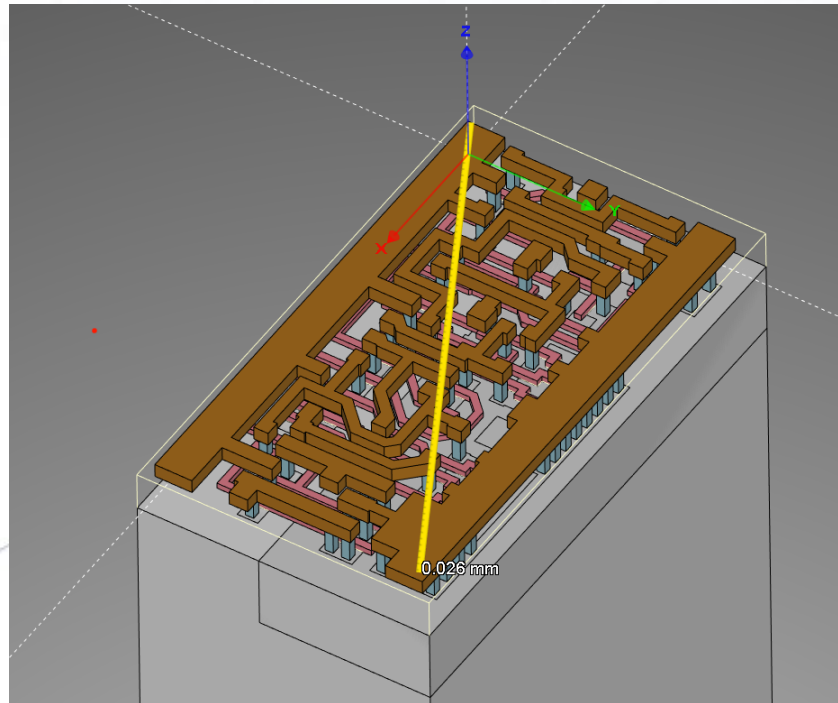


Time (ns)

