

Utilisation de FLUKA au sein du Projet ThomX

Jean-Michel HORODYNSKI – Nicolas PAUWELS – Pierre ROBERT

CNRS - iRSD



Sommaire

- Présentation de ThomX
- FLUKA
- L'évaluation des risques
 - Place dans la gestion de projet
 - Simulation numérique comme outil d'évaluation du risque radiologique
- FLUKA dans le projet de conception de ThomX
- Conclusions

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

2

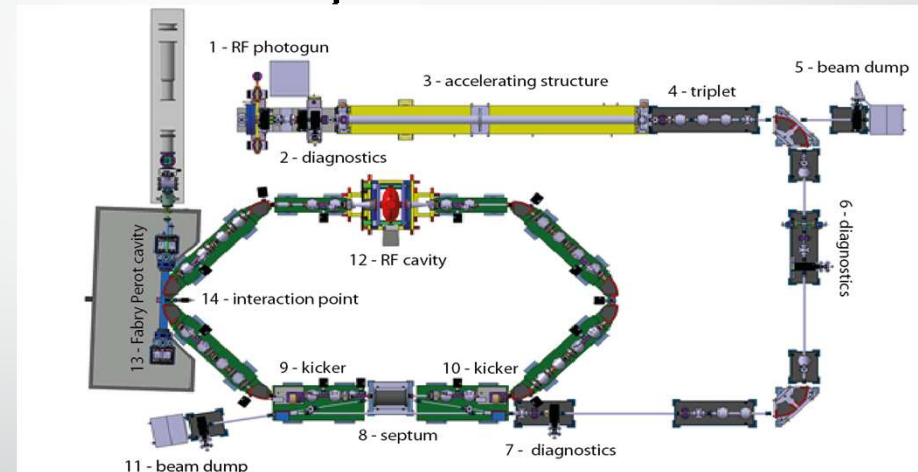


Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

ThomX

Une source compacte de rayons X durs à haut flux par utilisation de l'effet Compton inverse

- Accélérateur d'électrons
 - Canon à photocathode
 - 70 MeV, 1nC, 50 Hz
- Anneau de stockage
 - Double-bend achromat (DBA)
 - $\Delta t = 20$ ms
 - Circonférence : 16,8 m
- Cavité Fabry-Perot
 - 1030 nm, 2,6 μ J max



Plan de principe de ThomX

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

3



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

ThomX

Démonstrateur

pour de nombreuses applications

- Rayonnement X produit
 - Energie maximale : 90 keV
 - Flux total :
 $10^{11} - 10^{13}$ photons.s⁻¹
- Applications
 - Radiothérapie
 - Radiographie/Tomographie
 - Diffraction/Diffusion
 - Spectroscopie par fluorescence X
 - Spectroscopie XANES et K-edge

Utilisation de FLUKA au sein du Projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

4



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Fluka – Code MCNP transport/interactions

- Modèles physiques totalement intégrés au code
- Géométrie combinatoire
- 60 particules et ions lourds pris en compte
- Transport des particules dans des champs magnétiques
- Calcul de l'activation des matériaux et de la décroissance des radionucléides « en ligne »
- Interface graphique évoluée pour l'édition des fichiers d'entrée, de la géométrie des modèles et exploitation des résultats (FLAIR)

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

5



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

L'évaluation des risques

- L'évaluation des risques *a priori* est à la base du modèle européen du management de la santé et de la sécurité au travail (Directive 89/391/CEE du 5 juin 1989)
- Elle doit être intégrée autant dans les systèmes en fonctionnement que dans leur conception.
- La maintenance des installations doit être étudiée également lors de la phase de conception

Le rendement moyen de prévention (ROP) dans la santé-sécurité au travail est en moyenne de 2,2

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

6



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Evaluation du risque radiologique

- Simulations numériques
 - Outil de prévision (conception, modification...)
 - Outil de confirmation d'un état existant (démantèlement...)
- Risques pouvant être étudiés avec FLUKA
 - Exposition externe
 - En fonctionnement
 - Activation des éléments machines (A l'arrêt)
 - Exposition interne
 - Activation de l'air
 - Activation de l'eau

