

Utilisation de Cast3M dans la plateforme pleiades

Thomas Helfer, l'équipe pleiades, S. Bejaoui

24 novembre 2011



- présentation de la plate-forme pleiades ;
 - objectifs ;
 - applications de la plate-forme ;
 - exemple des calculs aiguilles et application aux calculs combustibles multi-fragmentations ;
- Cast3M au sein des applications pleiades :
 - place de Cast3M dans le schéma de calcul ;
 - phénomènes modélisés :
 - ▶ retour sur des développements de Cast3M pour la plate-forme ;
 - encapsulation de Cast3M via pyCast3M et MEDMEM ;
 - ▶ performance de cette solution ;
 - exemple de problème actuel : retour sur la gestion des contacts ;
- application à la conception de l'irradiation diamino.

Présentation de la plate-forme pleiades

La plate-forme pleiades



- co-développement et maintenance d'une **plate-forme logicielle métier** pour l'étude du comportement des combustibles nucléaires :
 - possibilité d'intégrer des outils et de coupler des modèles d'origine variée ;
 - analyse **multidimensionnelle** de la physique du combustible aux échelles appropriées ;
 - intégration dans un environnement de **bases de données** du comportement des combustibles nucléaires ;
 - structure logicielle permettant le couplage sous salome avec les autres plateformes de simulation ;
 - mutualiser les modèles physiques et les méthodes génériques ;
- développement, validation générique et maintenance d'**applications combustible** par type de filière nucléaire :
 - mise en œuvre de schémas de calculs combustible multi-physique **capitalisant l'acquis** de la R&D ;

Les applications pleiades

PLEIADES

APPLICATIONS FILIERES

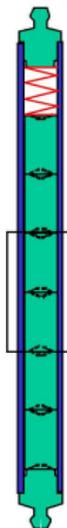
REP

ALCYONE
1D 2D 3D



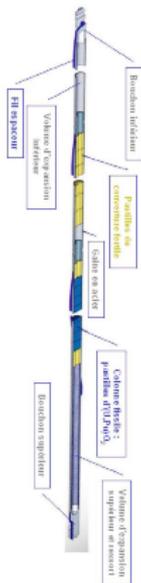
REP

CYRANO3



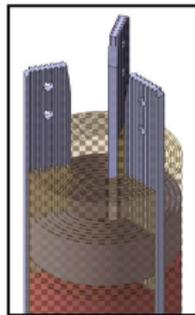
RNR-Na

GERMINALV2



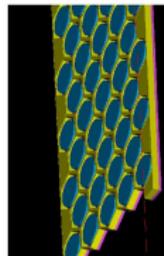
MTR

MAIA



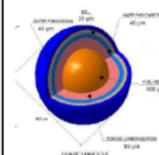
RNR-G

CELAENO V1



HTR

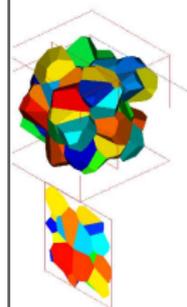
ATLAS



Application

μ^re

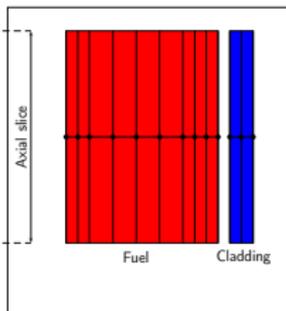
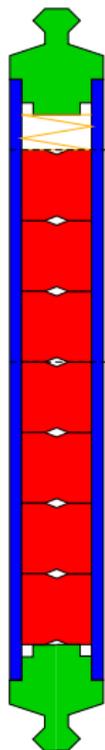
V.E.R.



