

Juillet 2021



« Le phénix » de l'Université de Caen,

Site des prochaines JA



VOUS TROUVEREZ DANS CE NUMÉRO :

ÉDITORIAL : LE MOT DU NOUVEAU PRÉSIDENT	2
LA VIE DE LA SF2M	3
CALENDRIER DE LA SF2M.....	3
RÉUNIONS DU CONSEIL 11 MARS ET 10 JUIN.....	3
LIVRE BLANC.....	4
ANNUAIRE 2021.....	4
LE MOT DE FIN D'ALTERNANCE DE LYRE.....	4
PRIX ET MÉDAILLES 2021.....	5
MÉDAILLE RIST.....	5
PRIX JACQUET 2021.....	6
JOURNÉES SCIENTIFIQUES.....	6
JOURNÉES ANNUELLES 2021.....	7
CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES CONTRAINTES RÉSIDUELLES ICRS11.....	7
CONFÉRENCE MATÉRIAUX 2022.....	7
COMMISSIONS THÉMATIQUES	8
COMMISSION FATIGUE.....	8
COMMISSION ÉCONOMIE CIRCULAIRE.....	8
GROUPE JEUNES.....	8
COMMISSION MIXTE GFC-SF2M MATÉRIAUX RÉFRACTAIRES.....	9
COMMISSION INDENTATION.....	9
COMMISSION MISE EN FORME DE TÔLES MINCES.....	9
COMMISSION MATÉRIAUX ARCHITECTURÉS.....	9
ÉVÈNEMENTS	9
GDR THERMATHT.....	9
JOURNÉE INNOVATIONS MÉTALLURGIQUES POUR L'INDUSTRIE DE LA DÉFENSE.....	10
CONFÉRENCES.....	11
FORMATIONS	13
SOCIÉTÉS SŒURS	14
FEMS.....	14
ASSOCIATION FRANÇAISE DU TITANE.....	15
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DU VIDE - SFV.....	15
VIE DES LABORATOIRES	16
IN MEMORIAM	16
ANDRÉ RIST.....	16
SON QUOC NGUYEN.....	17
FRANZ OETERS.....	18
ALAIN KOSTER.....	19
OUVRAGES	21
SÉLECTION D'ÉVÈNEMENTS MATÉRIAUX	22
DATES LIMITES DE SOUMISSION DE RÉSUMÉS DANS LES 4 PROCHAINS MOIS.....	22
CONGRÈS DES 4 PROCHAINS MOIS.....	23
THÈSES	26

Une boîte à lettres spécifique attend vos contributions : sf2minfo@sf2m.fr

Le 10 juin, j'ai eu le grand honneur d'être nommé Président de la SF2M et de succéder à Danièle Quantin. Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement Danièle Quantin pour son dynamisme et toutes ses initiatives menées à la tête de la SF2M au cours de ces deux dernières années, notamment la création du groupe jeune, et tout cela en dépit des contraintes inhérentes à la crise sanitaire.

La SF2M a pour mission d'assurer le rayonnement de tous les matériaux qu'ils soient métalliques, céramiques, composites, polymères. Nous sommes une société savante dynamique qui favorise les rencontres et les échanges entre les industriels et les académiques. Les commissions thématiques et les événements organisés par la SF2M permettent le partage de l'information scientifique. Nous sommes les avocats des matériaux en France.

Comme nous l'avons écrit dans notre livre blanc, tout est matériau. Les matériaux sont au cœur des enjeux de notre société : enjeux sanitaires, économiques, technologiques et de développement durable. Ils sont et seront plus que jamais au centre des innovations pour transformer les idées en solutions concrètes. Les matériaux sont essentiels pour la réussite des transitions numériques et bien entendus ils jouent un rôle clé pour l'économie circulaire. La SF2M se doit d'être au cœur de ces enjeux.

