

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



LE CODE MONTE-CARLO TRIPOLI-4® VERSION 9S POUR LA RADIOPROTECTION

EQUIPE PROJET TRIPOLI-4®

F. DAMIAN

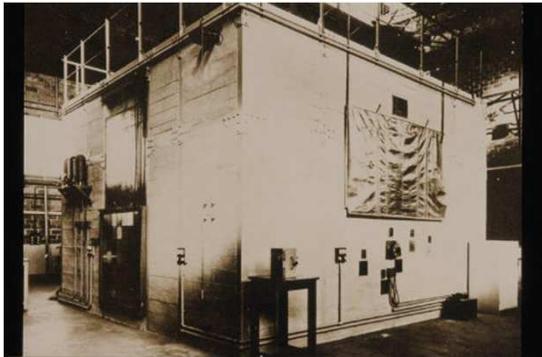
25 MARS 2014, 5ÈMES JOURNÉES SCIENTIFIQUES FRANCOPHONES
SUR LES CODES DE CALCUL EN RADIOPROTECTION,
RADIOPHYSIQUE ET DOSIMÉTRIE, UIC, PARIS

www.cea.fr

TRIPOLI-4®

Une longue histoire au CEA...

- Le nom TRIPOLI® recouvre une famille de codes Monte Carlo développée depuis les années 60 par le CEA, initialement à Fontenay-aux-Roses, puis à Saclay.