APPLICATION CONCEPTION

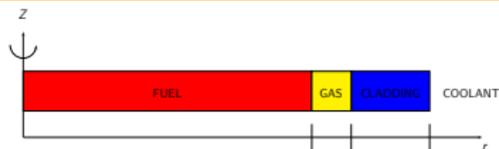
Licos 1.0

Calculs aiguilles

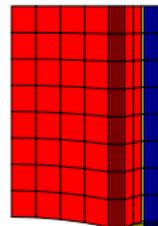


- radial and axial mechanical equilibrium;
- radial heat transfert;
- fuel-cladding contact;
- internal gas pressure.

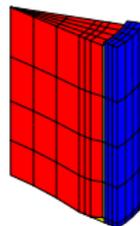
Slice Modelling



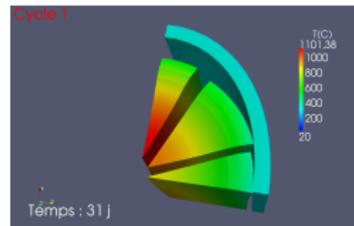
2D (r, θ)



2D (r, z)



3D



3D multi-fragments

Calculs aiguilles

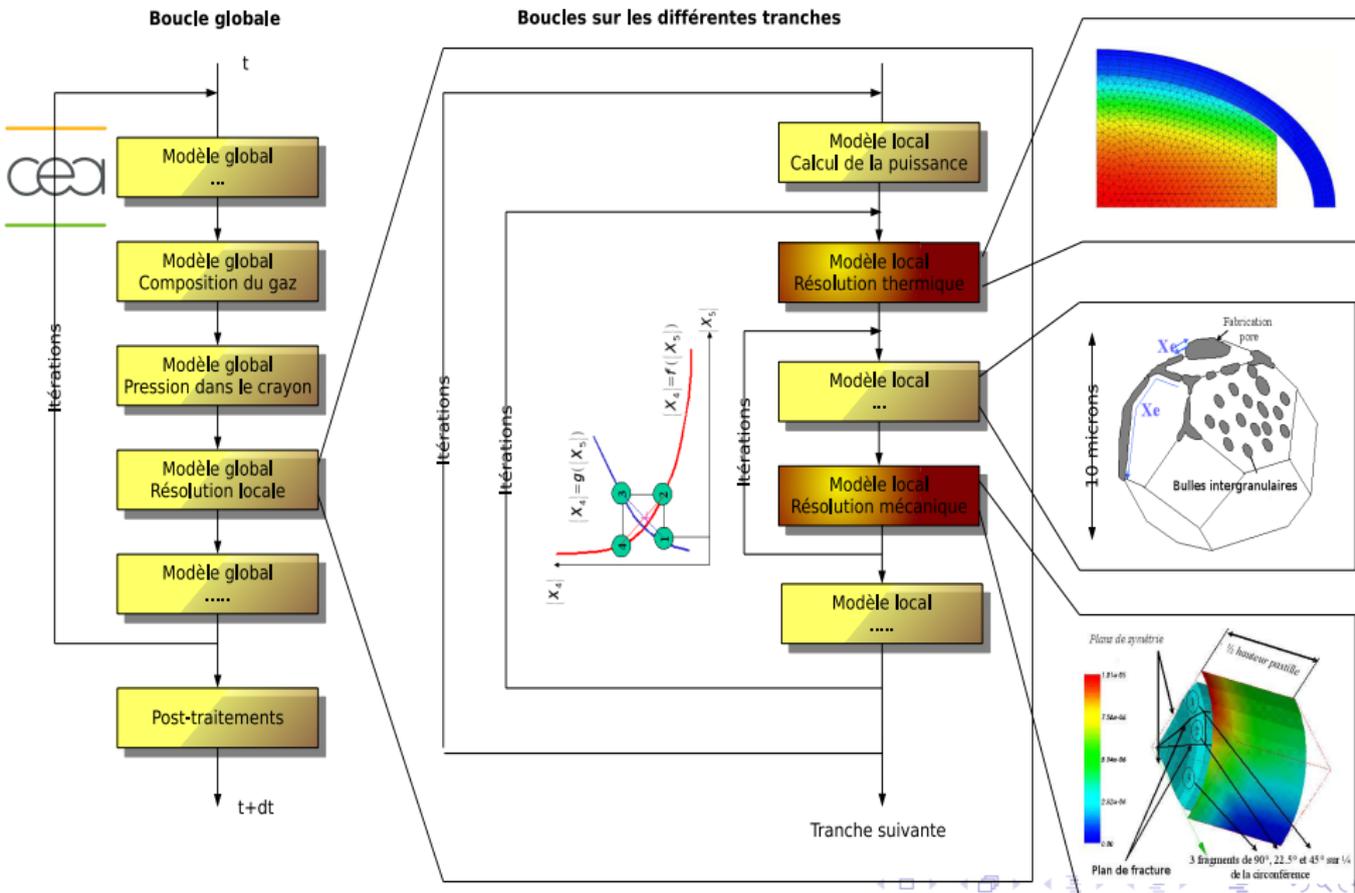
Exemple de calculs multi-fragments



- voir film ci-joint.