Logiciel TRADCARE

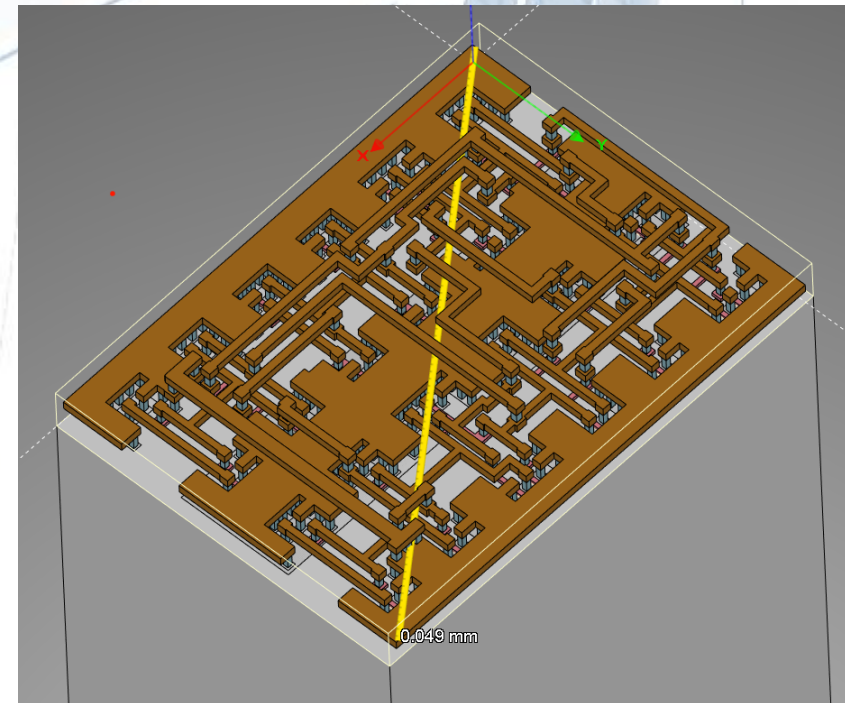
VS

Cell FF standard



Ø 25 µm

Cell FF durci

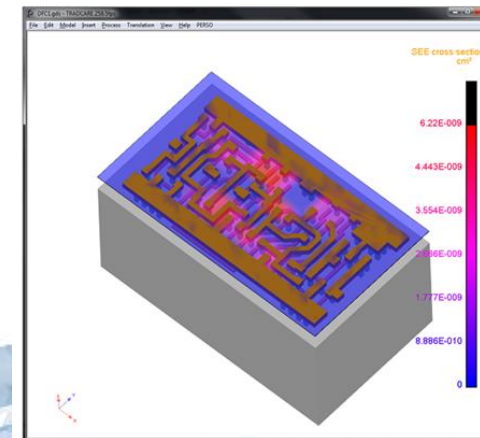
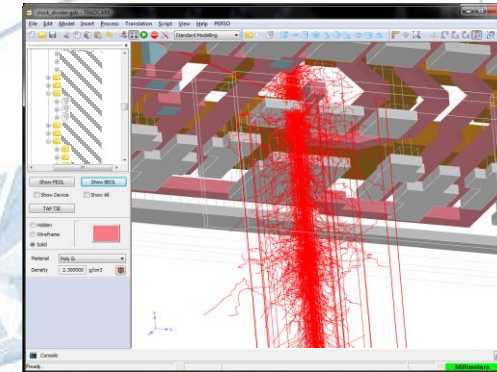


Ø 50 µm

Logiciel TRADCARE

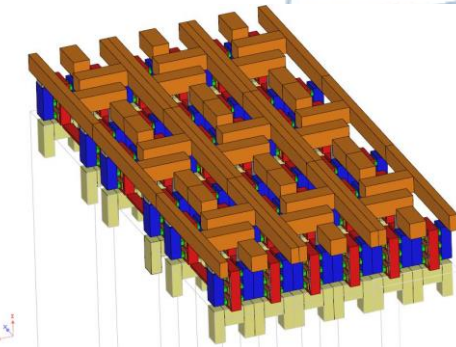
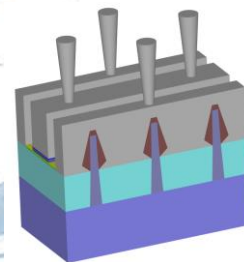
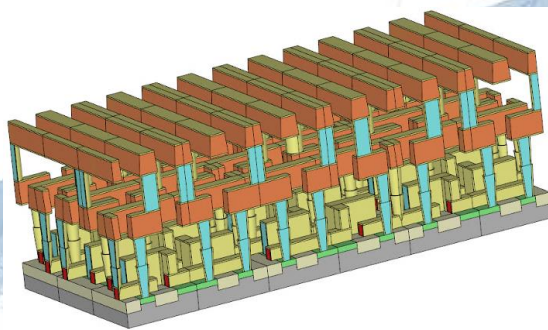
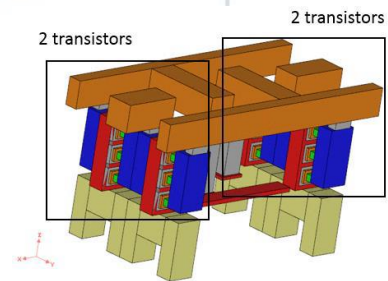
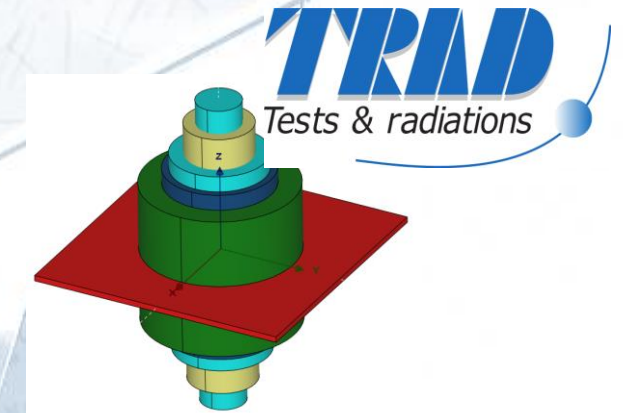


