

Club des Utilisateurs du code Z-set

28 février 2017
ONERA, Châtillon

- 9h30 Accueil autour d'un café
- 10h00 Vers une approche standardisée, pérenne et cohérente de la capitalisation des données expérimentales et matériaux pour le nucléaire : utilisation du générateur de code MFront pour le partage des implémentations des lois de comportement. Présentation de l'interface ZMAT de MFront
Thomas Helfer, CEA Cadarache
- 10h45 Endommagement sans endommagement
Matthieu Mazière, Centre des Matériaux - MINES ParisTech, PSL Research University
- 11h30 Modélisation de l'impact du grenailage sur le comportement et sur l'endommagement en fatigue d'un superalliage base nickel-fer, l'INCO718
J-P. Goulmy^{a,b,c}
(a) IRT-M2P Metz, (b) Onera - Châtillon, (c) UTT (LASMIS)
- 12h15 Déjeuner
- 13h30 Modèle RaftX avec mise en radeau tensorielle: premiers résultats avec Z-set
Rodrigue Desmorat, LMT, ENS Paris-Saclay
- 14h15 Proposition et mise en œuvre d'une loi simplifiée d'endommagement et de rupture pour les composites stratifiés
Frédéric Laurin, Onera - Châtillon
- 15h00 Modélisation du comportement mécanique de polymères amorphes à différentes échelles
Sabine Cantournet, Centre des Matériaux - MINES ParisTech, PSL Research University
- 15h45 Comportement viscoélastique avec prise en compte de la température et du degré de polymérisation pour la modélisation multi-échelles des contraintes résiduelles dans les composites à matrice thermodurcissable
Martin Hirsekorn, Onera - Châtillon
- 16h30 Discussion autour d'un café

RÉSUMÉS

Vers une approche standardisée, pérenne et cohérente de la capitalisation des données expérimentales et matériaux pour le nucléaire : utilisation du générateur de code MFront pour le partage des implémentations des lois de comportement. Présentation de l'interface ZMAT de MFront

T. Helfer^a, O. Fandeur^a, F. Curtit^b, T. De Soza^b, C. Deloison^c, C. Toulemonde^b

(a) CEA Cadarache, (b) EDF, (c) Airbus Group Innovations

”Les études d’ingénierie se doivent de répondre à des critères de qualité toujours plus stricts. EDF et le CEA développent des stratégies de capitalisation des données expérimentales et des implémentations des lois de comportement à partir desquelles on veut aujourd’hui faire émerger une approche méthodologique standardisée, pérenne et cohérente. Étant données les collaborations étroites entre EDF et le CEA d’une part et les Mines de Paris d’autre part, notamment à l’occasion de thèses, il est intéressant de présenter et partager cette démarche.

Nous commencerons par poser le contexte en décrivant la complexité des phénomènes mécaniques apparaissant dans un élément combustible, puis nous décrirons l’état actuel des stratégies de capitalisation et évoquerons les perspectives actuellement envisagées. Nous nous concentrerons ensuite sur la question de la portabilité des lois de comportement mécanique à l’aide du générateur de code open-source MFront qui possède des interfaces vers Cast3M, Europlexus, Code_Aster et qui permet de générer des classes Z-mat. La description de l’interface Z-mat, de sa conception et son périmètre actuel constituera l’essentiel de la présentation”.



Endommagement sans endommagement

Matthieu Mazière^a, Clément Defaisse^{a,b}, Moubine Al Kotob^{a,b}

(a) Centre des Matériaux - MINES ParisTech, PSL Research University, (b) Safran Tech