Cast3M au sein des applications pleiades

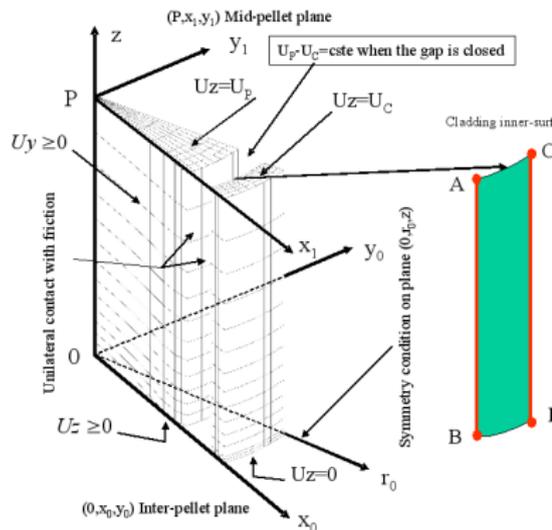
Place de Cast3M dans un schéma de calcul



Phénomènes modélisés grâce à Cast3M

- thermique :

- essentiellement non-linéaire ;
- stationnaire et transitoire ;
- basé sur la procédure TRANONPL (développée pour pleiades)



Phénomènes modélisés grâce à Cast3M

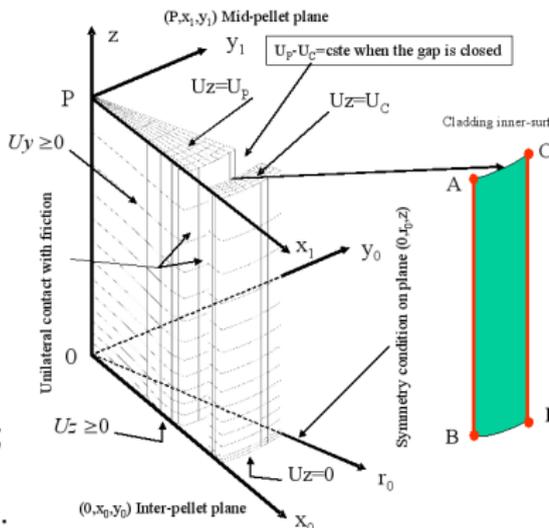


- thermique :

- essentiellement non-linéaire ;
- stationnaire et transitoire ;
- basé sur la procédure TRANONPL (développée pour pleiades)

- mécanique :