- TRADCARE
 - Outils 3D
 - Prédiction de la sensibilité aux radiations
 - SEL/SEU
 - Optimisation du process/design
- Entrées nécessaires
 - Fichier GDS (designers)
 - Information du process (fonderies)
- Fonctionnalités
 - GDS → 2D vers 3D
 - Simulation électrique du composant
 - Simulation radiation
 - Post traitement

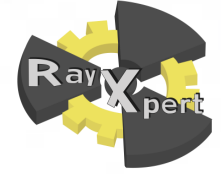


Logiciel TRADCARE

- Phase de validation en cours
 - BETA bientôt disponible
 - Cas de validation en cours (partenariats)
 - TRADCARE impliqué dans différentes études
 - Nouvelles technologies
 - Structures 3D
- *Estimer la sensibilité aux rayonnements des technologies futures*

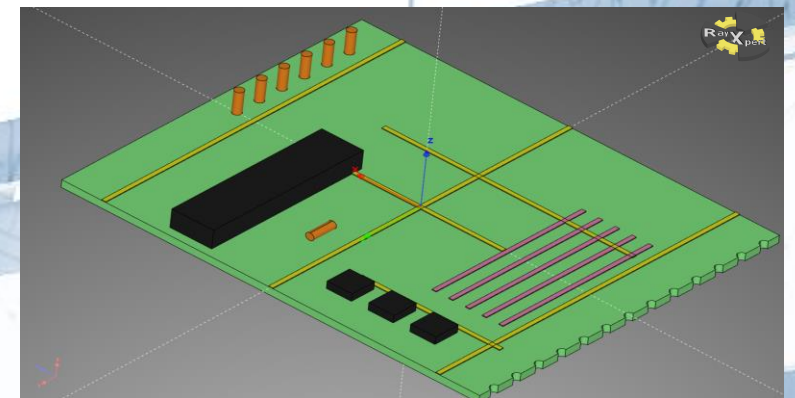


RayXpert



RayXpert prend en compte la liste suivante de particules dans le calcul de Monte Carlo

(Radiation) Particule	Simulated interaction process	Area of validity	Nuclear database
(β^-) Electron	Bremsstrahlung, Ionization, Multiple diffusion	1keV - 1TeV	JEFF 3.1.1 & EAF2010
(β^+) Positron	Bremsstrahlung, Ionization, Multiple diffusion Annihilation	1keV - 1TeV 1.022MeV - 100GeV	
$(\gamma \text{ et } X)$ Photon	Diffusion compton, Photoelectric Effect Pair production	1keV - 100GeV 1.022MeV at 100GeV	
[Option] (n) Neutron	Elastic and inelastic scattering, radiative capture, induced fission	10E-11 MeV - 20MeV	ENDF/B-VII,1



RayXpert



H*(10) CIPR74
E(AP) CIPR116
E(ISO) CIPR116
H'(0.07,0°) ICRU57
H'(3.0,0°) ICRU57
H'(10.0,0°) ICRU57
Hp(10) ICRU57
Hp(3) ICRU57
Ka ICRU57

Grandeurs dosimétriques

Flux
Débit d'énergie déposée totale
Débit d'énergie déposée par les particules secondaires
Débit d'énergie déposée par les particules primaires
Débit de dose absorbée totale
Débit de dose absorbée par les particules secondaires
Débit de dose absorbée par les particules primaires

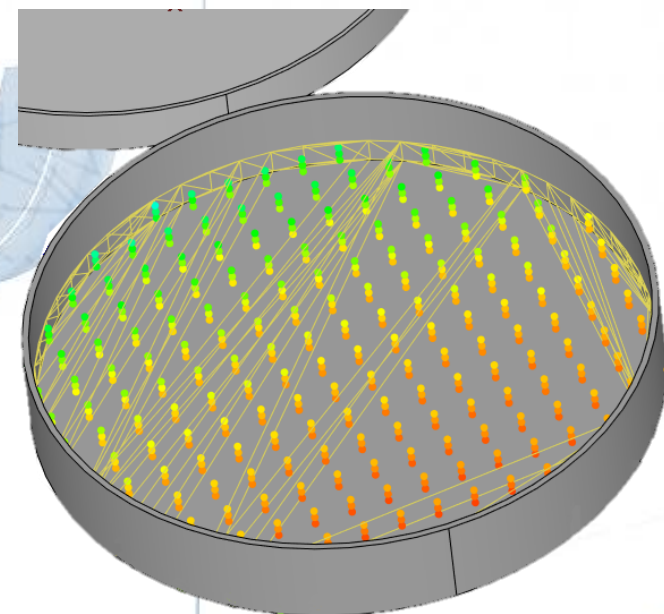
Dépôt d'énergie/dose dans un volume

Courant entrant
Courant sortant
Courant net
Courant total

Courant de particule (#/s)