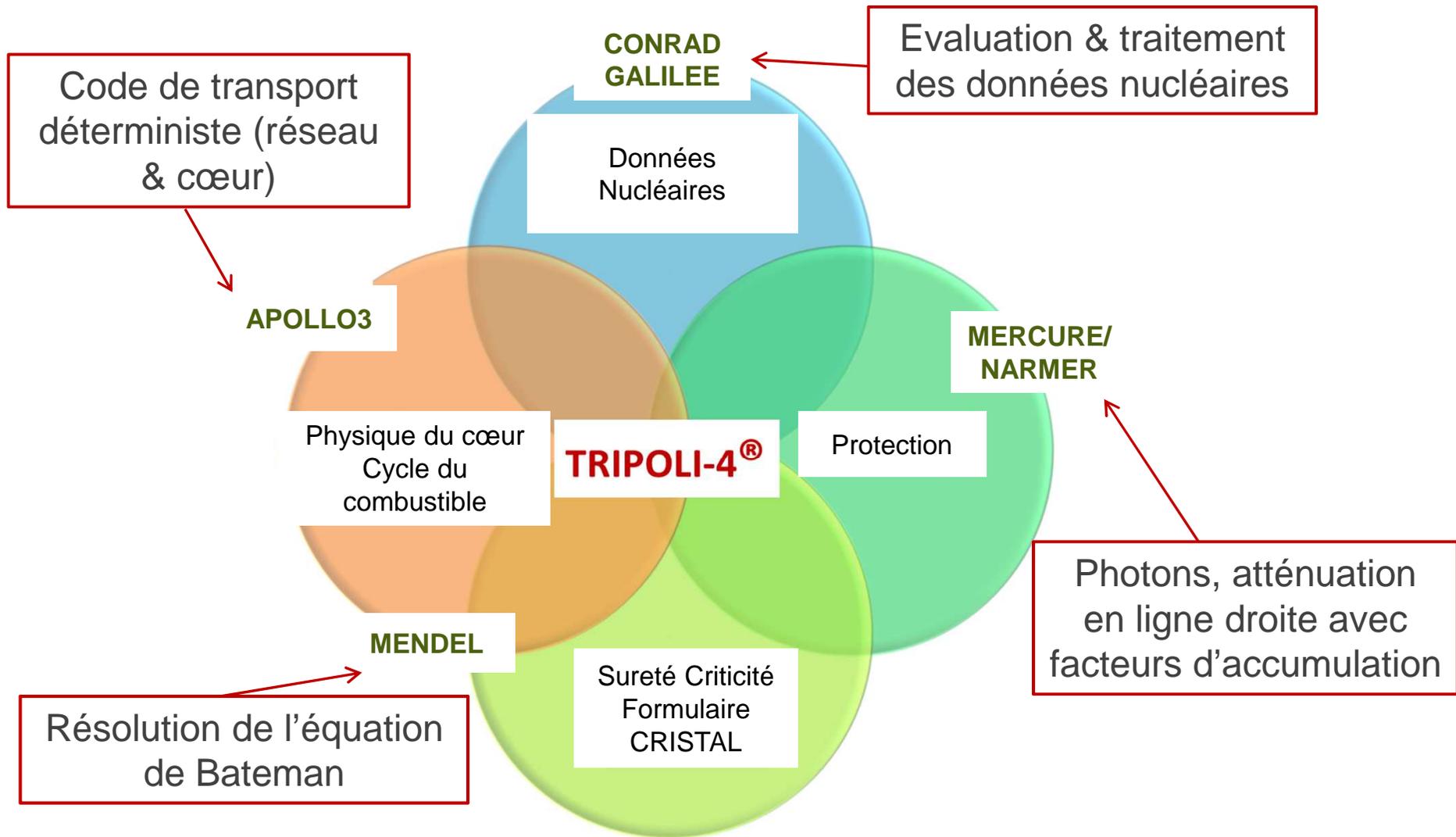
Fontenay, 1948, la pile Zoé



Saclay, 1952

- TRIPOLI-4®, quatrième génération du code, est développé en C++ depuis le milieu des années 1990.
- TRIPOLI® est une marque déposée du CEA

TRIPOLI-4® : LA PIERRE ANGULAIRE DE LA SUITE LOGICIELLE NEUTRONIQUE DU CEA



- **Les particules simulées** : neutrons, photons, électrons, positrons (n-p-e).
 - Tous les couplages n-p, p-e, n-p-e sont possibles
 - p-e : de 100 MeV à 1 keV
 - n : de 20 MeV jusqu'à la thermalisation
- **Données nucléaires** : toute évaluation au format ENDF est compatible, TRIPOLI-4® lit directement les fichiers endf et pendf , sans recours au module ACER de NJOY
- **La bibliothèque de référence** est la **CEAV5.1.1**, fondée sur l'évaluation **JEFF-3.1.1**
- ENDF/B-VII.0, FENDL21, JENDL3&4 sont également disponibles et ont été testées avec succès
- **Modes de simulation** : à source fixe (avec ou sans fission), ou problème à valeur propre pour la criticité,
- **Scores** : flux volumiques (avec estimateur corde ou collision), flux surfacique, flux point, taux de réaction, énergie déposée, dpa, pka, spectrométrie gamma, score sur un maillage pour le flux (avec estimateur corde ou collision) + scores dédiés à la criticité (différents estimateurs de keff, paramètres cinétiques etc.)
- **Fonctions réponses** : IRDF2002, EAF2003, Kerma, H*10

■ Les bibliothèques géométriques disponibles :

- **Native TRIPOLI** : représentation surfacique, ou combinatoire ou toute combinaison des deux.
- **ROOT (CERN)** : toute géométrie écrite en ROOT est directement compatible avec TRIPOLI-4®. Dans ce cas la poursuite est réalisée par ROOT, tout le reste par TRIPOLI-4®.
- **Toute bibliothèque tierce** fournissant une API répondant aux questions de localisation et de direction de vol est théoriquement compatible : GEANT4, DAG-MC ou d'autres.

■ Réduction de Variance :

- Capture implicite
- Roulette Russe, pour maintenir une homogénéité dans les poids statistiques des particules simulées.
- Biaisage exponentiel, avec une capacité propre à TRIPOLI-4® de calcul automatique de carte d'importance.
- Estimateur point

■ Mode parallèle :

- Asynchrone : un processeur collecte les résultats de simulations indépendantes
- Machines multi-cœurs, réseau hétérogène de stations de travail, HPC :
 - <http://www-hpc.cea.fr/en/complex/ccrt.htm>
 - IBM Blue Gene

■ Outils annexes :

- T4G : affichage interactif 2D de la géométrie, scores sur des maillages, lieux de collisions, traces de particules
- Salome Tripoli : modeleur 3D interactif, gère tout le jeu de données (au delà de la simple géométrie)
- Outils ROOT pour traduire une sortie TRIPOLI-4® en structure ROOT au format Ttree.
- Outil XML pour post-traiter une sortie TRIPOLI-4® (ex tests statistiques)