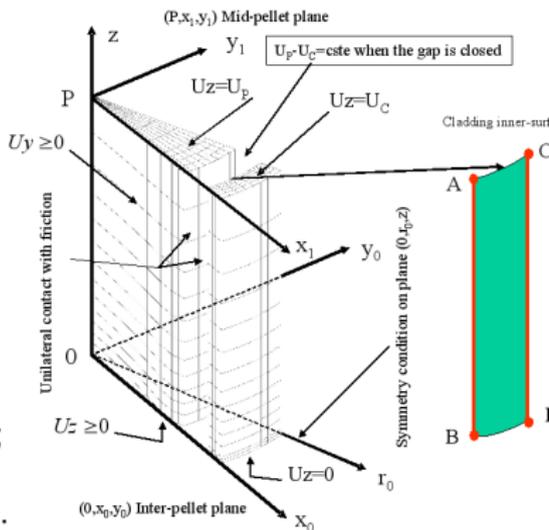
- essentiellement non linéaire :
 - ▶ endommagement, rupture ;
 - ▶ viscoplasticité incompressible ;
- conditions unilatérales, blocages ;
- contact, grands déplacements ;
- déformations libres (gonflement) ;
- basé sur les procédures INCREPL (2D ou 3D) et MEPL (1D) (développées pour pleiades)



Phénomènes modélisés grâce à Cast3M



- thermique :
 - essentiellement non-linéaire ;
 - stationnaire et transitoire ;
 - basé sur la procédure TRANONPL (développée pour pleiades)
- mécanique :
 - essentiellement non linéaire :
 - ▶ endommagement, rupture ;
 - ▶ viscoplasticité incompressible ;
 - conditions unilatérales, blocages ;
 - contact, grands déplacements ;
 - déformations libres (gonflement) ;
 - basé sur les procédures INCREPL (2D ou 3D) et MEPL (1D) (développées pour pleiades)
- diffusion (en développement).



Encapsulation via pyCast3M et MEDMEM



- Cast3M est piloté depuis les applications grâce à pyCast3M :
 - les commandes gibiane peuvent être générées à la volée :
 - ▶ application de conception ;
 - interfaçage en C++ ou en python de scripts complets :
 - ▶ application standard ;

Encapsulation via pyCast3M et MEDMEM



- Cast3M est piloté depuis les applications grâce à pyCast3M :
 - les commandes gibiane peuvent être générées à la volée :
 - ▶ application de conception ;
 - interfaçage en C++ ou en python de scripts complets :
 - ▶ application standard ;
- les échanges d'informations entre les modèles sont basés sur le format MED utilisé par salome :
 - conversion en mémoire en entrée et en sortie des modèles basés sur Cast3M (bibliothèque MEDMEM) ;

Encapsulation via pyCast3M et MEDMEM



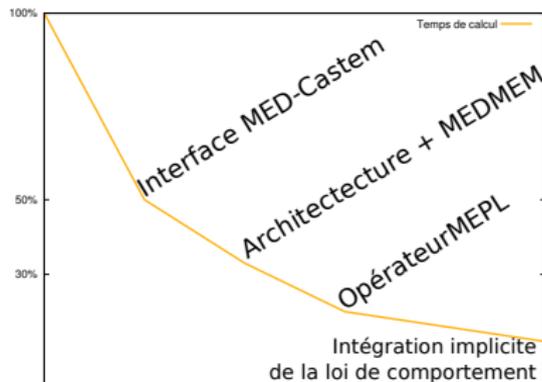
- Cast3M est piloté depuis les applications grâce à pyCast3M :
 - les commandes gubiane peuvent être générées à la volée :
 - ▶ application de conception ;
 - interfaçage en C++ ou en python de scripts complets :
 - ▶ application standard ;
- les échanges d'informations entre les modèles sont basés sur le format MED utilisé par salome :
 - conversion en mémoire en entrée et en sortie des modèles basés sur Cast3M (bibliothèque MEDMEM) ;
- pyCast3M permet de coupler Cast3M facilement à d'autres composants physiques, numériques ou informatiques ;

