

Club Cast3M 2014

28 Novembre 2014

Hôtel MERCURE Porte d'Orléans
13 Rue François Ory, 92120 Montrouge



Club
Cast3M



<http://www-cast3m.cea.fr/>



En partenariat avec Altair
<http://www.altair.com>

Utilisation de maillages non compatibles en mécanique des structures. Exemple d'application à des composants d'ITER



D. COMBESCURE

F4E (Fusion For Energy), C/ Josep Pla, 2 08019 Barcelone, Espagne

didier.combescure@f4e.europa.eu

Lorsque les structures à analyser sont complexes ou que des problèmes multiphysiques doivent être résolus, il est souvent nécessaire d'utiliser des couplages pour pouvoir connecter des structures ayant des maillages incompatibles ou pour transférer des chargements entre 2 maillages différents (chargements thermiques, électromagnétiques, etc). Quelques exemples sur des structures du réacteur de fusion ITER permettront d'illustrer les possibilités offertes par Cast3M.

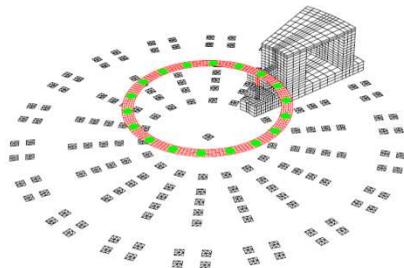
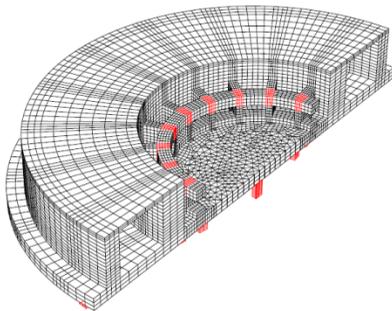


Figure : Exemple de structure : le supportage de la machine Tokamak

Integration of rapid variation of moisture content in a cohesive zone model: simulation of crack propagation in wood under the humidity variation

N. A. PHAN

Université Bordeaux, I2M/GCE, 351 cours de la libération-33405 Talence cedex France

na.phan@i2m.u-bordeaux1.fr



Cohesive zone models have also been successfully employed to simulate the crack initiation and the crack growth in wood. Moreover, mechanical properties of wood depend on the temperature and on the moisture content. Varying moisture induces internal stresses which may cause cracks. The fracture process zone at the crack tip is directly submitted to air humidity variations. In this research, a new model, introducing the influence of the moisture content on the cohesive zone, is proposed and implanted in source code ESOPE of Cast3m. This 3D finite element model introduces moisture diffusion inside the whole specimen which results in the elastic property variation. In this study, the fracture tests in mode I on Maritime pin are performed on a modified Tapered Double Cantilever Beam. Under external loading, the crack growth simulation is carried out using joint element which represents the cohesive interface. The crack initiates at the joint points (released nodes) occurring when the stress reaches tensile strength, and the separation in the cohesive interface is specified in terms of the cohesive traction-separation laws. At the beginning of a current time step, the moisture diffusion with the update crack length (precedent step) is estimated; and, mechanical properties in the whole specimen are then updated. Consequently, the moisture variation introduces an additional stress.

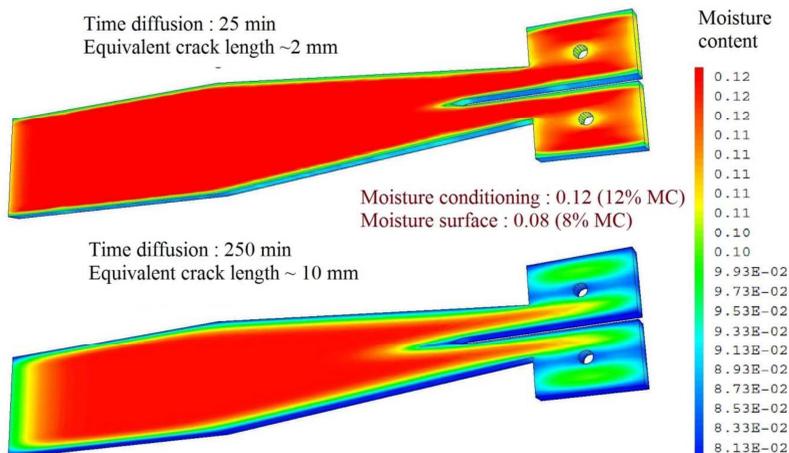


Figure : Middle section of the mTDCB specimen

Quelques exemples d'utilisation de lois de comportement en grandes déformations générées avec l'outil MFront