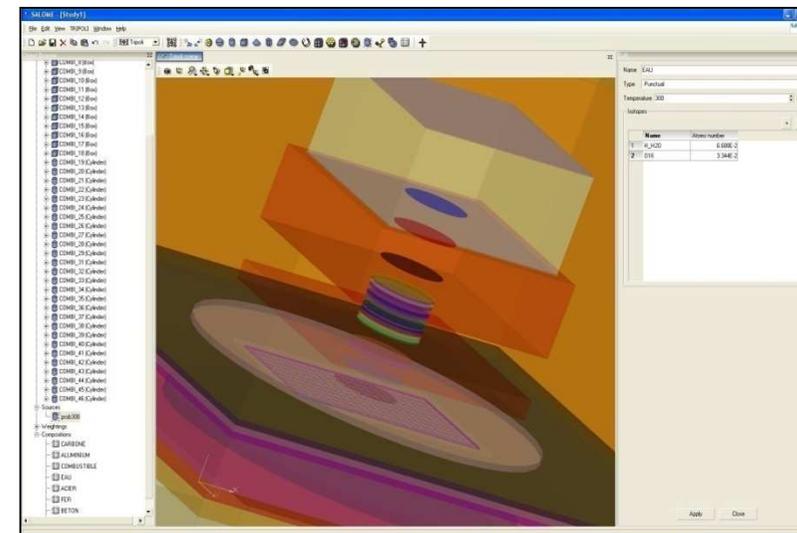
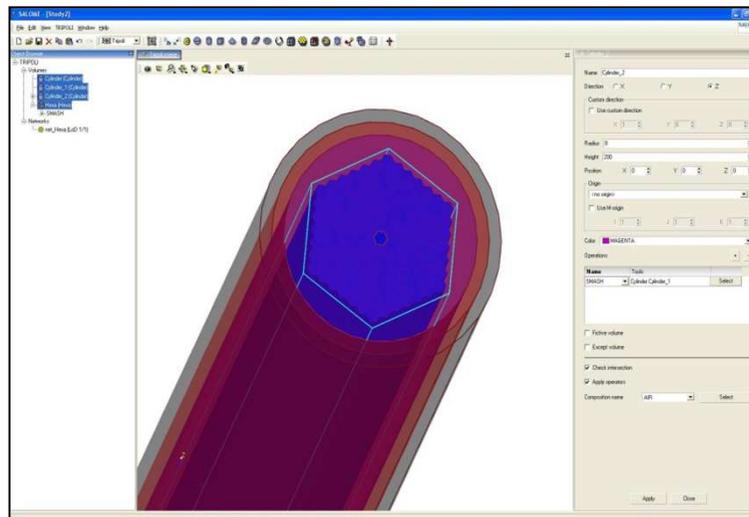
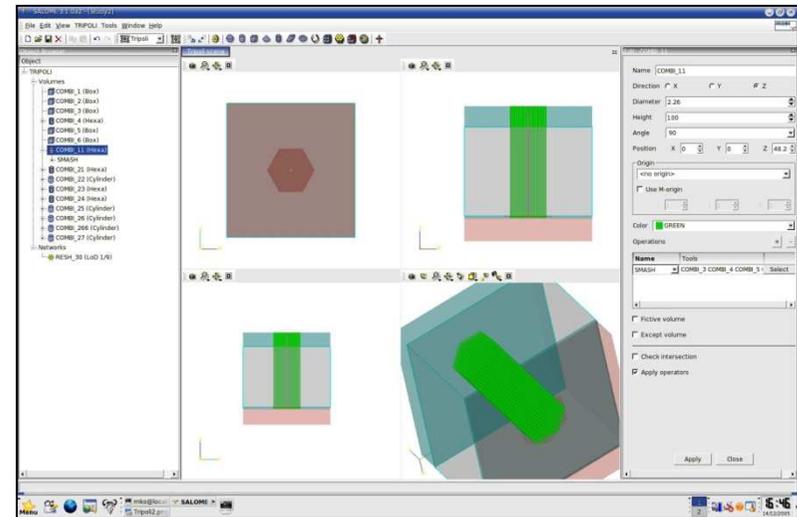
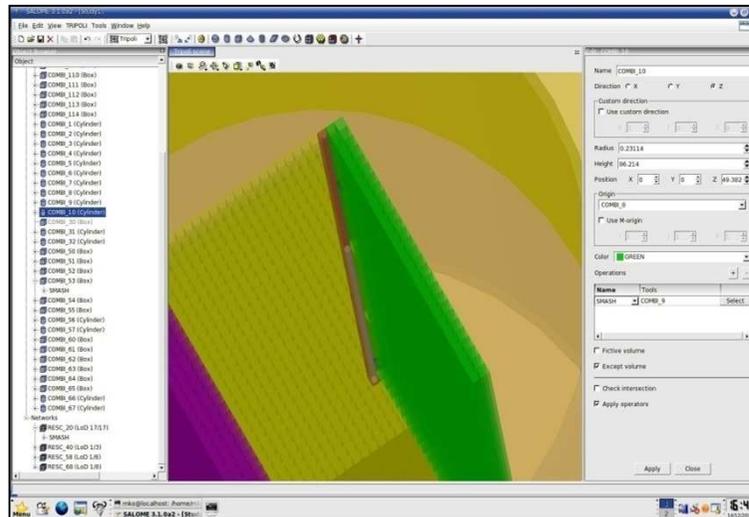
■ Options de description de source :