Encapsulation via pyCast3M et MEDMEM



- Cast3M est piloté depuis les applications grâce à pyCast3M :
 - les commandes gibiane peuvent être générées à la volée :
 - ▶ application de conception ;
 - interfaçage en C++ ou en python de scripts complets :
 - ▶ application standard ;
- les échanges d'informations entre les modèles sont basés sur le format MED utilisé par salome :
 - conversion en mémoire en entrée et en sortie des modèles basés sur Cast3M (bibliothèque MEDMEM) ;
- pyCast3M permet de coupler Cast3M facilement à d'autres composants physiques, numériques ou informatiques ;
- cette solution est aujourd'hui **robuste** ;

Performances

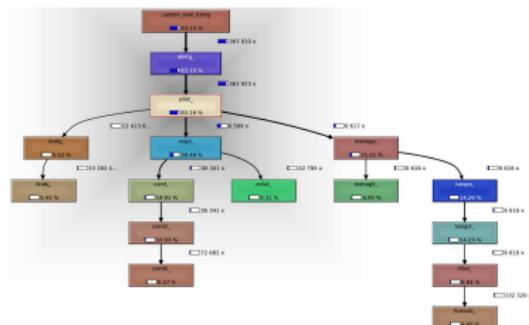


Évolution des temps de calculs alcyone 1D

- les calculs 1D sont les plus contraignants ;
- mise en parallèle d'une solution alcyone 1D basée sur Cast3M et un code dédié Meteor ;
- objectif final à 5 % ;

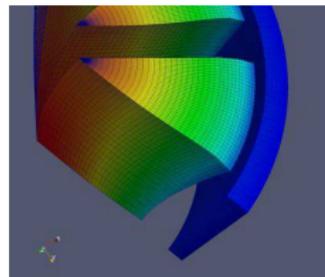
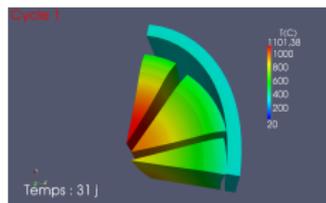
- l'interface pyCast3M n'a plus d'impact sur les performances :
 - Cast3M représente entre 50 et 99 % du temps de calcul ;
 - il nous reste un facteur 2 pour être au niveau de Meteor.
 - nous pouvons nous focaliser :
 - ▶ sur l'algorithmique (prédiction, gestion des pas de temps) ;
 - ▶ sur l'optimisation des opérateurs Cast3M.

Performances



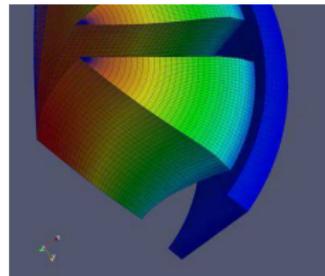
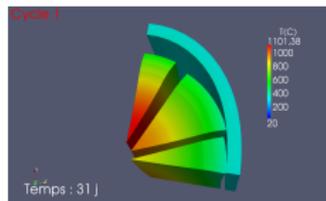
- l'interface pyCast3M n'a plus d'impact sur les performances :
- analyse de calculs 1D (alcyone, 30 tranches, 5 cycles) :
 - 83 % du temps dans Cast3M ;
 - 40 % du temps dans MEPL ;
 - 20 % du temps dans MENAGE ;
 - 8 % du temps dans UNILATER ;
 - 15 % du temps dans COMP ;
 - ▶ 2 % du temps dans umat ;

Modélisation du contact



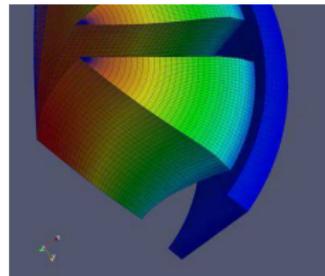
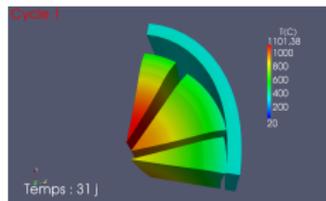
- simulation de l'interaction pastille gaine avec gestion du contact et du frottement :
 - problème « presque mal posé »