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

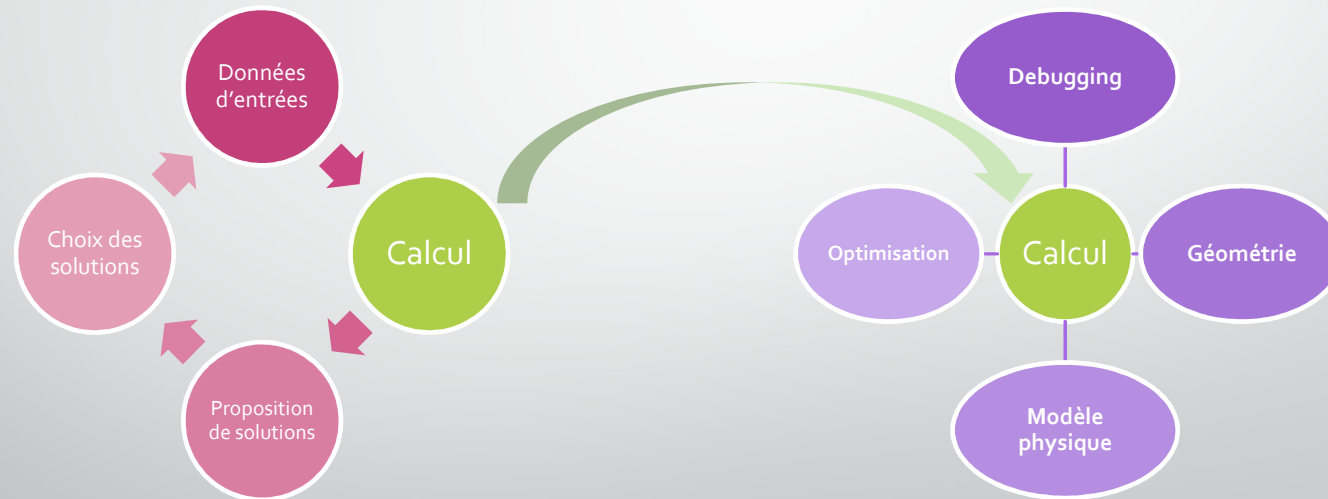
7



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Evaluation du risque radiologique

Simulations numériques



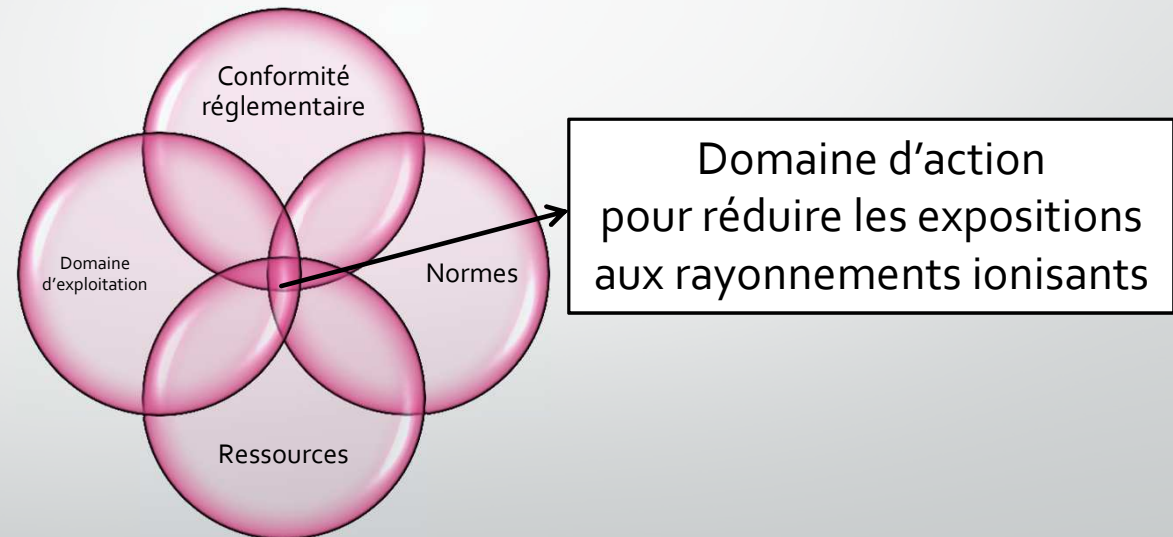
Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

8



Evaluation du risque radiologique

Domaine d'action



Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

9



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

FLUKA dans le Projet ThomX

Première utilisation des simulations numériques :