J. HURE¹, M. CALLAHAN¹, B. TANGUY¹, C. LING², T. HELFER³

[1] CEA DEN-DANS/DMN/SEMI/LCMI, bâtiment 625 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

[2] CEA DEN-DANS/DMN/SEMI, Mines ParisTech Centre des Matériaux

[3] CEA DEN-CAD/DEC/SESC/LSC

jeremy.hure@cea.fr, benoit.tanguy@cea.fr, chao.ling@cea.fr, thomas.helfer@cea.fr

Pour des applications telles que la mécanique de la rupture ou les calculs d'agrégats polycristallins pour les métaux, la prise en compte des grandes déformations est nécessaire. Différents formalismes existent dans la littérature, pour la plasticité continue ou cristalline. L'utilisation du formalisme en déformations logarithmiques applicable pour le cas de la plasticité continue est discutée, ainsi que la décomposition multiplicative du gradient de transformations élastique et plastique dans le cas des monocristaux. Ces deux formalismes sont utilisables avec l'outil MFront, qui permet de générer des lois de comportement utilisables dans Cast3M. Trois exemples seront présentés afin d'illustrer l'utilisation de ces modèles en grandes déformations : le premier concerne l'ajustement d'une loi de comportement d'un acier de cuve et son utilisation pour prédire la rupture par clivage par l'approche locale de la rupture, le second sur la croissance et la coalescence de cavités modèles dans un acier inoxydable, le troisième sur des calculs d'agrégats polycristallins d'acier inoxydable irradié.

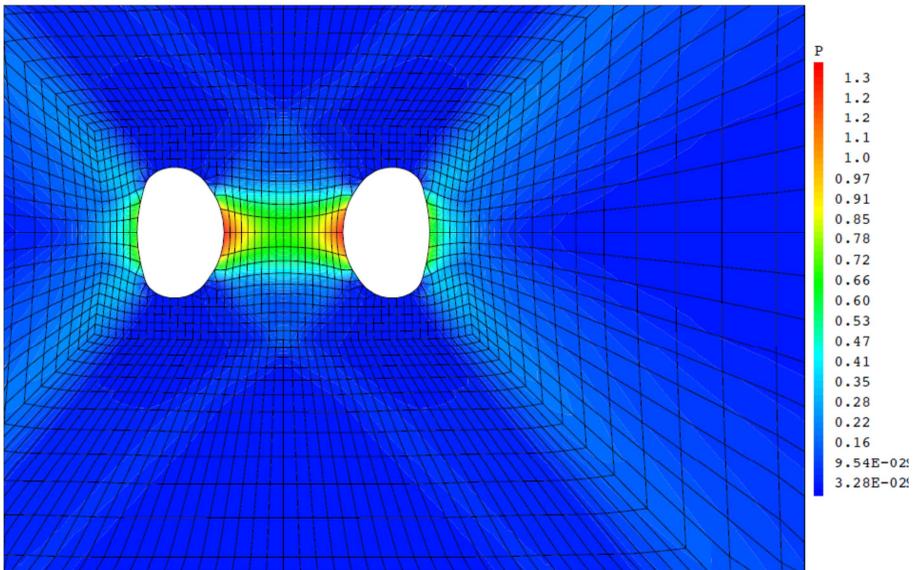


Figure : Croissance et coalescence de cavités : champ de déformation plastique cumulée

« Strong discontinuity method » appliquée aux problèmes d'Interaction Sol Structure avec décollement



A. FRAU, B. RICHARD, S. CHERUBINI

CEA DEN/DANS/DM2S/SEMT/EMSI, bâtiment 603 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

alberto.frau@cea.fr, benjamin.richard@cea.fr, benjamin.richard@cea.fr

La présentation relate une étude concernant la problématique de l'interaction sol/structure et, en particulier, du décollement entre le sol et la fondation superficielle en présence d'un évènement sismique en utilisant la méthode SDM (Strong Discontinuity Method).

