



Cti

Commission
des titres d'ingénieur

MOHAMED BEN BETTAIEB

CURRICULUM VITAE CTI

INFORMATIONS BASIQUES

Nom	Mohamed
Prénom	BEN BETTAIEB
Titre	M
Rôle actuel à la Cti	Expert
Pays de nationalité	France
Mots-clés liés aux secteurs d'activité relevant de votre expérience	Mécanique <ul style="list-style-type: none">• Génie mécanique• Mécanique

FORMATION ET COMPÉTENCES

Mots-clés qui caractérisent votre expérience

- Activités internationales
- Entrepreneuriat

Diplômes

1. Diplôme national d'ingénieur en Génie Mécanique, École Nationale d'Ingénieurs de Monastir (Tunisie)--> Juin 2000
2. Diplôme d'Études Approfondies, Université Aix Marseille II--> Juillet 2002
3. Diplôme d'Études Approfondies, École Nationale d'Ingénieurs de Monastir (Tunisie)--> Octobre 2002
4. Thèse de doctorat, Université Aix Marseille II--> Juillet 2006

Maitrise des langues

	Aucune connaissance	Lire	Lire / Ecrire / Parler	Conduire un audit
Français				
Anglais				
Allemand				
Espagnol				
Italien				
Russe				
Chinois				
Arabe				
Autre				

Utilisation de l'informatique

Outils bureautiques, langages de programmation (C, C++, Fortran), outils de calcul formel (Matlab, Mathematica, Scilab), codes de calcul par Éléments finis (Abaqus, Zébulon...).

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE

Situation actuelle

Retraité

Pour chaque poste occupé

- Doctorant en Mécanique des solides à l'Université Aix Marseille II : Septembre 2002--> Juillet 2006
- Attaché temporaire d'enseignement et de recherche en Mécanique à l'École Centrale de Marseille : Septembre 2005--> Mai 2007
- Post-doctorant en Mécanique à l'Université de Liège (Belgique) : Juin 2007--> Septembre 2011
- Enseignant-Chercheur contractuel en Mécanique à l'École nationale supérieure d'ingénieurs de Caen : Octobre 2011--> Août 2013
- Maître de Conférences (Classe normale) en Mécanique à l'École nationale supérieure d'Arts et Métiers (Campus de Metz) : Septembre 2013--> Août 2023
- Maître de Conférences (Hors classe) en Mécanique à l'École nationale supérieure d'Arts et Métiers (Campus de Metz) : Septembre 2023--> Aujourd'hui
- Professeur invité en Mécanique à l'École Nationale d'Ingénieurs de Gabés (Tunisie) : Juin 2015
- Professeur invité en Mécanique à Georgia Tech-Lorraine (Metz) : 2016-2017
- Enseignant vacataire au Conservatoire National des Arts et Métiers : 2020--> Aujourd'hui

Recherche

Je suis rattaché à l'axe de recherche 'Méthodes Numériques, Instabilités et Vibrations' du Laboratoire d'Étude des Microstructures et de Mécanique des Matériaux (LEM3 – UMR CNRS 7239). Mes activités de recherche s'articulent autour de la modélisation de la mise en forme et la prédiction de la formabilité, avec sa représentation sous forme de courbes limites de formage (CLF), de tôles minces en utilisant des approches phénoménologiques et multi-échelles avancées. Ci-dessous une présentation des grands axes de mes activités de recherche ainsi que des apports dans le domaine de la modélisation de la formabilité des tôles minces :