- Choix du lieu d'implantation du projet
- Evaluation des blindages radiologiques nécessaires (coût d'infrastructures)

 Simulations numériques comme outil ponctuel d'aide à la décision

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

10



FLUKA dans le Projet ThomX

L'iRSD a été chargée de la réalisation des simulations numériques

- Besoins immédiats du projet
 - Casemate accélérateur et anneau
 - Cabane de la ligne X
- Objectifs
 - Obtenir l'autorisation de fonctionnement
 - Répondre à la réglementation en vigueur sur la radioprotection

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

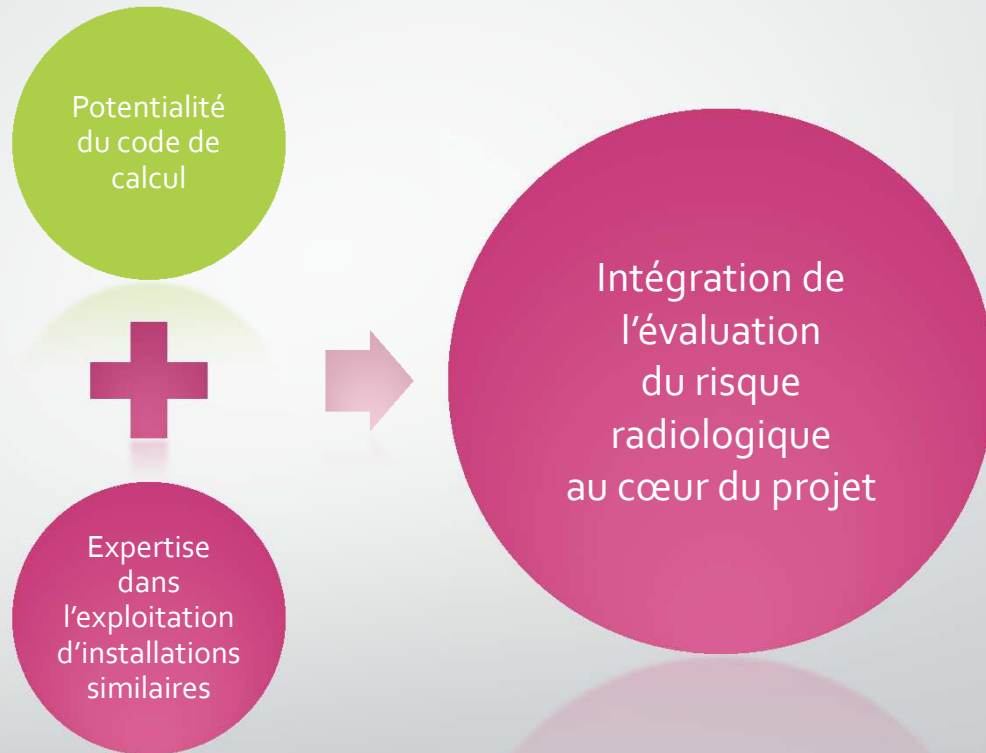
11



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

FLUKA dans le Projet ThomX

La maîtrise des capacités du code de calcul ainsi que les connaissances en matière de gestion d'accélérateurs ont permis de replacer l'évaluation du risque radiologique au sein du projet.



Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

12



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQPX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Capacités du code FLUKA

- Evaluation du niveau de rayonnements ionisants lors du fonctionnement de l'accélérateur
 - *Bremsstrahlung* au point d'interaction
 - Pertes lors du fonctionnement normal
 - Conditions d'accès aux équipements et locaux annexes
- Evaluation de l'activation des matériaux
 - Préconisation d'utilisation
 - Zonage Radioprotection
 - Résistance des matériels