”Un certain nombre de matériaux métalliques industriels, notamment parmi ceux récemment développés, présentent sur leur courbe de traction une longue partie adoucissante. Ce domaine adoucissant s’accompagne d’une concentration de la déformation sous forme d’une striction diffuse pour les éprouvettes de traction axi-symétrique ou sous forme d’une bande de localisation pour les éprouvettes de traction plate. Pour certains matériaux, l’analyse après rupture par coupes et fractographies montre la quasi absence d’endommagement ce qui rend inutile dans ce cas l’utilisation de tels modèles. Il est possible de simuler de manière simple l’ensemble de la courbe de traction à l’aide d’une loi d’écrouissage adaptée et d’un modèle en grande déformation, la décroissance de la courbe nominale étant apportée par l’adoucissement géométrique. Cependant l’identification de la loi d’écrouissage dans la partie adoucissante est beaucoup plus complexe que dans la partie durcissante de la courbe de traction pour plusieurs raisons liées à la non-uniformité de la déformation dans l’éprouvette : 1. la mesure de la déformation expérimentale est affectée par la position et le type d’extensomètre utilisé; 2. l’identification doit se faire sur un calcul par élément finis de l’éprouvette entière et par méthode inverse; 3. les paramètres du calcul (taille de maille, pas de temps, précision,...) peuvent affecter la courbe simulée; 4. la courbe simulée est liée à certains choix dans le modèle de comportement (isotrope/cinématique, von Mises/Tresca, 2D/3D,...) qui n’affectent pas la partie pré-striction.

Cette présentation donnera quelques résultats récents permettant d’amorcer une discussion sur le sujet. ”

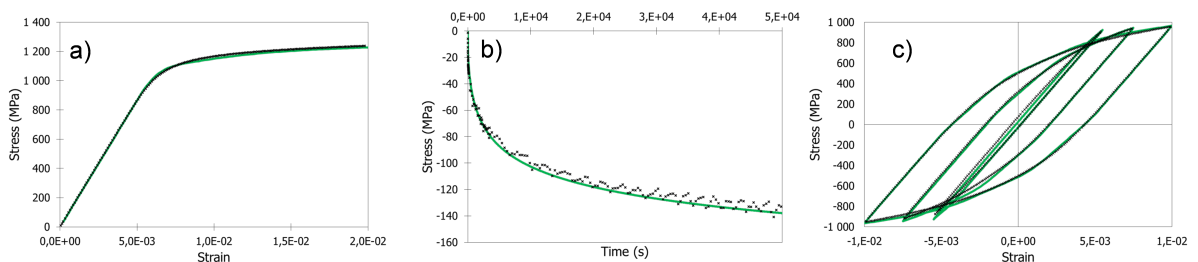
Modélisation de l'impact du grenailage sur le comportement et l'endommagement en fatigue d'un superalliage base nickel-fer, l'INCO718

J-P. Goulmy^{a,b,c}, L. Toualbi^b, P. Kanoute^{b,c}, S. Kruch^b, E. Rouhaud^c

(a) IRT-M2P Metz, (b) Onera - Châtillon, (c) UTT (LASMIS)

” L’objectif de cette étude est de prendre en compte les contraintes résiduelles issues du grenailage dans le calcul de la durée de vie d’un disque HP (Haute Pression) en Inconel 718. Pour répondre à cette problématique, il est nécessaire de comprendre comment les contraintes résiduelles se relaxent lorsqu’elles sont soumises à de hautes températures et à des chargements thermomécaniques.

La proposition d’un formalisme de loi de comportement et l’identification de ses paramètres sont une étape importante dans la modélisation de l’évolution des contraintes résiduelles et de l’écrouissage en service. Des essais de comportement réalisés à 20°C et à 550°C ont permis de mettre en évidence la présence des effets Marquis et mémoire. La prise en compte de ces effets permet de décrire à la fois le comportement monotone et cyclique de l’Inconel 718, éléments nécessaires pour prendre correctement en compte les effets du grenailage (Figure 1).



a) traction, b) relaxation et c) essai cyclique avec changement d’amplitude de déformation au cours de l’essai.

Comparaison expérience (noir) /simulation (vert) pour l’Inconel 718 DA à 550°C

Cet exposé a pour but de montrer comment les différents mécanismes de comportement sont étudiés et comment l’identification des paramètres de la loi de comportement est réalisée. De plus, on présentera la méthode d’introduction des contraintes résiduelles dans le calcul élément fini et leur évolution au cours d’un chargement cyclique.