- Tabulée
- Ponctuelle
- Analytique
- Modèle (Watt)
- Spectre de fission à partir de l'évaluation JEFF-3.
- Routine externe (accepte aussi les routines au format MCNP, sans besoin de recompilation)

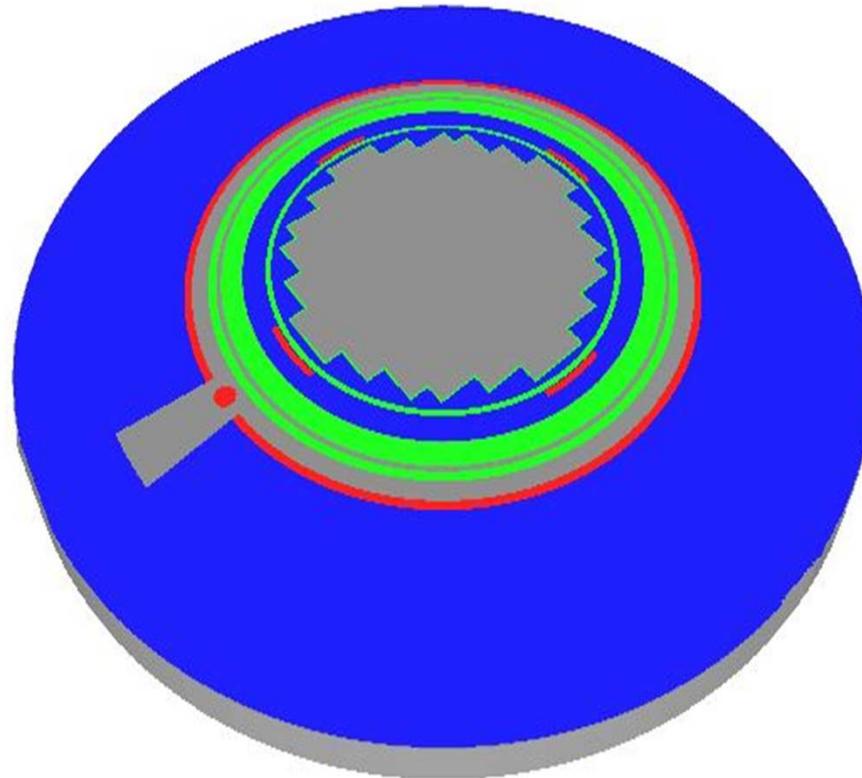
■ Base de V&V

- Cas tests unitaires
- 1000 benchmarks de la base ICSBEP (keff)
- De nombreux cas en provenance de la base SINBAD (ASPIS, NESDIP, REPLICAS, FNG)
- Benchmarks propriétaires CEA

TRIPOLI-4® : INTERFACE HOMME-MACHINE DANS LE CONTEXTE SALOME



Exemple de géométrie ROOT
produite pour TRIPOLI-4®.



Domaine de la physique des cœurs : Réacteur N4 en
géométrie ROOT pour TRIPOLI-4®
Crédit : CEA DM2S (E Dumonteil)



TRIPOLI-4® Code Monte Carlo de référence pour toutes les installations CEA



TRIPOLI-4® Code Monte Carlo de référence pour EDF



TRIPOLI-4® Code Monte Carlo de référence pour le projet CRISTAL (études de sûreté-criticité)
CRISTAL est un projet commun CEA-AREVA-IRSN.