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

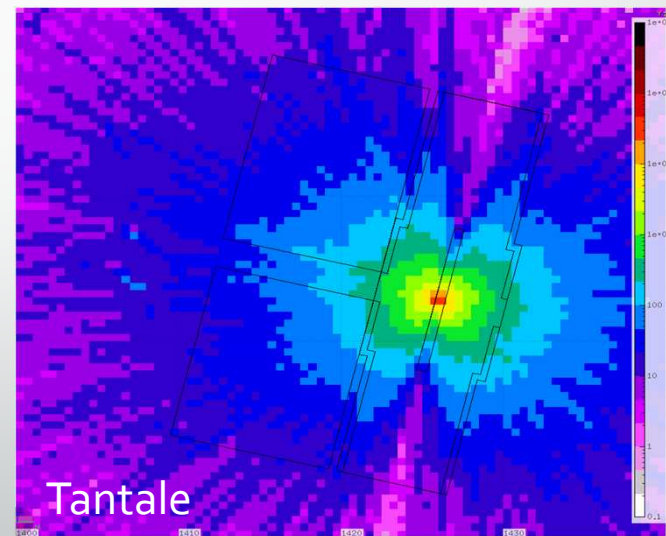
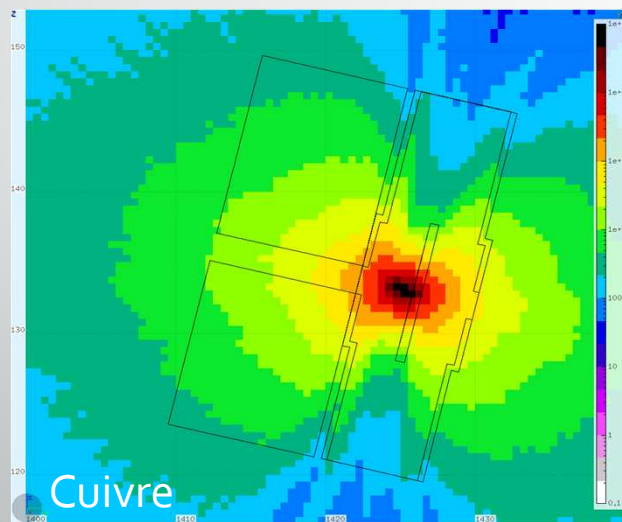
13



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Exemples de travaux réalisés avec FLUKA

Choix des matériaux à mettre en œuvre dans un élément d'optique



Utilisation de FLUKA au sein du Projet ThomX - 5èmes JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

14

FLUKA et l'évaluation des risques radiologiques

- Intégrer la radioprotection et l'optimisation de la production des déchets radioactifs
- Un seul code de calcul pour la réalisation de différents types d'études
- Outils simplifiant la modélisation et l'exploitation des résultats
 - Interface graphique FLAIR
 - Système de géométrie combinatoire évolué (Lattice, rotation...)

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

15



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Enseignements et améliorations envisageables

- Intégrer la radioprotection (et en général l'évaluation des risques) dans le processus de conception permet de réduire les incertitudes
 - En santé – sécurité au travail
 - Pour le respect de l'environnement
 - Pour la gestion des coûts financiers
- Réduire l'instabilité des paramètres impactant la réalisation des simulations numériques. En particulier, l'implantation et la géométrie de la source de rayonnements ionisants en définissant et coordonnant les contraintes techniques et scientifiques des différents groupes le plus rapidement possible

Utilisation de FLUKA au sein du projet ThomX - 5^{èmes} JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES 25 mars 2014

16



Programme Investissements d'avenir de l'Etat ANR-10-EQPX-51. Financé également par la Région Ile-de-France. Program « Investing in the future » ANR-10-EQOX-51. Work also supported by grants from Région Ile-de-France.

Bibliographie - Sources

- VARIOLA, A. (2011). The ThomX Project. *Proceedings of IPAC 2011*, (pp.1903-1905). San Sebastian.
- VARIOLA, A., HAISSINSKI, J., LOULERGUE, A., ZOMER, F., et al. (2014). ThomX Technical Design Report. LAL.
- BATTISTONI, G., MURARO, S., SALA, P., CERUTTI, F., FERRARI, A., ROESLER, S., et al. (2007). The FLUKA code : descriptions and benchmarking. *Proceedings of the hadronic shower simulation workshop, AIP Conference Proceeding 896*, (pp. 31-49).
- FERRARI, A., SALA, P., FASSO, A., & RANFT, J. (2005, Octobre). FLUKA : a multi-particle transport code. CERN.
- VLACHOUDIS, V. (2009). FLAIR : A Powerful But User Friendly Graphical Interface For FLUKA. *Proceedings of International Conference on Mathematics, Computational Methods and Reactor Physics*. Saratoga Springs, New-York.
- AISS, DGUV (2013). Calculating the International Return on Prevention for Companies : Costs and Benefits of Investments in Occupational Safety and Health. DGUV.
- OPPBTP (2013). Une approche économique de la prévention d'après 101 cas étudiés en entreprise. OPPBTP