- En forte collaboration avec mon collègue Farid ABED-MERAIM, nous avons développé un ensemble d'outils logiciels pour la prédiction de l'apparition de la striction localisée dans les bicouches métal/élastomère. Dans ces outils numériques, développés en MATLAB et MATHEMATICA, nous avons utilisé l'approche par bifurcation de Rice et l'approche par imperfection initiale de Marciniak-Kuczynski pour prédire l'apparition d'instabilités plastiques. Nous avons modélisé le comportement de la couche d'élastomère par un modèle hyperélastique de type Néo-Hooke. Pour la couche de métal, nous avons adopté plusieurs modèles de comportement : théorie de déformation et théorie d'écoulement plastique avec plasticité et écrouissage isotropes dans, des modèles viscoplastiques, des modèles avec écrouissage cinématique, une modélisation multi-échelles basée sur le schéma de Taylor. Dans les différents travaux précédemment cités, nous avons mis en évidence l'effet de la couche d'élastomère sur l'amélioration de la ductilité des bicouches. Les résultats de ces différentes investigations ont été comparés favorablement avec des prédictions et des tendances de la littérature scientifique.
- Nous nous sommes intéressés en 2017 à l'étude de l'effet de l'application d'une contrainte de compression normale au plan de la tôle sur sa formabilité. Il est important de rappeler que les prédictions classiques de courbes limites de formage sont généralement basées sur l'hypothèse de contraintes planes. Par conséquent, nos travaux sur l'effet d'une contrainte normale sur la formabilité constituent une avancée importante dans ce domaine. Nous avons vérifié, en développant des approches numériques, que la prise en compte de cette contrainte normale est de nature à améliorer significativement la formabilité des tôles étudiées.
- À mon arrivé à l'ENSAM, j'ai eu l'occasion de co-encadrer avec mon collègue Farid ABED-MERAIM la thèse de Holanyo Koffi AKPAMA. L'objectif de cette thèse était de prédire la ductilité des tôles métalliques par une approche multi-échelles. Cette thèse constitue la continuité d'autres thèses dans la même équipe (thèses de Jean-Paul LORRAIN et de Gérald FRANZ). Dans la thèse de Holanyo Koffi AKPAMA, nous avons développé un algorithme implicite de type 'Ultimate' pour intégrer les équations constitutives d'un monocristal CC en grandes déformations élastoplastiques. L'écoulement plastique dans ce cas est gouverné par la loi de Schmid classique. Cette loi est formulée sous la forme d'un problème de complémentarité linéaire (LCP). Nous avons développé un algorithme de type 'Ultimate' pour résoudre ce problème. L'efficacité de cet algorithme 'Ultimate' en comparaison avec un algorithme classique de type 'prédiction élastique/correction plastique' a été mise en évidence à travers de nombreux cas tests numériques. Le développement de cet algorithme constitue une avancée importante par rapport à mes travaux de thèse sur le même sujet. Cet algorithme a été intégré dans un schéma de transition d'échelles de type auto-cohérent pour prédire le comportement des agrégats polycristallins. Ce schéma auto-cohérent a été couplé au critère de bifurcation de Rice et à l'approche par imperfection initiale pour prédire l'apparition de la striction localisée dans les agrégats polycristallins. Ces différentes implantations numériques ont

conduit à la publication de plusieurs articles dans des journaux scientifiques.

- Dans la continuité de la thèse de Holanyo Koffi AKPAMA, nous avons proposé en 2016 un nouveau projet doctoral pour un financement CSC chinois. Nous avons sélectionné Jianchang ZHU pour réaliser cette nouvelle thèse qui a démarré en novembre 2016. L'objectif de cette nouvelle thèse était de développer une nouvelle approche numérique multi-échelles pour prédire la ductilité des structures métalliques hétérogènes. Contrairement à la thèse de Holanyo Koffi AKPAMA basée sur l'approche auto-cohérente, Jianchang a utilisé la technique d'homogénéisation périodique pour construire cette nouvelle approche numérique (une technique que j'ai déjà eu l'occasion d'utiliser pendant mes travaux de thèse). Pour appliquer les conditions de périodicité et le chargement macroscopique sur une cellule de base du matériau hétérogène étudié, Jianchang a utilisé la boîte à outil HOMTOOLS développée par Stéphane LEJEUNES et Stéphane BOURGEOIS du LMA (Marseille). Pour coupler la technique d'homogénéisation périodique au critère de bifurcation de Rice afin de prédire l'apparition de la striction localisée dans la cellule de base, Jianchang a développé et implanté plusieurs techniques de calcul du module tangent élastoplastique macroscopique (les techniques de condensation, de fluctuation et de perturbation). Les résultats de ces développements ont fait l'objet d'un article scientifique. L'approche numérique proposée a été utilisée pour étudier la ductilité de plusieurs structures hétérogènes, telles que les tôles métalliques perforées, ou des milieux poreux avec ou sans seconde population de cavités. Nous avons investigué la compétition entre les phénomènes de coalescence et de bifurcation dans une cellule de base poreuse en fonction de l'état de contrainte macroscopique (taux de triaxialité, paramètre de Lode). Cette étude nous a permis également d'investiguer le rôle d'une cavité initialement ellipsoïdale sur l'apparition des instabilités plastiques. Dans les travaux précédents, le comportement de la matrice métallique a été modélisé par des modèles phénoménologiques. Dans un travail plus récent, nous avons étendu l'approche numérique développée par Jianchang pour prédire la ductilité d'agrégats polycristallins poreux dont le comportement de la matrice est modélisé par une approche basée sur la plasticité cristalline (modélisation élastoplastique).