En premier lieu, le cadre théorique et mathématique de l'étude est exposé. En second lieu, l'implantation sur Cast3M de l'approche proposée est précisée. En dernier lieu, différents cas tests à l'échelle de la structure visant à montrer la pertinence de l'approche au regard des techniques existantes sont traités.

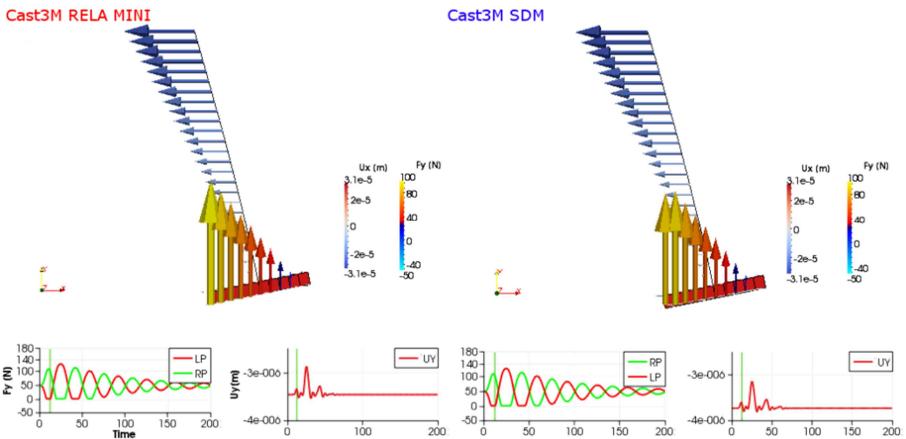


Figure : Calcul ISS avec décollement – Comparaison entre la méthode des multiplicateurs de Lagrange et la méthode SDM dans Cast3M

Procédure d'optimisation topologique TOPOPTIM et autres développements réalisés avec Cast3M

G. LE QUILLIEC

Polytech Tours – Laboratoire de Mécanique et Rhéologie, 7 avenue Marcel Daussault 37200 TOURS

guenhael.lequilliec@univ-tours.fr



La résolution d'un problème d'optimisation topologique consiste à distribuer au mieux la matière d'une structure en fonction de son application. Comme la plupart des procédures d'optimisation topologique existantes, la procédure TOPOPTIM s'inspire directement du code Matlab de « 99 lignes » proposé par O. Sigmund.

La version actuelle de TOPOPTIM permet d'optimiser la répartition de matière à l'intérieur d'un volume de départ pour des problèmes mécaniques ou thermiques, en considérant un comportement linéaire isotrope. Plusieurs exemples d'applications seront présentés, à la fois plans et tridimensionnels. L'un des avantages de TOPOPTIM est d'être intégré dans le code éléments finis Cast3M et de pouvoir profiter des facilités de ce logiciel pour définir le problème d'optimisation à résoudre. De plus, cette procédure a essentiellement été développée en GIBIANE afin de faciliter les développements futurs. Enfin quelques extensions et améliorations en cours de développement seront présentées.