L'exercice collectif du livre blanc a mis en évidence notre capacité collective à se mobiliser pour faire un état des lieux de la situation des filières matériaux industrielles et académiques en France. Nous avons proposé une vision unique de l'avenir des matériaux. Je vais m'attacher à :

- Partager, faire reconnaître et valoriser notre capacité à créer une vision. C'est essentiel pour faire entendre nos messages sur la formation, les filières matériaux ou la recherche industrielle matériaux en France. Cela se fera par exemple au travers de nos colloques, journées scientifiques, écoles, conférences mais aussi par une intensification de la communication sur notre site web, les réseaux sociaux, les médias.
- Favoriser les échanges et la collaboration avec d'autres sociétés savantes, notamment celles sur les produits et applications qui utilisent les matériaux. Nous allons poursuivre les échanges au sein des commissions thématiques mixtes ou entre commissions thématiques. Nous sommes une communauté très ouverte composée d'experts qui souhaite laisser leur place aux jeunes et favoriser la transmission des savoirs aux juniors. Nos commissions thématiques vont évoluer en lien avec les nouveaux enjeux.
- Accroître notre visibilité internationale. Nous continuerons à nouer des alliances avec d'autres sociétés savantes au niveau européen et mondial. C'est notre rôle au sein de la FEMS. C'est aussi le cas au travers des conférences internationales qui nous l'espérons tous pourront reprendre en 2022. Cela sera aussi la traduction en anglais (au moins partielle) de notre site internet.

Je sais que je peux compter sur votre soutien, au sein du bureau, des commissions thématiques, de la commission jeunes, des sections régionales. Vous pouvez compter sur nous (Danièle Quantin, Anna Fraczkiewicz et moi-même) pour vous aider et soutenir vos initiatives.

Bruno Chenal

Président SF2M



CALENDRIER DE LA SF2M

Événement	Date	Lieu et détails
Bureau et Conseil	25 octobre 2021	Distanciel
Journées annuelles 2021	26-28 octobre 2021	Caen et distanciel
Séance de remise des prix et médailles 2021	Novembre 2021	Paris ou distanciel
Commission des Prix et Médailles 2022	8 mars 2022	Paris
Bureau et Conseil	9 mars 2022	Paris
Journée scientifique 2022 et AG	10 mars 2022	Paris

RÉUNIONS DU CONSEIL 11 MARS ET 10 JUIN

Ces réunions ont eu lieu en téléconférence

Points à signaler :

- **Situation financière :** la situation 2020 a été difficile, avec une baisse des cotisations, pas d'événements organisés mais heureusement réception du solde de conférences de 2018 et 2019 et coûts de fonctionnement plus faible du fait de l'activité en télétravail hors de la Maison de la Chimie. Le barème des cotisations est inchangé pour 2021
- **Résultats des élections au conseil :**
8 membres élus ou réélus
Noëlle BILLON* (Mines ParisTech - CEMEF)
Gilbert HENAFF* (ISAE -ENSMA)
Gérard VIGNOLES* (Université de Bordeaux)
Emmanuel HOROWITZ* (ex. EDF)
Michel PIELLARD* (SAFRAN)
Yvan CHASTEL (Renault)
Florent KRAJCARZ (APERAM)
Guillaume RUCKERT (Naval Group)
**2^e mandat*

Nouveau bureau : Bruno CHENAL – Président
Danièle QUANTIN – PastPrésident
Anna FRACZKIEWICZ – Vice-Présidente
Denis SOLAS – Trésorier
Yves BIENVENU
Nathalie BOZZOLO
Jean DHERS
Stefan DRAWIN
Jean-Yves GUÉDOU
Hubert SCHAFF
Frédéric SCHUSTER

- **Relations internationales :** Discussions en cours avec l'ASM, principale société savante des matériaux aux États Unis, en particulier pour promouvoir les actions auprès des jeunes. Une proposition de collaboration envoyée par l'ASM est en cours d'examen. Un co-sponsoring permettrait aux membres SF2M un accès aux informations hebdomadaires de l'ASM, à l'annuaire, à des webinaires
- **Fédération Française des Matériaux**
 - Situation actuelle: la FFM n'a pas de statut juridique à ce jour. Elle organise avec le support d'une société savante maintenant dissoute les Conférences Matériaux 20XX. Un président et un vice-président sont nommés. La société savante du Président est l'entité juridique signataire des contrats. Un appel de fonds était fait auprès de chaque association pour monter le congrès. Il n'est juridiquement pas possible de continuer de cette façon, il est donc nécessaire de créer une entité juridique « pour

fédérer et coordonner les sociétés savantes membre pour organiser la conférence. En fait les statuts vont trop loin dans la description des missions, le but est bien de fédérer les actions des sociétés non les supplanter.