Comptage de particules
Kerma eau

Comptage par bin d'énergie (#/s/bin énergétique)
Simule un détecteur (GEB)



Calcul dans des volumes sensibles et/ou des cartographies
Possibilité de stocker les particules et de les réutiliser comme source

DÉMARRAGE - Ergonomie générale

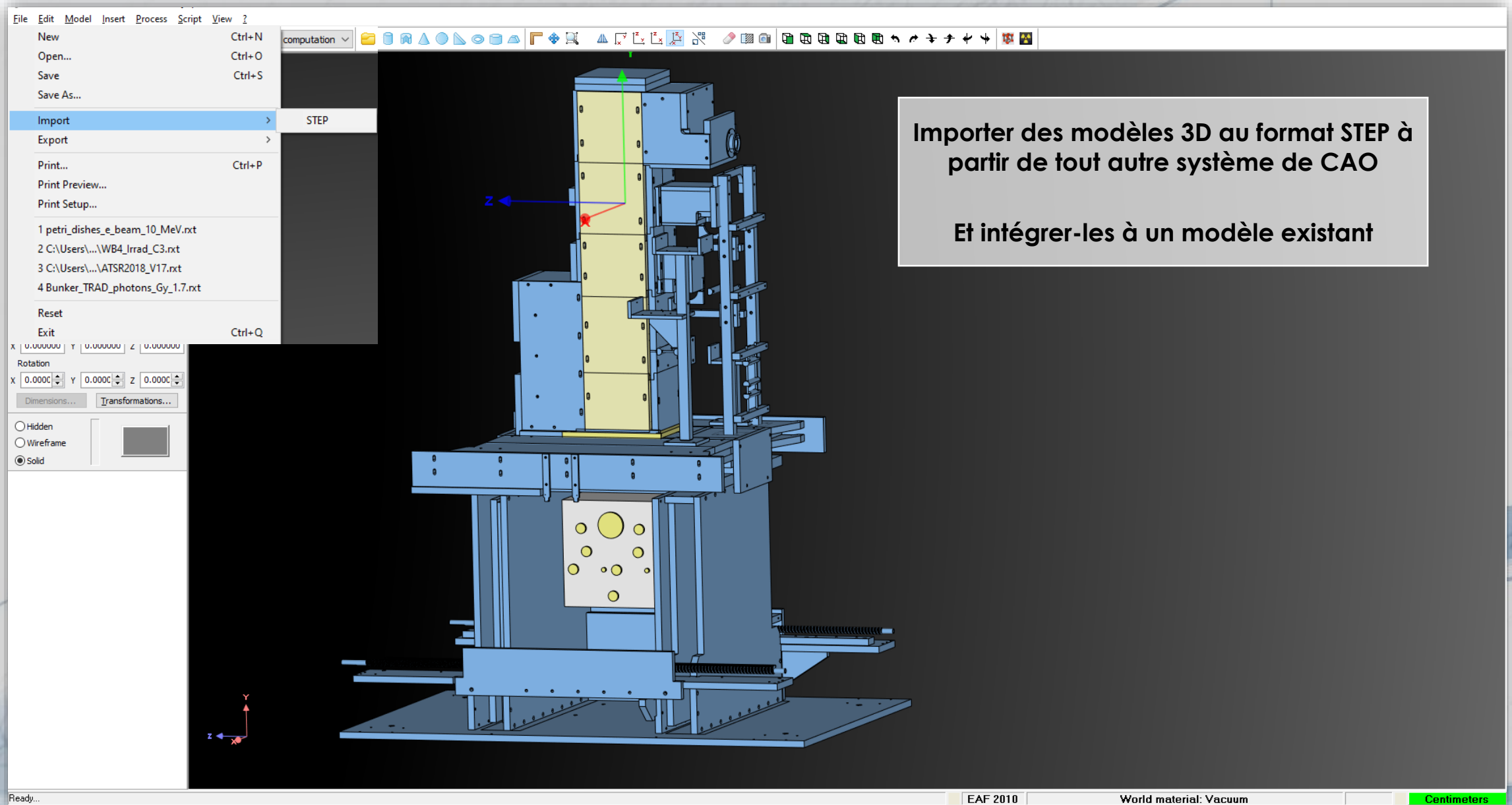
The image shows a 3D modeling software interface with several ergonomic annotations. The main window displays a 3D model of a structure with blue and orange components. The interface includes a menu bar at the top, a toolbar, a left-hand tree view, and a bottom property panel. Annotations with arrows point to specific areas:

- Formes élémentaires de modélisation**: Points to the top toolbar.
- Outils de visualisation**: Points to the top toolbar.
- Bibliothèques intégrées de matériaux et radio matériaux**: Points to the top toolbar.
- Arborescence du modèle 3D**: Points to the left-hand tree view.
- Propriétés**: Points to the bottom property panel.
- Transformation géométrique**: Points to the bottom property panel.
- Fenêtre interactive en 3D**: Points to the main 3D model area.

The left-hand tree view shows a hierarchy under "Structure" for "Bunker Co60", including "Terre", "Sol", "Source", "Plafond", "Murs", and "A", "B", "C", "D", "E", "F". The bottom property panel shows "Material: Concrete (Ordinary)", "Density: 2.300000 g/cm3", and "Translation" and "Rotation" values.

Ready... EAF 2010 World material: Air_mcnp Centimeters

MODÉLISATION 3D – Importation d'un modèle CAO



File Edit Model Insert Process Script View ?

New Ctrl+N
Open... Ctrl+O
Save Ctrl+S
Save As...
Import > STEP
Export >
Print... Ctrl+P
Print Preview...
Print Setup...
1 petri_dishes_e_beam_10_MeV.rxt
2 C:\Users\...\WB4_Irrad_C3.rxt
3 C:\Users\...\VATSR2018_V17.rxt
4 Bunker_TRAD_photons_Gy_1.7.rxt
Reset
Exit Ctrl+Q

computation

X | 0.00000 | Y | 0.00000 | Z | 0.00000
Rotation
X | 0.0000 | Y | 0.0000 | Z | 0.0000
Dimensions... Transformations...
 Hidden
 Wireframe
 Solid

Ready...

World material: Vacuum

Centimeters

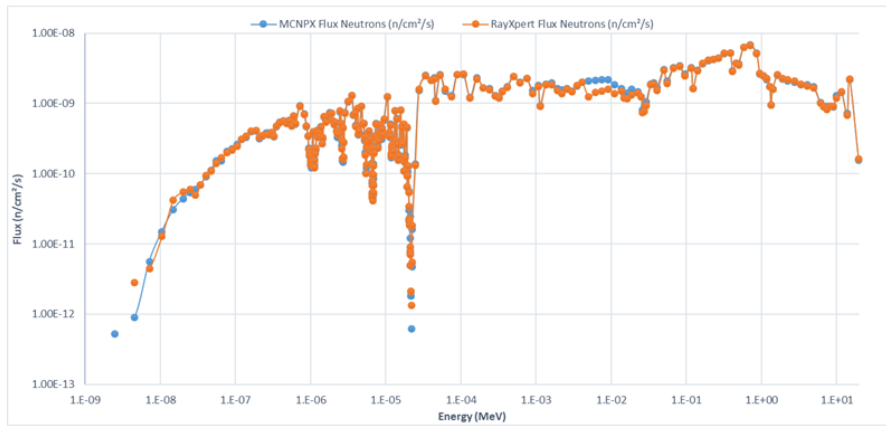
Importer des modèles 3D au format STEP à partir de tout autre système de CAO

Et intégrer-les à un modèle existant

Validation – Comparaison avec d'autres codes



Benchmark NEA IPPE Th ²⁵²Cf comparaisons du flux neutronique calculé par RayXpert 1.8© avec ceux obtenus à l'aide de MCNPX 2.7.0™