DISTRIBUTION DE TRIPOLI-4®

POLITIQUE CONCERNANT LES LICENCES

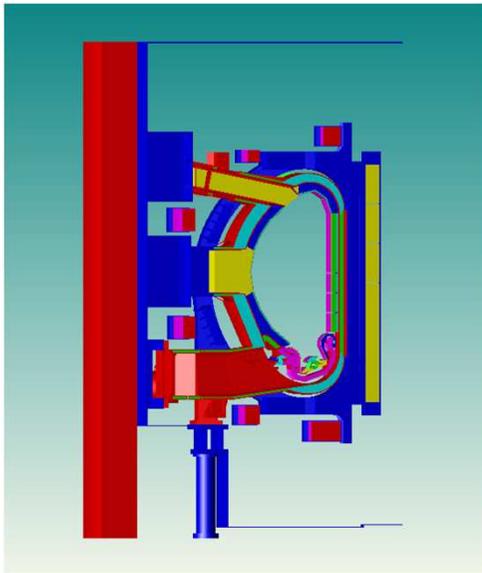
- Le code est distribué dans sa dernière version (N) au CEA, EDF, AREVA
- Sur décision du CEA, EDF ou AREVA, il peut être distribué dans sa version N à tout sous-traitant travaillant contractuellement pour l'un des 3.
- Le code est également distribué à travers la Banque de Données de l'AEN.
 - **Version N**, restreinte aux calculs à **Source fixe**, exemple TRIPOLI-4 version 9 'S'
 - **Version N-1**, avec possibilité de calculs critiques, exemple TRIPOLI-4 version 8.1
 - Les licences AEN sont destinées à un utilisateur unique dans un établissement unique.
 - La distribution est gérée suivant la localisation géographique de l'établissement, et non selon la citoyenneté de l'utilisateur final.
 - La licence AEN est limitée à l'évaluation du code, la R&D et l'enseignement
 - Toute demande de licence pour emploi industriel doit être adressée directement au CEA
- Les versions disponibles depuis 2013 :

TRIPOLI-4 version 8.1 et TRIPOLI-4 version 9 S (calculs à source)

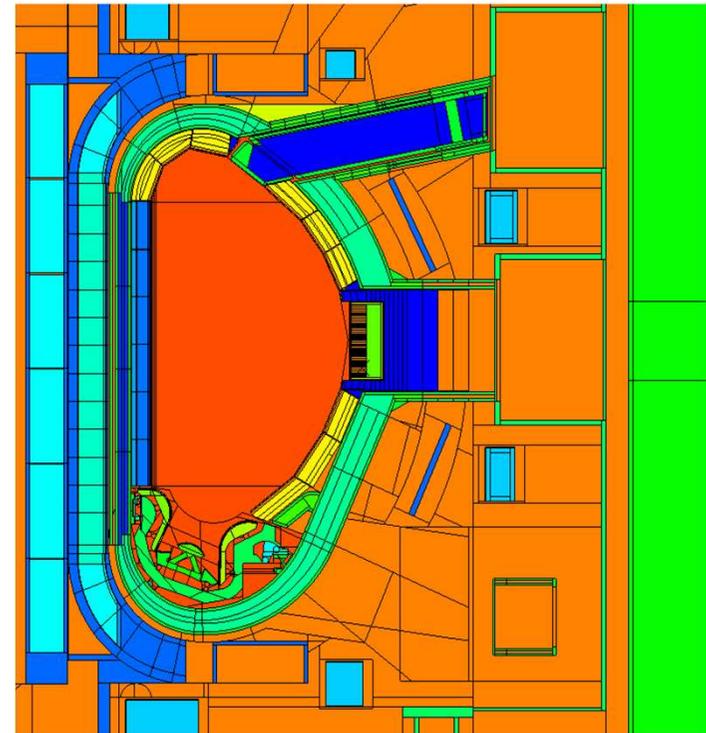
TRIPOLI-4® :
QUELQUES EXEMPLES
D'APPLICATIONS

MODÈLE ITER DANS TRIPOLI-4® (ITER A-LITE)