- Conclusion : Le Conseil a voté favorablement à la participation à la nouvelle FFM mais sous réserve de clarification des objets d'action de l'association (articles 3 et 6) qui ne doit pas se substituer aux missions / stratégies des partenaires. En conséquence la SF2M a soutenu la création de la FFM lors de son Assemblée générale Constitutive du 15 mars 2021.

- **Réunion stratégique des présidents des sections régionales** (en virtuel le 11 mai)

Partage de bonnes pratiques et recommandations. Bonne visibilité de l'éco système académique régional mais de moins en moins dans celui du monde industriel. Les manifestations locales (journées annuelles, prix Master) sont appréciées et encouragées

- **Réunion stratégique des présidents des commissions thématiques** (en virtuel le 9 juin)

Chaque commission va redéfinir son périmètre ce qui permettra de clarifier d'éventuels recouvrements. Il est demandé d'identifier les domaines stratégiques où la SF2M ne doit pas être absente.

Une synthèse de ces réunions va être rédigée avec un plan d'actions pour des propositions d'amélioration

LIVRE BLANC

Communication faite vers les adhérents avec lien sur le site Web et information sur LinkedIn

E-mail de remerciement envoyé aux contributeurs. Brochure de synthèse finalisée Liste de diffusion en cours vers institutionnels, monde économique, écosystème innovation, journalistes. Accès sur <https://sf2m.fr/livre-blanc/>

ANNUAIRE 2021

L'annuaire papier n'a pas pu être réalisé en 2020, la situation sanitaire rendant très difficile la prospection d'encarts publicitaires indispensables au financement de l'impression et du routage de l'annuaire.

La situation s'est améliorée en 2021 et l'annuaire est en cours de fabrication. Il sera envoyé par La Poste, normalement courant juillet, aux membres ayant réglé leur cotisation en 2020 ou (et) en 2021, et pour lesquels nous avons une adresse postale valide.

LE MOT DE FIN D'ALTERNANCE DE LYRE



Après deux années auprès de la SF2M en tant qu'alternante chargée de communication, nos chemins se séparent aujourd'hui. En effet, J'ai eu mon diplôme et ainsi je pars vers de nouvelles aventures. Je me dirige donc vers un bachelor en communication en alternance dans une agence de relations presse.

Ces deux années m'ont énormément apporté autant professionnellement que du point de vue humain. Ça été un véritable plaisir d'évoluer et d'apprendre auprès de personnes aussi sympathiques et patientes. J'ai pu découvrir un domaine que je ne connaissais pas tout en faisant mes armes pour la suite. Ainsi je voulais remercier ici toutes les personnes de la SF2M qui auront eu un impact plus ou moins direct sur ma formation.

PRIX ET MÉDAILLES 2021

La commission des Prix et médailles s'est réunie le 9 mars 2021 et a établi la proposition suivante qui a été validée en conseil le 11 mars

Médaille/Prix	Lauréat(e)s	Affiliation
Médaille Chaudron	Didier HUIN	ArcelorMittal Maizières
Médaille Bastien et Guillet	Christine BLANC	ENSIACET / CIRIMAT
Médaille Sainte-Claire Deville	Frédéric PRIMA	Chimie ParisTech
Médaille Charles Eichner	Hervé COMBEAU	Mines Nancy / IJL
Médailles Jean-Rist	Xavier BOULNAT	Mateis INSA Lyon
	Lucile DEZERALD	Mines Nancy / IJL
	Marion FROTEY	ArcelorMittal Maizières
	Jeremy RAME	Safran Aircraft Engines
Prix Bodycote SF2M	1 ^{er} prix Marion COFFIGNIEZ	Mateis INSA Lyon
	2 ^{ème} prix Flore VILLARET	EDF Lab
Prix Jacques Dalla Torre	Thomas JARRIN	CEA / Lawrence Livermore Nat. Lab.
Prix ArcelorMittal Pierre Vayssière	Clélia COUCHET	IJL / ArcelorMittal

La **Grande Médaille** a été décernée à **Jean Hubert SCHMITT** (LMSS-MAT, CentraleSupélec). **Tresa POLLOCK** (Université de Santa Barbara – USA) est nommée **Membre d'Honneur 2021**. La liste des lauréats est accessible sur [Tableau des Lauréats de l'année 2021](#)

La séance officielle de remise des Prix et Médailles aura lieu fin novembre suivant la logique 2020 (présentation de toutes les médailles senior et table ronde avec les Prix/Médailles Jeunes). L'organisation matérielle sera définie ultérieurement (présentiel privilégié, déconnecté des JA qui seront en distanciel).