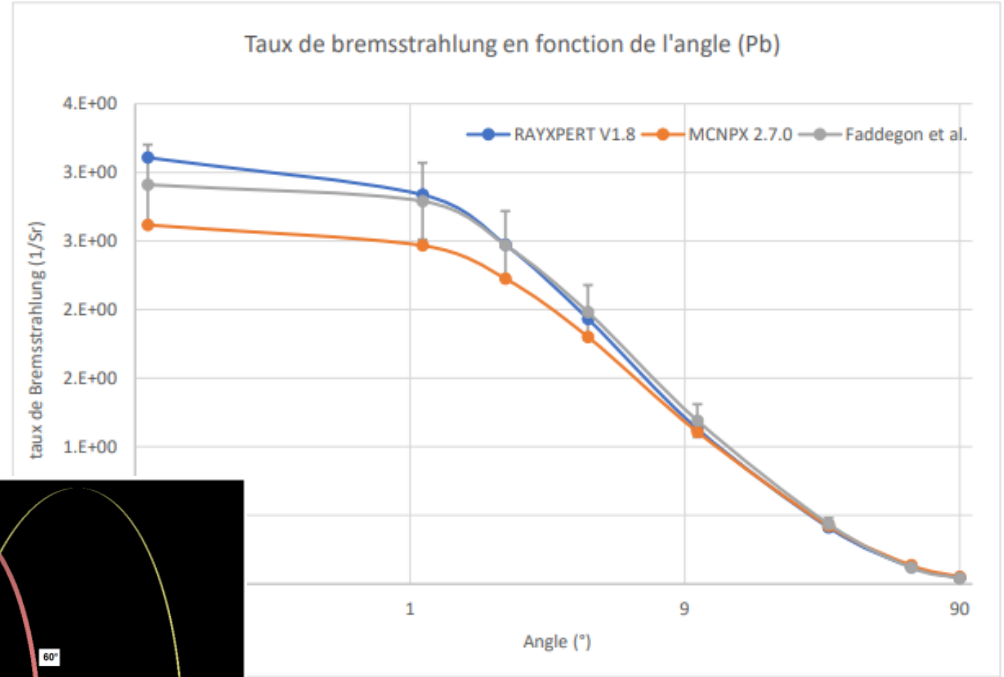
Le tableau ci-dessous montre la comparaison du flux neutronique intégral calculé dans le détecteur.

Flux RayXpert (n/cm²/s)	Sigma (%)	Flux MCNP (n/cm²/s)	Sigma (%)	Ratio RayXpert/MCNP
2.48E-07	0.10	2.54E-07	0.0	0.98

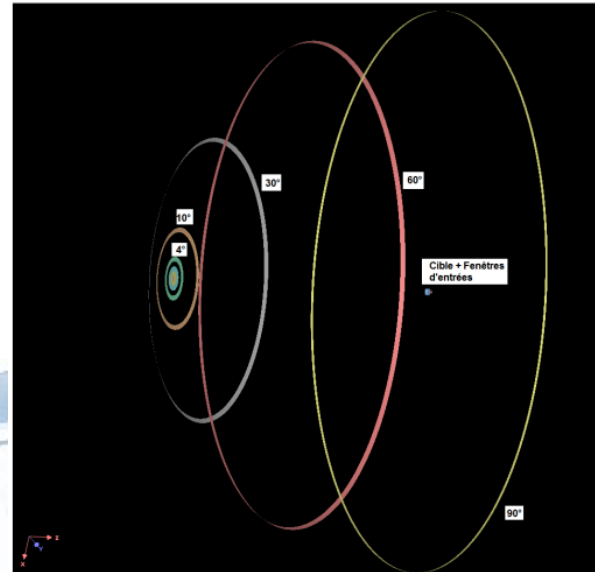
Flux volumique total donné par les deux codes au niveau du détecteur



Comparaison du taux de production de photons de bremsstrahlung sur différentes cibles épaisses



Taux de production de photons de bremsstrahlung – cible Plomb



Merci pour votre attention



Contacts

nicolas.mary@trad.fr

antoine.ghilardi@trad.fr

Pour plus d'informations :

www.rayxpert.com

www.trad.fr

www.r2cots.com

www.fastrad.net