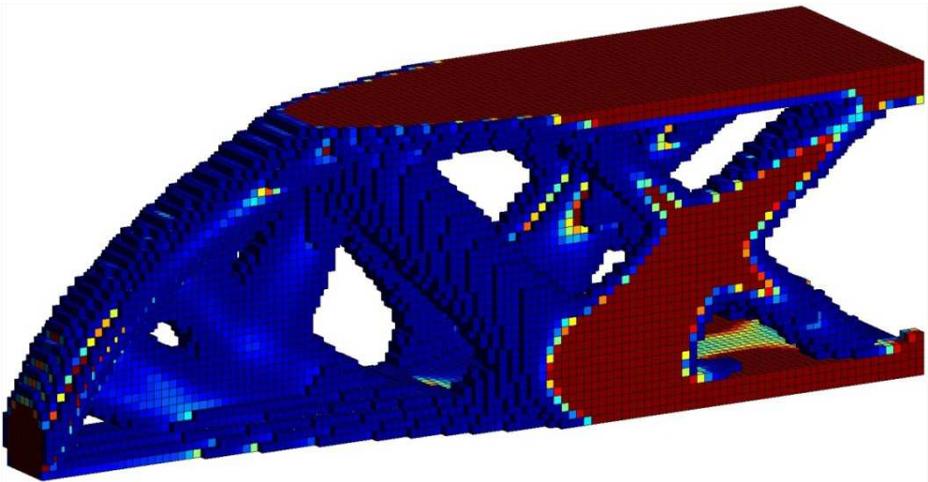


Figure : Optimisation topologique d'une poutre 3D en flexion

Prediction of fatigue crack growth of the contact wire in the railway catenary using XFEM simulation



S. H. MAI, M. L. NGUYEN-TAJAN, A. VERRIER

SNCF, Innovation and Research, 40 avenue des Terroirs de France 75611 Paris

si-hai.mai@sncf.fr

Key Words: crack growth, fatigue, residual stresses, contact wire, railway catenary, XFEM.

The role of the railway catenary system is to transmit the electrical energy from the energy supply point to trains. To ensure a good energy capture during the passage of a train, the pantograph applies a vertical force on the contact wire. This upward force causes a periodic bending stress which can lead to a fatigue fracture.

To predict the propagation of this fatigue crack, different approaches could be considered. In this paper, we used the eXtended Finite Element Method (XFEM) [1], implemented in Cast3M, to simulate the fatigue crack growth of the contact wire.

The material characteristics and parameters of the Paris law were identified thanks to experimental tests performed in a laboratory of Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF). Specimens were cut directly from the contact wire. Different mean-stress levels were considered. The stress intensity factors were calculated by Finite Elements Method using the domain integral.

In order to optimize the calculation time, some special strategies for the 3D mesh and the boundary treatment were developed. A numerical convergence study was performed.

Different geometries of the initial crack were studied. The numerical results showed a good agreement with observation in term of the evolution of the crack shape and its growth rate. The residual stresses of the contact wire were measured by X-ray diffraction [2]. These residual stresses were integrated in our simulations. A lower crack growth rate was obtained.

REFERENCES

- [1] S. Pommier, A. Gravouil, A. Combescure, N. Moës, *Extended Finite Element Method for crack propagation*. ISTE, WILEY, 2011.
- [2] Y. Cheynet, *Analyse des contraintes résiduelles sur fils de contact de caténares*, SNCF intern report, 2012.

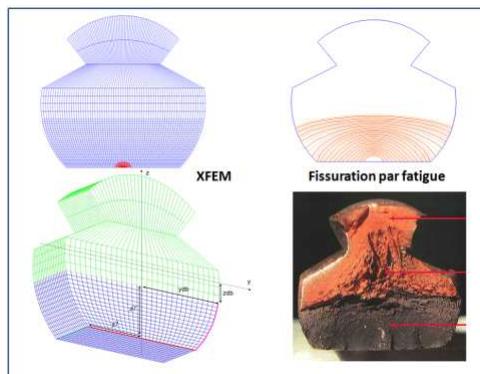


Figure : Propagation des fissures par fatigue dans les fils de contact de la caténaire avec la méthode XFEM

Fissuration en milieux isotrope et orthotrope via les intégrales invariantes : prise en compte des effets environnementaux



R. MOUTOU-PITI

Université Blaise Pascal, Polytech Clermont-Ferrand, Rue des Meuniers, BP 206 61174 Aubière Cedex
rostand.moutou_pitti@univ-bpclermont.fr