MÉDAILLE RIST

La SF2M attribue chaque année une médaille « Jean RIST » à 4 jeunes spécialistes de la science des matériaux qui se sont distingués par leurs travaux scientifiques ou appliqués pendant leurs premières années de carrière.

Pourquoi « **Jean RIST** » (1900 – 1944) : Ingénieur de l'École Centrale, ingénieur puis Directeur des Recherches chez Jacob Holzer à Unieux. Dans les années 30, il développe l'emploi de fours à induction sous vide pour l'élaboration des aciers inoxydables. Il participe activement aux réflexions pour le Centre d'Etudes des Métaux puis à celles du CORSID pour la fondation de l'IRSID (Institut de Recherche de la Sidérurgie Française) dont il rédige le projet en avril 1944. Citoyen et ingénieur résistant, membre exemplaire de la Communauté des métallurgistes, il meurt au Champ d'Honneur en août 1944.

Son fils, **André RIST** (1927 – 2021) également ingénieur de l'École Centrale, fit particulièrement honneur à son père. Après un début de carrière consacré à la sidérurgie, partagé entre la recherche académique au MIT et la recherche industrielle à l'IRSID, il devient lui-même médaille « Jean RIST » en 1962. Il y mène des travaux de réputation internationale. La conception du « diagramme de Rist » et de la « droite de Rist » en sont une illustration.

Son retour au monde académique à l'École Centrale de Paris, lui permet d'exercer une influence majeure sur de nombreux jeunes, élèves et doctorants, tout en continuant sa carrière de chercheur. Il y crée ce qui deviendra le Laboratoire d'Élaboration des Matériaux. Par sa pédagogie active, ses approches innovantes, son questionnement permanent, sa façon d'exhorter ses étudiants à être « curieux comme des enfants toute leur vie », et de leur « apprendre à apprendre », il développa chez eux une attractivité pour les métiers de métallurgistes pendant plus de vingt ans. Voir pages 16 et 17 l'*in memoriam* consacré à André RIST)

Jean RIST et André RIST ont chacun joué un rôle majeur dans le développement de la Science et du Génie des matériaux en France et au-delà des frontières. La SF2M leur en est particulièrement reconnaissante.

Avec l'accord de la famille, à partir de 2022 la médaille attribuée à 4 jeunes métallurgistes ou spécialistes de la science des matériaux, est rebaptisée des noms des 2 illustres métallurgistes : médaille Jean et André RIST

PRIX JACQUET 2021

Les prix Jacquet 2021 ont été désignés par le vote en ligne des membres SF2M parmi les 41 photos déposées. Les prix ont été annoncés à la fin de l'assemblée générale du 29 mars.

Le premier prix est décerné à **Christelle NARDIN (Constellium C/Tech)** pour le cliché « **Envol Fe-é-rique** »



Il s'agit d'une micrographie MEB (x1000 – 8kV – SE) d'un alliage 5xxx utilisé pour la décoration dans le bâtiment, après dissolution partielle de la matrice d'aluminium.

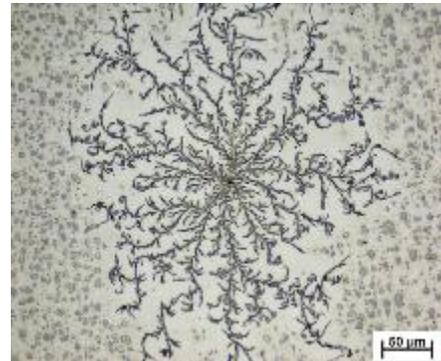
Technique de réalisation/apport scientifique : Au milieu des particules eutectiques riches en fer, est apparue cette créature dont les ailes déployées tentent de l'arracher à la matrice.

Provenance : Constellium C-TEC / MET-M

Le deuxième prix est décerné à Thomas **CAILLOUX (CEA Saclay)** pour le cliché « **Inox Flower** »

Observation en microscopie optique de la surface d'un échantillon en acier inoxydable 316L réalisé par fabrication additive. La zone observée correspond à la coupe transversale d'un cordon.