Modélisation du contact



- simulation de l'interaction pastille gaine avec gestion du contact et du frottement :
 - problème « presque mal posé »
- non convergence de l'algorithme d'UNILATER pour des maillages raffinés (quelques dizaines de milliers de nœuds) :
 - lors de la recherche de solution, tous les contacts sont initialement déclarés actifs ;

Modélisation du contact



- simulation de l'interaction pastille gaine avec gestion du contact et du frottement :
 - problème « presque mal posé »
- non convergence de l'algorithme d'UNILATER pour des maillages raffinés (quelques dizaines de milliers de nœuds) :
 - lors de la recherche de solution, tous les contacts sont initialement déclarés actifs ;
- premier test d'optimisation :
 - initialisation de la solution à partir des contacts actifs en position initiale ;
 - gain d'un facteur 5 sur le temps de calcul pour les études en cours (70 h -> 14 h sur machine 8 processeurs)

L'irradiation DIAMINO

L'irradiation DIAMINO



Composition		Température visée (°C)			
		600	800	1000	1200
CCAm (15%)	Microstructure 1	X	X	X	X
	Microstructure 2	X	X	X	X
CCAm (7,5%)	Microstructure 1		X		
	Microstructure 2		X		

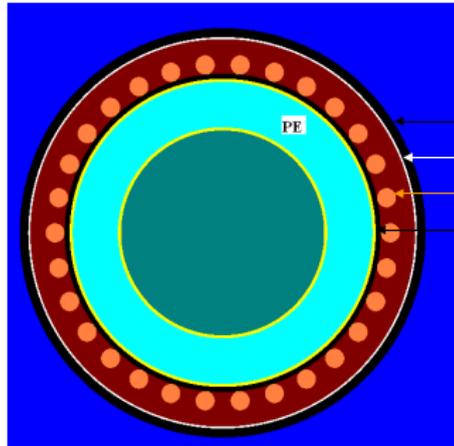
MARIOS

Vitesse amoindrie
de production
d'He

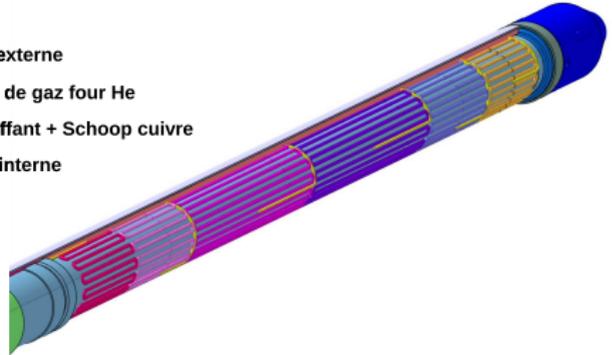
DIAMINO

- irradiation à caractère isotherme pour l'étude du comportement He des CCAm ;
- acquisition rapide de données de relâchement / gonflement gazeux à différentes températures ;
- évaluation de deux microstructures (porosités ouvertes différentes) ;
- étude de l'impact de la cinétique de production d'He sur le relâchement/gonflement.

Description du dispositif (Four PHAETON)