Dans ce travail, l'intégrale **A** permettant de prendre en compte l'effet de l'environnement (température et humidité) dans les processus de fissuration est validée de façon analytique et numérique. Le développement analytique repose sur les lois de conservation énergétiques et la combinaison des champs réels et virtuels. La validation est faite pour des matériaux isotropes comme l'acier (en introduisant en plus, une pression éventuelle sur les lèvres de la fissure) et orthotropes comme le bois. La prise en compte de l'orthotropie est effectuée en déclinant le facteur β représentant la dilatation dans les trois directions privilégiées du bois. Une généralisation est aussi faite aux matériaux viscoélastiques orthotropes via un modèle incrémental en fluage ne prenant pas en compte les effets de la variation de température dans les amortisseurs. Pour obtenir les facteurs d'intensité de contrainte et les taux de restitution d'énergie correspondants, trois procédures sont couplées : celle des champs virtuels, celle du champ ϑ qui introduit un domaine surfacique autour de la pointe de fissure et enfin, celle de l'intégrale **A** associée à la variation de température. Un maillage rayonnant assure la stabilité des résultats autour de la « process zone ». La véracité des résultats est vérifiée en comparant les résultats numériques aux solutions analytiques tirées de la littérature pour les cas isotropes et en vérifiant la stabilité du domaine d'intégration pour différents taux de mixité et différents niveaux de températures pour les cas orthotropes. Dans les travaux à venir, une formulation analytique permettant de prendre en compte les effets de la variation de la température dans les amortisseurs sera proposée et implémentée sous forme de procédure dans Cast3M.

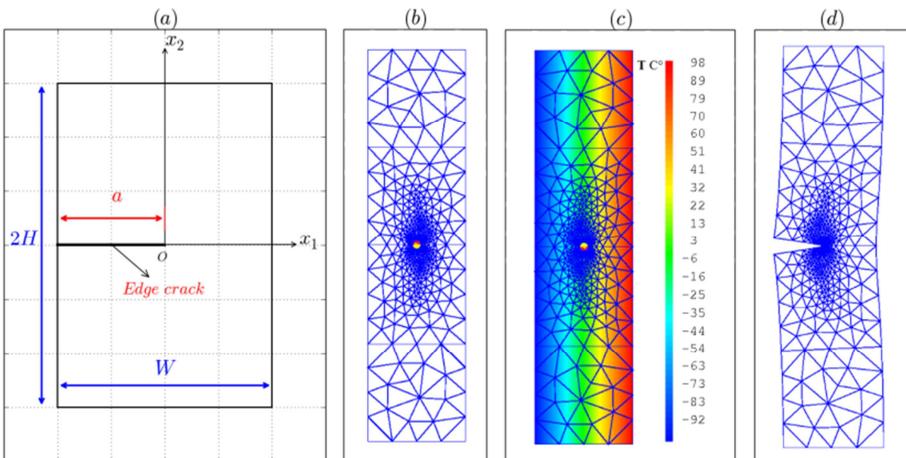


Figure : (a) – Plaque rectangulaire soumise à un champ thermique, (b) – Maillage éléments finis, (c) – Maillage avec champ thermique, (d) – Etat de déformation

Développement d'un solveur de diffusion neutronique multi-groupes pour le calcul de cœurs déformés



C. PATRICOT

CEA DEN/DANS/DM2S/SERMA/LPEC, bâtiment 470 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

cyril.patricot@cea.fr

Un solveur de diffusion neutronique a été développé dans Cast3M. Nous commencerons par présenter les méthodes de résolution implémentées. Il est possible de mener soit des calculs critiques (stationnaires) soit des calculs cinétiques (temporels). Une comparaison des résultats obtenus à ceux d'APOLLO3®, code de neutronique de référence actuellement en développement au SERMA, sera ensuite exposée. Une bonne adéquation a été trouvée, malgré des temps de calcul sensiblement plus grands. Enfin, des applications aux essais de fin de vie de Phénix seront présentées.

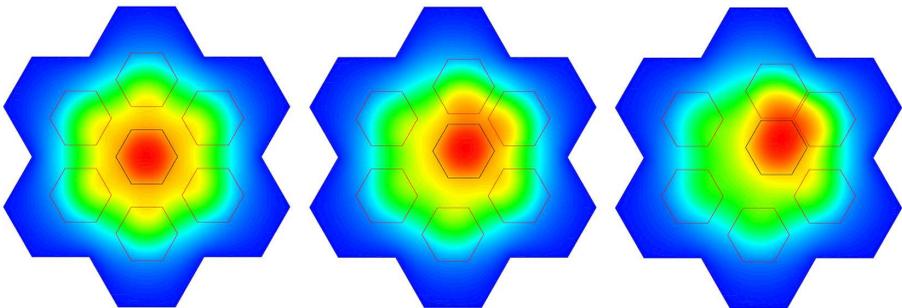


Figure : Calcul d'un flux neutronique sur un cœur déformé

Détection d'instabilités dans des ouvrages en matériaux granulaires élastoplastiques : Implémentation du critère de Hill dans Cast3M sous forme d'une loi de comportement UMAT