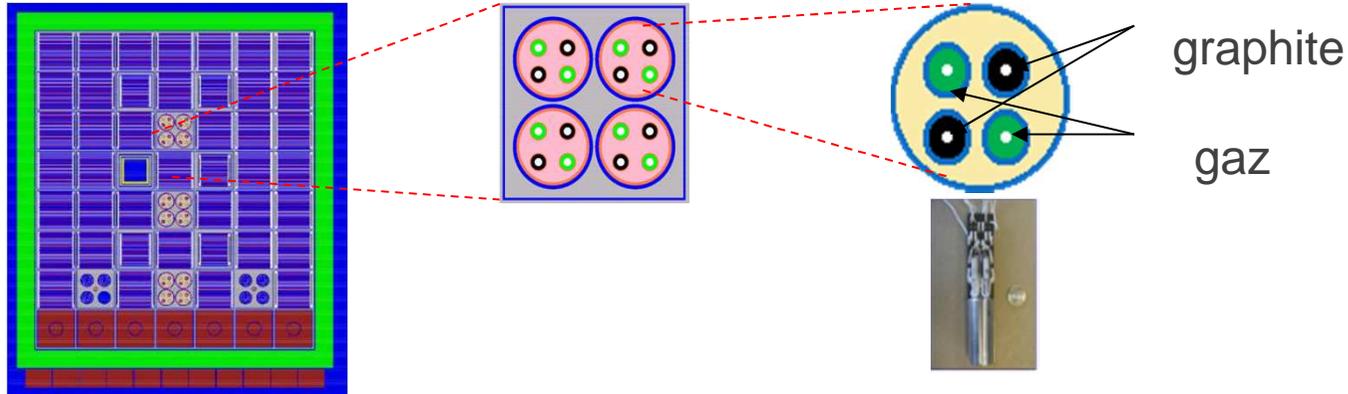
- J.C. Jaboulay, P.Y. Cayla, C. Fausser, Y.K. Lee, J.C. Trama, A. Li-Puma, “*TRIPOLI-4® Monte Carlo code ITER A-lite Neutronic Model Validation*”, ISFNT 2013
- Géométrie MCNP A-lite convertie pour TRIPOLI-4 en utilisant l’outil MCAM
- Les comparaisons réalisées avec MCNP montrent un bon accord :
 - Sur le calcul du chargement neutronique de la première paroi NWL ($\pm 1\%$)
 - Sur la distribution de flux (Poloidal) ($< 1\%$) & échauffement nucléaire ($< 1\%$)
 - HCLL & HCPB TPR ($< 1\%$)
- Utilisation des mêmes données nucléaires pour la comparaison (FENDL2.1)



Crédit :
JC Jaboulay
CEA DM2S



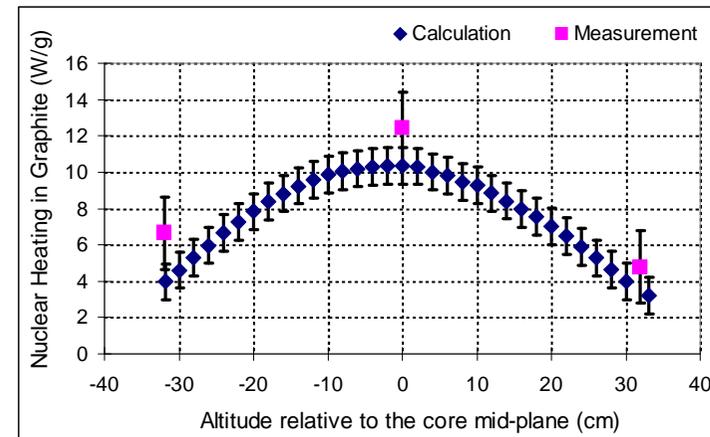
ECHAUFFEMENT NUCLÉAIRE DANS LE RÉACTEUR D'IRRADIATION OSIRIS (CEA)



Crédit :
F. Malouch
CEA DM2S

Coupe 2D du réacteur Osiris, zoom sur une boîte à eau chargée de calorimètres différentiels

Comparaisons calcul/mesure pour l'échauffement nucléaire



« Development and Experimental Validation of a Calculation Scheme for Nuclear Heating Evaluation in the Core of OSIRIS Material Testing Reactor », F Malouch, ISRD 14, mai 2011, Bretton woods, NH,USA

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Centre de Saclay | 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
T. +33 (0)1 69 08 38 79 | F. +33 (0)1 69 08 99 35

DEN
DM2S
SERMA

Etablissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019