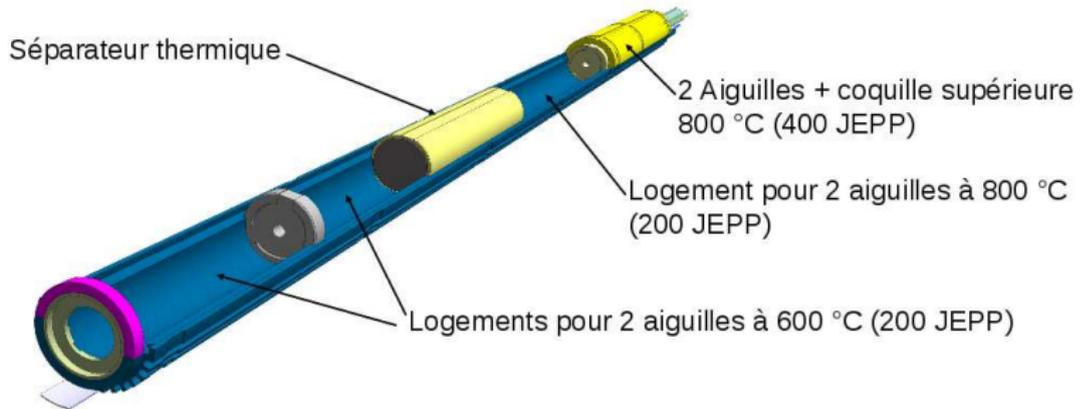


Tube externe
Lame de gaz four He
Chauffant + Schoop cuivre
Tube interne



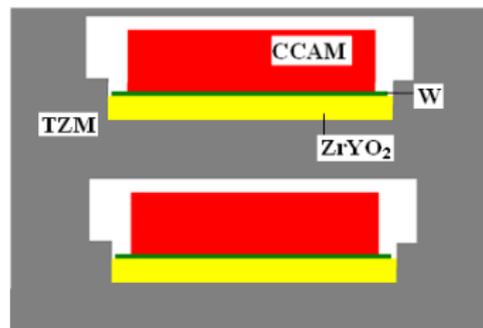
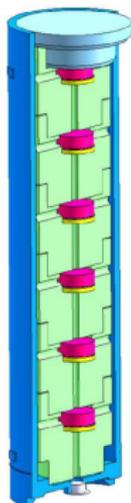
- four PHAETON (longueur de 4,5 *m*, diamètre de 32 *mm*)

Porte échantillon (PE)



- lames de gaz entre les mini-aiguilles et le PE, entre le four et le PE :
 - composition He/Ne variable ;
 - épaisseur variable ;

Mini-aiguilles



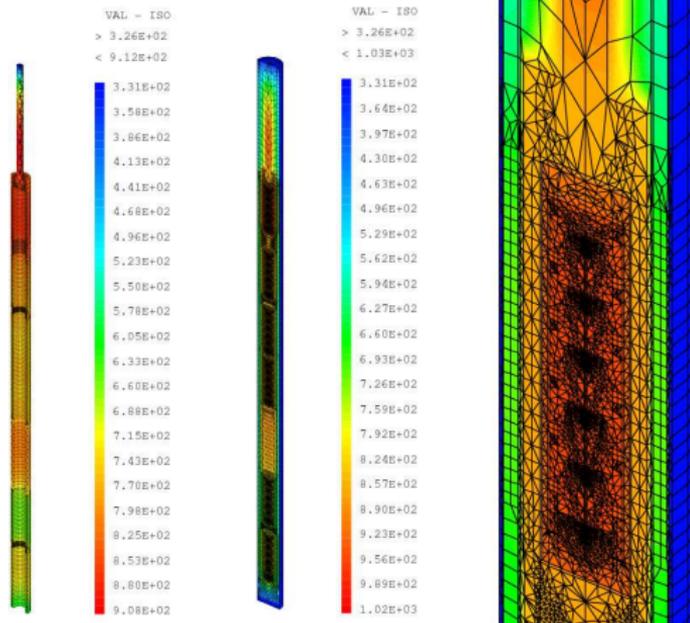
- chaque mini-aiguille est dédiée à l'étude d'une configuration expérimentale :
1 température x 1 microstructure x 1 vitesse de production d'He