F. PRUNIER

INSA de Lyon, LGCIE 34 avenue des Arts 69621 Villeurbanne cedex

florent.prunier@insa-lyon.fr

Dans ce travail nous proposons une approche originale permettant de détecter les instabilités pouvant se produire dans des ouvrages constitués de matériaux granulaires élastoplastiques. L'une des caractéristiques principale des géomatériaux est leur non-associativité : la règle de normalité n'est pas vérifiée et en conséquence, le tenseur élastoplastique perd sa symétrie majeure. A cause de cette caractéristique, il est actuellement largement reconnu que des ruptures peuvent se produire avant le critère de limite de plasticité. Expérimentalement, deux modes de ruptures ont été observés avant cette limite : la localisation des déformations plastiques en bande de cisaillement peut être atteinte avant le pic de déviateur lors d'un essai triaxial drainé, et des cas de liquéfaction ont été obtenus au pic du déviateur lors d'un triaxial non drainé sur sable lâche piloté en force. Les modes de ruptures ne présentant pas de figure de localisation comme les cas de liquéfactions sont appelés modes diffus. Dans ces conditions, le critère de Hill permet de détecter tous les types d'instabilités matérielles, que ce soit en mode localisé ou diffus.

Dans la présentation liée à ce résumé nous présentons des calculs effectués avec Cast3M dans lesquels le critère de Hill a été implémenté sous forme locale (au point d'intégrations des contraintes) et sous sa forme intégrée sur tout le maillage. Une loi de comportement développée à l'INSA de Lyon a aussi été implémentée avec le sous-programme UMAT. Grâce à ces outils l'analyse de la stabilité de la construction d'une paroi clouée est présentée et discutée.

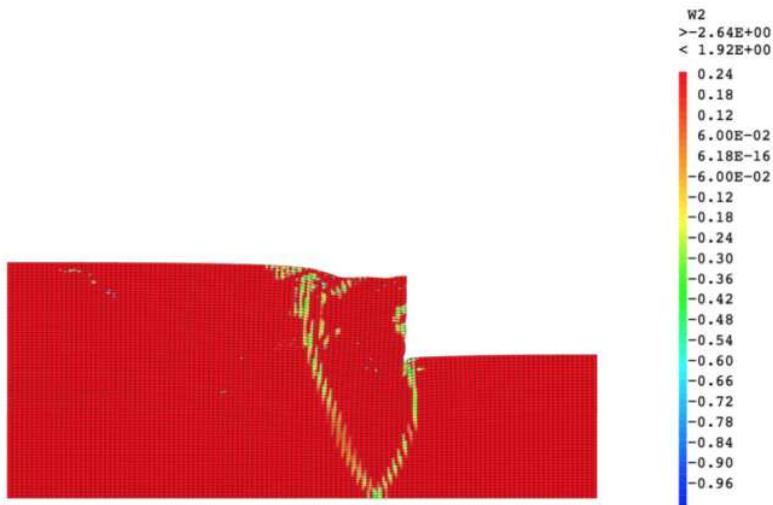


Figure : Travail au second ordre normalisé w_{2n} à la fin du processus de chargement

Modélisation Numérique de la Diffusion – Corrosion des Alliages de Zirconium dans Cast3M

G. ZUMPICCHIAT

CEA DEN/DANS/DMN/SEMI/LM2E, Bat 625P - Pce 14 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

Guillaume.ZUMPICCHIAT@cea.fr



Dans un réacteur nucléaire à eau pressurisée (REP), les gaines contenant les pastilles d'uranium sont immergées dans un milieu corrosif, le fluide caloporteur : de l'eau sous haute pression (150 bars) et haute température (320°C) comportant du bore et du lithium. La corrosion de ces gaines, fabriquées à partir d'alliages de zirconium, se traduit par l'oxydation de la gaine et représente un des facteurs limitant la durée de vie des crayons combustibles en réacteur (~5 ans). Il est donc important de comprendre et prédire le processus de corrosion des alliages de zirconium en conditions REP.