- Dans le cadre d'une collaboration avec l'École Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS) en Tunisie, nous avons mis en place une thèse en cotutelle internationale. Dans cette thèse, réalisée par Mohamed Yassine JEDIDI, nous nous sommes intéressés à l'étude du comportement de matériaux métalliques à structure hexagonale compacte (HCP). Dans ce cadre, nous avons développé un modèle de comportement phénoménologique élastoplastique caractérisé par deux surfaces de charge pour décrire l'évolution de l'anisotropie plastique due à l'activation des mécanismes de glissement cristallographique et de maclage. Ce modèle peut être considéré comme un modèle hybride qui permet d'allier les avantages des approches multi-échelles et phénoménologiques classiques (précision de la description physique, robustesse et efficacité de l'implantation numérique). Un algorithme de type retour radial a été développé pour intégrer efficacement les équations constitutives de ce modèle. Pour prédire l'apparition de la striction diffuse et localisée dans les matériaux HCP sous la forme de courbes limites de formage, nous avons couplé ce modèle de comportement à plusieurs critères d'instabilités plastiques (critère de bifurcation générale et de Rice, approche par imperfection initiale). Cette étude a permis d'analyser l'effet de plusieurs phénomènes physiques sur les limites de ductilité de tôles métalliques à structure HCP (mécanismes de déformation, anisotropie plastique, écrouissage...).

- Plus récemment (en 2019) et dans le cadre d'une collaboration avec le Laboratoire des Systèmes Mécaniques et d'Ingénierie Simultanée (LASMIS) de l'Université de Technologie de Troyes (UTT), nous avons obtenu un financement de la part de l'Institut de Recherche Technologique 'Matériaux, Métallurgie et Procédés' (IRT-M2P) pour un stage post-doctoral de 12 mois. L'objectif de ce post-doc réalisé par Joseph PAUX a été de développer une approche numérique hybride phénoménologique/multi-échelles pour modéliser le comportement de tôles minces lors des opérations de mise en forme. Dans ce projet, nous avons développé deux modèles de comportement et avons implanté ces modèles via des sous-routines utilisateur (UMAT) dans le code de calcul par EF ABAQUS : un modèle multi-échelles et un modèle phénoménologique. Dans la première modélisation, nous avons attaché un agrégat polycristallin à chaque point d'intégration du maillage par éléments finis. Le comportement de cet agrégat est déduit à partir de celui des monocristaux constitutifs par le schéma de transition d'échelles auto-cohérent (le même que nous avons utilisé dans le cadre de la thèse de Holanyo Koffi AKPAMA). À l'échelle monocristalline, nous avons pris en compte cette fois-ci l'effet de l'endommagement microscopique sur l'évolution des cissions critiques des différents systèmes de glissement. Cette amélioration constitue une nouveauté majeure par rapport à nos travaux précédents sur la modélisation du comportement monocristallin. En effet, dans nos modélisations antérieures, le comportement monocristallin était supposé élastoplastique, avec un écoulement plastique obéissant à la loi de Schmid. Dans sa version initiale (sans prise en compte de l'endommagement), la loi de Schmid peut être formulée sous la forme d'un problème d'optimisation sous contrainte, connu sous le nom de 'Problème de Complémentarité Linéaire' (LCP). La prise en compte de l'endommagement microscopique a permis de transformer le problème de complémentarité linéaire en un 'Problème de Complémentarité Quadratique' (QCP). Pour résoudre ce problème QCP, nous avons étendu l'algorithme explicite de type 'Ultimate' que nous avons développé il y a quelques années. La robustesse de cette nouvelle version de l'algorithme a été particulièrement analysée. Ensuite, nous avons développé un modèle phénoménologique endommageable (avec un endommagement de type Lemaitre), où la surface de charge est définie par le critère de Barlat. Ce modèle phénoménologique est sensé reproduire fidèlement les prédictions de

l'approche multi-échelles développée dans la première partie de ce post-doc. Pour atteindre cet objectif, nous avons supposé que les paramètres d'anisotropie plastique (relatifs au critère de Barlat) sont des fonctions de la déformation plastique et de l'endommagement. L'approche hybride permet ainsi d'utiliser deux modèles de comportement dans la même simulation d'un procédé de mise en forme : le modèle multi-échelles qui est affecté aux zones à fort gradient de déformation plastique dans la tôle et le modèle phénoménologique qui est attribué aux zones où la déformation plastique reste modérée. Cette modélisation hybride permet de garantir la richesse de la description physique de la déformation plastique à faible coût numérique (temps de calcul et espace mémoire).

- Pour approfondir notre compréhension de la ductilité des métaux, nous nous sommes intéressés à l'étude de quelques phénomènes qui ont un effet déstabilisant sur le comportement mécanique. Dans ce cadre, nous avons intégré des effets de type non-Schmid dans la loi d'écoulement d'un monocristal élastoplastique. Cette modification de la loi de Schmid classique a permis d'introduire une certaine non-normalité dans l'écoulement plastique. Le modèle de comportement monocristallin a été couplé au schéma de transition d'échelles de Taylor et au critère de bifurcation de Rice pour prédire la ductilité des agrégats polycristallins. Nous avons également utilisé un modèle de comportement phénoménologique basé sur le critère de Barlat avec un modèle d'écoulement plastique non-normal pour modéliser le comportement de tôles minces. Les études que nous avons menées ont révélé qu'une déviation par rapport à la loi de normalité conduit à une réduction de la ductilité des tôles métalliques.