- [Chaboche, Dang-Van, and Cordier, 1979] Chaboche, J.L., K. Dang-Van, G. Cordier, Modelization of the Strain Memory Effect on the Cyclic Hardening of 316 Stainless Steel, 1979.
- [Marquis, 1979] Marquis, D., Modélisation et identification de l’écrouissage anisotrope des métaux, Thèse de 3e cycle, Université Pierre et Marie Curie, 1979.

”



Modele RaftX avec mise en radeau tensorielle: premiers résultats avec Z-set

A. Mattiello ^a, R. Desmorat ^a, J. Cormier ^b, T. Rose ^c

(a) LMT, ENS Paris-Saclay (b) Institut P', (c) Safran Tech

" A new model is developed in order to account for the effect of microstructural degradation (i.e. precipitate-directional-coarsening) on the viscoplastic behavior of single crystal superalloys under high temperature exposure. Microstructural changes are modeled by a tensorial description of γ channel width evolution formulated in the natural anisotropy basis of the material. The tensorial description of microstructural evolution is combined with the Kelvin modes based viscoplasticity laws thanks to the coupling with the Orowan stress performed within a thermodynamics framework. Isotropic and directional coarsening of the γ' hardening phase are modeled as well as its dissolution with temperature changes. Results are presented for isothermal creep of CMSX-4 alloy at 1050°C along $\langle 001 \rangle$ and $\langle 111 \rangle$ crystal directions but the formulation allows to account for anisothermal loadings, isotropization of the creep response at high temperature and misaligned loadings. This newly developed tensorial framework for rafting can also apply to single crystal superalloys having a positive misfit.

" Keywords : Ni-based single crystal superalloys, Microstructure evolution, Creep, Anisotropy



Proposition et mise en œuvre d'une loi simplifiée d'endommagement et de rupture pour les composites stratifiés

F. Laurin, V. Medeau, J. Rannou

Onera - Châtillon

” L’objectif de cet exposé est de présenter les différentes étapes de la mise en œuvre d’une loi de comportement simplifiée pour les composites stratifiés de plis unidirectionnels. La première source de non linéarité prise en compte dans le modèle est l’endommagement matriciel. La variable interne du modèle correspond à la densité de fissuration normalisée par l’épaisseur du pli. La seconde source de non linéarité est due à la rupture des fibres qui induit un comportement adoucissant à l’échelle du pli et du stratifié. La rupture des fibres est directement fonction de la déformation totale appliquée aux points de Gauss, simplifiant ainsi la résolution de la partie rupture de fibre du modèle. Cette loi adoucissante est associée à différents méthodes de régularisation, telle que l’effet retard, le taux limitée et le non-local à gradient implicite. La mise en œuvre de ces différentes méthodes dans ZebFront sera détaillée et la procédure de validation de la matrice tangente cohérente non symétrique associée à cette loi de comportement particulière sera présentée. Enfin, la comparaison de cette loi implantée dans Z-set, utilisée dans Abaqus à l’aide de Z-mat et implantée directement dans Abaqus/standard sous forme d’UMAT sera comparée sur différents cas tests structuraux élémentaires. ”



Modélisations du comportement mécanique de polymères amorphes à différentes échelles”

Sabine Cantournet , Centre des Matériaux - MINES ParisTech, PSL Research University

” Dans le domaine de la conception de pièces aéronautiques, les systèmes antivibratoires recouvrent un rôle particulier. Leur cahier de charge doit garantir des prestations à la fois de transmission mécanique et de dissipation/absorption énergétique, dans des gammes des conditions environnementales (température, fréquence, ...) très amples. Les élastomères nano-renforcés, plus en détails les silicones chargés, PDMS-nanosilice, répondent à ces exigences industrielles. Si leurs propriétés se révèlent exceptionnelles pour l’application, la phase de conception est fortement restreinte à cause de la forte complexité de leur comportement mécanique. Des non-linéarités de nature multiple - effet Payne, effet Mullins, dépendance en déformation statique, température et phénomènes de recouvrance temporelle - manquent de compréhension, caractérisation et modélisation.