Caractéristiques de la modélisation

- calcul thermomécanique élastique sur tout le système ;
 - 11 natures de matériaux différents dont 4 types de CCAM :
 - résistances de contact entre tous les solides :
 - gonflement CCAM (correction de puissance) ;
 - évolution puissance fissile + puissance gamma avec atténuation axiale et radiale issues des simulations neutroniques du DER/SPRC/LPN ;
 - lame de gaz à teneur He/Ne variable + chauffants four PHAETON ;
 - rayonnement via conductivité thermique équivalente (script d'extension python) ;
- procédure spécifique de gestion de « déformation » des gaz ;
- mise en évidence des mailles avec jacobien négatif ;
- mise en œuvre de critères de convergence définissable par l'utilisateur ;
- nombreux post-traitements ;
- calcul 2D (r, z) et 3D opérationnel (630 000 nœuds, éléments quadratiques) :
 - fichier d'entrée d'environ (1000 lignes)

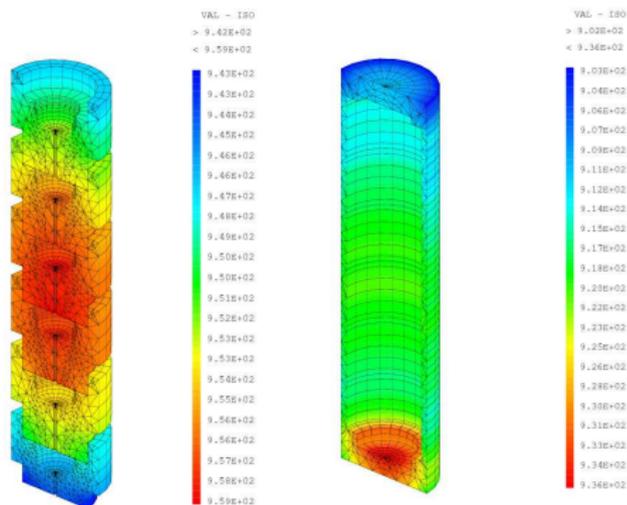


Exemple de résultats



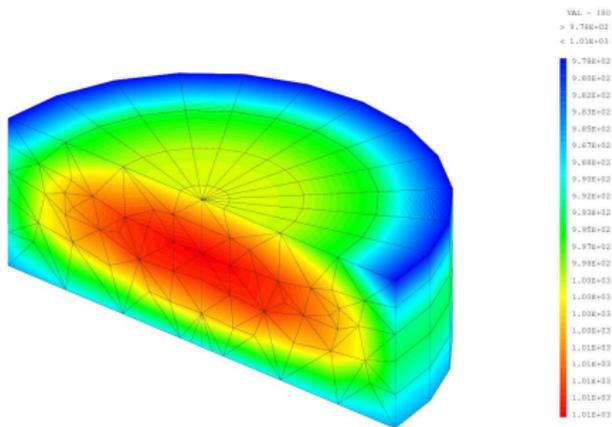
- Températures dans le porte-échantillon et dans l'aiguille ;

Exemple de résultats



- Températures dans une mini-aiguille ;

Exemple de résultats



- Températures dans un disque de CCAM ;



- validation des températures visées :
 - la conception initiale conduisait à des températures trop faibles ;
- études paramétriques :
 - effets d'excentrement des pastilles, des mini-aiguilles ;
- études de certaines instabilités thermo-mécaniques :
 - objet « allongé »
 - exacerbées par des dissymétries des flux neutroniques (dispositif en périphéries de réacteur) ;
- mise à disposition du schéma pour le suivi en ligne de l'irradiation ;



- bilan de l'utilisation de Cast3M pour les calculs d'éléments combustibles :
 - une interface pyCast3M mature :
 - ▶ robuste (non génératrice de bugs) ;
 - ▶ performante (aucun impact sur le temps de calcul) ;
 - ▶ une intégration « naturelle » dans salome ;
 - des utilisations de Cast3M diverses :
 - ▶ d'une trentaine de nœuds à plusieurs centaines de milliers ;
 - ▶ des phénomènes modélisés de plus en plus finement ;
 - ▶ des exigences numériques variées ;
 - un modèle de traitement de la diffusion, éventuellement couplé à la mécanique ;

Merci de votre attention