Une modélisation par éléments finis de la diffusion-corrosion 1D d'alliage de zirconium est présentée. Afin de modéliser la discontinuité du champ de concentration de l'oxygène à l'interface oxyde / métal, les concentrations aux nœuds de l'élément interface sont imposées. Un bilan de matière, tenant compte des flux de réaction à ces concentrations imposées, est effectué sur cet élément. Lorsque la quantité d'oxygène présente dans cet élément est supérieure ou égale à la quantité nécessaire pour l'oxyder complètement, les nœuds de l'élément interface sont débloqués et l'élément métallique suivant devient l'élément interface.

Avec ce modèle, nous étudions l'influence de la contrainte moyenne (un tiers de la trace du tenseur des contraintes) et de son gradient respectivement sur le coefficient de diffusion (loi de Dollins [1]) et sur le flux de diffusion. On montre que l'effet Dollins a une influence de premier ordre sur la cinétique d'oxydation tandis que l'effet du gradient de contrainte est de second ordre.

REFERENCES

[3] Dollins, C.C. et Jursich, M. (1983). *Journal of Nuclear Materials*. 113 :19.

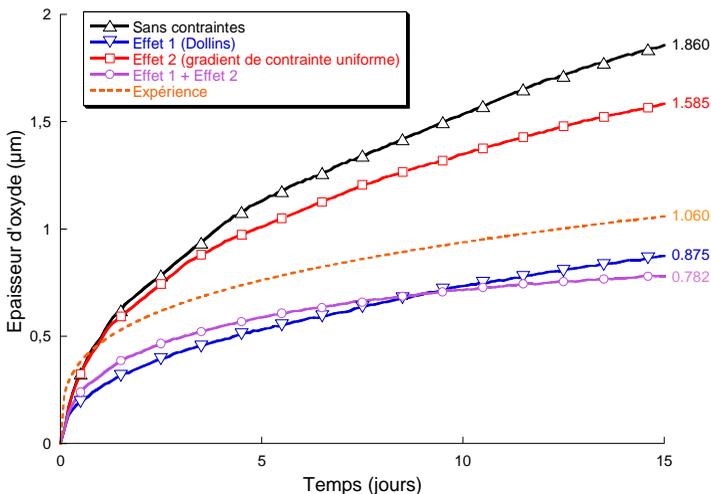


Figure : Comparaison de cinétiques d'oxydation pour différents couplages Diffusion-Contrainte

Modélisation numérique et validation expérimentale de l'hydrodynamique d'une émulsion dans un dispositif dédié



J. F. PAISANT¹, T. RANDRIAMANANTENA¹, F. LAMADIE¹
J. DUHAMET², J. P. MAGNAUD³, A. MONAVON⁴

[1] CEA DEN/MAR/DTEC/SGCS/LGCI, F-30207, Bagnols/Cèze, France

[2] CEA DEN/MAR/DTEC/DIR, F-30207, Bagnols/Cèze, FRANCE

[3] CEA DEN/DANS/DM2S/STMF, bâtiment 460 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

[4] Université Pierre et Marie CURIE, 4 place Jussieu 75252 Paris cedex, FRANCE

paisant.jean-francois@orange.fr, fabrice.lamadie@cea.fr, jean.duhamet@cea.fr
Tojonirina.RANDRIAMANANTENA@cea.fr, jean-paul.magnaud@cea.fr

Le retraitement des combustibles nucléaires usés est basé sur des opérations de séparation chimique par extraction liquide-liquide, mise en œuvre principalement dans des colonnes pulsées. Le rendement de l'extraction en colonne pulsée est lié à la quantité de surface d'échange entre les phases formant une émulsion. Cette quantité dépend autant des paramètres géométriques des colonnes que de leurs conditions de fonctionnement. Un meilleur dimensionnement doit donc conduire à un meilleur rendement, qui est sujet à plusieurs paramètres, parmi lesquels la vitesse de glissement inter-phase.

Nous présentons ici un modèle diphasique d'approche eulérienne, inspiré des travaux de D. Lhuillier, permettant l'obtention des vitesses de chacune des deux phases ainsi que de leur fraction volumique. L'évolution de la surface d'échange est obtenue par un ajout au modèle hydrodynamique d'une équation de transport de l'aire interfaciale, basée sur les travaux de thèse de T. Randriamanantena. La résolution de ce modèle a été réalisée par la méthode des éléments finis et l'implémentation a été effectuée en GIBIANE.