A l’état actuel, la modélisation de ce comportement matériau complexe est effectuée seulement de façon phénoménologique et macroscopique. Pour dépasser les limites de cette représentation, nous développons un modèle multi-échelle qui relie les aspects macroscopique à la réponse microscopique des systèmes chargés[1]. En particulier, Nous prenons en compte le renforcement induit par un réseau d’agrégats connectés par des régions de polymère confiné [2,3], ce dernier se trouvant alors dans son état vitreux du fait de l’interaction charge-matrice. ”

- [1] Modeling the macroscopic mechanical behavior of filled elastomers from local polymer dynamics », Davide Colombo, PHD Thesis.
- [2] Role of Dynamical Heterogeneities on the Viscoelastic Spectrum of Polymers : A Stochastic Continuum Mechanics Model, R. Masurel, S. Cantournet, H. Montes, F. Lequeux, Macromolecules, 48,18 6690-6702, 2015.
- [3] Role of Dynamical Heterogeneities on the Mechanical Response of Confined Polymer, R. J. Masurel, P. Gelineau, S. Cantournet, F. Lequeux, H. Montes, PhysRevLett.118.047801, 2017.



Comportement viscoélastique avec prise en compte de la température et du degré de polymérisation pour la modélisation multi-échelles des contraintes résiduelles dans les composites à matrice thermodurcissable

Martin Hirsekorn , Onera - Châtillon

” Aujourd’hui, la plupart des résines polymères utilisées dans l’industrie des composites sont thermodurcissables. Les avantages résident dans une viscosité faible des résines dans l’état non réticulé, ce qui les rend particulièrement appropriées aux procédés d’injection ou infusion, et dans un fort taux de réticulation avec un réseau 3D de chaînes polymères et des liaisons covalentes. La fabrication des composites à matrice thermodurcissable se passe à hautes températures (généralement proche de la température de transition vitreuse (T_g) de la résine, typiquement entre 160°C et 200°C), mais le composite est généralement utilisé à des températures bien plus faibles. La forte différence entre les coefficients de dilatation thermique de la résine et du renfort fibreux engendre des contraintes internes de cuisson et des déformations résiduelles des pièces composites. A la dilatation thermique s’ajoute une perte de volume de la résine lors de la polymérisation.

Afin de modéliser la formation des contraintes internes et prévoir leur influence sur la performances et la forme finale d’une pièce composite, des lois de comportements mécaniques qui prennent en compte l’influence de la température et du degré de polymérisation sont nécessaires. A petites déformations (les déformations issues du procédé de cuisson restent normalement de l’ordre de quelques pourcents maximum), le comportement mécanique d’une résine thermodurcissable peut bien être décrit par un comportement viscoélastique de type spectral. L’influence de la température est prise en compte au travers du principe de superposition temps-température. L’influence du degré de polymérisation est prise en compte au travers de son influence sur la T_g . Le comportement d’une résine thermodurcissable et de la dépendance à la température et au degré de polymérisation est identifié à partir d’essais de relaxation multi-température avec des échantillons à différents états de polymérisation.

Le comportement du composite aux différentes échelles est obtenu par homogénéisation dans l’espace transformé de Laplace-Carson. Avec la forme des lois de comportement proposées, cette méthode permet d’obtenir également la dépendance du comportement du composite à la température et au degré de polymérisation de la résine. La modélisation de la formation des contraintes internes lors du procédé de fabrication est ainsi possible avec la température et le degré de polymérisation comme paramètre externe.

L’exposé se conclut avec la présentation d’une implémentation dans Z-set d’une extension du calcul thermique transitoire qui inclut la modélisation de l’évolution locale du degré de polymérisation à l’aide d’un modèle thermocinétique en fonction de la température locale. Le couplage entre cinétique de polymérisation et thermique au travers de la chaleur de réaction est également pris en compte. ”



Les sessions se déroulent à l'Onera Châtillon
Salle Contensou
29 avenue de la Division Leclerc
92320 Châtillon.

Moyens d'accès sur le site <http://www.onera.fr/fr/nos-centres/chatillon>