- Depuis novembre 2020, nous avons recruté Shuai ZHOU pour poursuivre les travaux initiés dans la thèse de Jianchang ZHU. Jianchang avait posé les bases solides d'une approche numérique pour la prédiction de la ductilité des matériaux hétérogènes en utilisant la technique d'homogénéisation périodique. La thèse de Shuai ZHOU sera focalisée sur l'analyse de l'impact de plusieurs paramètres microstructuraux sur l'évolution de la ductilité des agrégats polycristallins. Dans une première étude, nous avons analysé l'effet de la texture morphologique (taille et forme des grains) sur le comportement mécanique en général et sur la ductilité en particulier. Ensuite, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'effet de l'écroutissage cinématique microscopique sur le comportement mécanique et la ductilité de tôles polycristallines. Actuellement, Shuai est en train d'étudier l'effet de l'endommagement ductile, introduit au niveau des systèmes de glissement cristallographique, sur la ductilité macroscopique.

Enseignement

Ci-après un bilan synthétique des principales actions pédagogiques que j'ai menées depuis septembre 2013 :

- Mes enseignements portent essentiellement sur la Mécanique des Solides. J'interviens en particulier dans l'UEF MDSA en deuxième année du PGE (les modules 'Mécanique Vibratoire' et 'Plasticité') et dans l'UEF MDSI en première année du PGE (Flambage élastique). Depuis 2020, j'interviens également dans l'UEF Énergétique en première année du PGE (Transfert de Chaleur). En plus des enseignements destinés aux élèves du PGE, j'assure également des enseignements pour d'autres formations à l'ENSAM (la formation PIS par exemple), le CNAM, GTL et l'ENIG en Tunisie. Tous ces enseignements portent sur la Mécanique des Solides (MMC, RDM, Statique des Solides, Méthode des Éléments Finis). En parallèle de ces enseignements, s'ajoutent les activités d'encadrement de projets et de stages.

- Dans le cadre de mes interventions dans l'UEF MDSA, j'ai apporté plusieurs améliorations et adaptations du contenu pédagogique. En particulier, j'ai renouvelé les outils logiciels utilisés dans les différentes manipulations (ABAQUS à la place du logiciel ACORD et LABVIEW à la place de SIGLAB). Ce renouvellement a nécessité la mise à jour des différents supports dédiés à ces TP (énoncés des TP, documents techniques...). J'ai également mis en place une nouvelle manipulation expérimentale en 'Mécanique Vibratoire' autour des problèmes d'équilibrage dynamique de machines tournantes.

- J'ai également retravaillé le cours de 'Plasticité' pour l'adapter aux réformes pédagogiques mises en place à l'ENSAM. Dans la version initiale de ce cours de 'Plasticité', seuls les problèmes unidimensionnels étaient traités. J'ai étendu donc ce cours aux problèmes tridimensionnels (critères de plasticité isotropes et anisotropes, notion de surface de charge...). Cette extension est indispensable pour une formation d'ingénieurs comme celle de l'ENSAM. J'ai ainsi préparé et diffusé auprès des étudiants de nouveaux supports pédagogiques pour ce module (deux présentations Powerpoint, un résumé succinct du cours, et un recueil de travaux dirigés).

- Pour les cours que j'ai assurés dans le cadre de la formation PIS de l'ENSAM ou du CNAM, j'ai défini le syllabus pédagogique ainsi que le contenu de chaque activité (en fonction du niveau des apprenants et du volume horaire alloué à chaque activité). J'ai préparé également les supports pédagogiques des différentes activités (des résumés de cours, des présentations Powerpoint ainsi que des recueils de travaux dirigés avec les corrections correspondantes).

Gestion

- Je suis depuis 2020, le coordinateur du Parcours Entrepreneuriat et Innovation Technologique (PEIT) au Campus ENSAM-Metz. Dans le cadre de ce parcours, j'ai organisé plusieurs actions de sensibilisation des étudiants aux défis de l'Entrepreneuriat et Innovation Technologique.

- Je suis depuis 2023, le responsable du parcours Chine pour tous les campus ENSAM (huit au total). Dans ce cadre, je gère les contacts avec les universités chinoises et les échanges des étudiants dans les deux sens (étudiants français pour partir en Chine et étudiants chinois pour venir en France).

Évaluation et gestion qualité

Autre expérience

Missions exclues pour raison déontologique

ENIM Monastir
ENSAM
CNAM

INFORMATIONS ADDITIONNELLES

Informations additionnelles

Date d'actualisation	10/03/2024
----------------------	------------