Dans le but de valider notre modèle, nous avons mis au point un dispositif expérimental permettant de mettre en place un écoulement élongationnel. La comparaison des résultats numériques à l'étude de l'hydrodynamique d'un écoulement diphasique dans le dispositif a ainsi permis une première qualification du modèle.

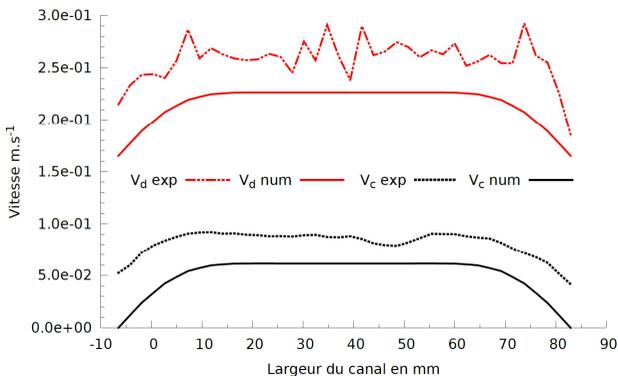


Figure : Comparaison entre profils expérimentaux et numériques des vitesses de phases

Nouveautés Cast3M

A. MILLARD¹, S. GOUNAND²

[1]CEA DEN/DANS/DM2S/SEMT/LM2S, bâtiment 607 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

[2]CEA DEN/DANS/DM2S/STMF, bâtiment 454 - CEN Saclay 91191 Gif sur Yvette cedex

stephane.gounand@cea.fr, alain.millard@cea.fr



Cette présentation reprend l'ensemble des nouveautés qui seront disponibles dans la future version de Cast3M (Version 2015 en Avril).

Les améliorations concernent les points suivants :

- MALLAGE
- Post-Traitement
- Visualisation
- langage GIBIANE
- Modèles
- Calculs
- Site Cast3M (<http://www-cast3m.cea.fr>)
- Les '+' des versions en lignes

Photos du Club Cast3M 2013



Club Cast3M 2014

28 Novembre 2014

Hôtel MERCURE Porte d'Orléans
13 Rue François Ory, 92120 Montrouge

```
`/shdddhy+.
.sdhs+ooshdmNh:
-mdo/--.-:+ydnNN+
dms/-....:/odmNNN-
.Nmy+:-:-:/oydmNNN+
mmdyso+ooyhmmNNNN-
: mNmmddddmmNNNNNy/-`
.---.`
`/ydddddmmh+.
-ddy+///+shmNmo`
/mho:-...-/oymNNy
mms+:-...-/ohmNNN/
`Nmhs+://+oydmNNN+
hNmDhysyhdmmNNNN/`
.hNNmmmmmmNNNNNs++/-
`hmNNNNNNNNds:oyyo+++`
`-+syyyso:.`
`-+sssoos+ohyo/ohhyss//oyyo-`
.:ods-.:odms--/ymmy/.`
`ms+ooymyosydNN/
smy:.`h:.`-+hNNd`
`-:dh+/hh+/+ydNNO+/.`
`-+syyyso:.`
`-:oyhdmmmmNmNmNNmhsso+oom/`
`+hdysoosydms://+sys/.`
.hmy+:-...:/shmNmoyyo:
hmh+:-...-:oymNNN/`
`Nmho+:-...:/+ydmmNNN+
mNmhysoosyhdmmNNNN/
/mNmmddddmmNNNNNh+.`
:dmNNNNNNNNNNmNhs+++/-`
`sdmmmmmmmy+.`
`-+yhmh+:-...-/shmNNhho:
mmy+:-...-+shmNNN-
.Nmho+///+oshdmNNN+
dNmDhyyyhdmmNNNNN-
-mNNmmmmmmNNNNNNN+
.smNNNNNNNNNNh-
`/shdddhs+.
```



**Club
Cast3M**



En partenariat avec **Altair**
<http://www.altair.com>

<http://www-cast3m.cea.fr/>