La fabrication additive offre de nouvelles possibilités pour la création de pièces complexes ou la réparation de pièces métalliques usées. Il est nécessaire d'obtenir une bonne santé matière du matériau déposé et une coupe transversale de la réparation permet de savoir si la pièce est poreuse. Une attaque chimique à l'Adler a été effectuée mais a échoué. L'échantillon a donc été repoli mais la solution Adler piégée dans une porosité de l'acier s'est déversée lors du polissage tournant provoquant ces lignes attaquées sur la surface du matériau poli formant une fleur



Provenance : Laboratoire d'Ingénierie des Surfaces et Lasers (LISL) CEA Saclay

L'ensemble des images est consultable dans la médiathèque du site SF2M sous la recherche "Jacquet 2021" ou en téléchargeant [le Livret Prix Jacquet 2021](#).

JOURNÉES SCIENTIFIQUES



La Journée Scientifique 2020 sur les **Grands instruments** initialement prévue le 12 mars 2020 **et** reportée en 2021 s'est finalement tenue en distanciel le 12 mars 2021 et a réuni 41 participants qui ont suivi des exposés de grande qualité

La Journée Scientifique 2022 est programmée pour le 12 mars 2022, à Paris. Le sujet retenu est "**Le numérique pour la science et l'ingénierie des matériaux (process, qualification produits, big data, design matériaux, IA, jumeau numérique...)**". Ce sujet est une opportunité d'avoir à la fois des points de vue industriels et scientifiques. Marc BERNACKI est volontaire pour participer, Luisa DA SILVA (Commission Matériaux numériques) et des industriels vont être contactés afin de créer un Groupe support à cette journée.



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Les **Journées Annuelles de la SF2M** sont de retour en région. Elles sont organisées par la Section Ouest et en particulier les équipes de Caen. Prévues initialement en octobre 2020 à Caen, elles ont été décalées d'un an et se tiendront en distanciel, **du 26 au 28 octobre 2021**.

Ces journées aborderont un spectre large de thématiques orientées autour des matériaux et de leur évolution à travers l'histoire.

Quatre thèmes génériques, structurés en différentes sessions, seront ainsi proposés afin d'aborder l'élaboration, les propriétés et la durabilité des matériaux de manière transversale et multi-échelle. Un thème sera dédié à l'évolution de la métallurgie à travers le temps :

- Endommagement et vieillissement des aciers
- Analyses/observations in situ
- Miniaturisation et changements d'échelle
- Archéomatériaux et archéoméallurgie

Davantage d'information concernant ces 4 thèmes sur [la page web](#) des Journées.

Les propositions de communications orales ou poster liées à ces 4 thèmes sont considérées avec, cependant, une ouverture pour tous travaux de recherche généraux en science des matériaux. Les doctorants sont particulièrement encouragés à présenter leurs travaux aux cours de ces journées.

La plateforme de dépôt des propositions (orales / posters) est close depuis fin juin et le programme détaillé en cours de finalisation.

CES JOURNÉES SE TIENDRONT EN DISTANCIEL

Si les circonstances le permettent, il sera possible d'accueillir des participants sur une jauge très réduite à l'Université de Caen.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES CONTRAINTES RÉSIDUELLES ICRS11

La prochaine conférence **ICRS** qui a lieu tous les 4 ans sera organisée à **Nancy** par la SF2M. Elle était prévue initialement du 7 au 18 décembre 2020 mais est finalement reportée du 27 au 30 mars 2022.

CONFÉRENCE MATÉRIAUX 2022



La **conférence internationale MATÉRIAUX 2022** qui se tiendra du 24 au 28 octobre 2022 à Lille (Hauts-de-France) est organisée sous l'égide de la [Fédération Française des Matériaux](#) (FFM) qui regroupe une trentaine d'associations scientifiques et techniques concernées par les matériaux. Elle s'inscrit dans la série des conférences MATÉRIAUX qui se tiennent tous les quatre ans depuis 2002 et qui se sont imposées comme

l'événement francophone incontournable pour l'ensemble des acteurs du monde des matériaux, qu'ils soient académiques ou industriels.

Lieux de rencontre et d'échange propices à la mise en place de nouvelles collaborations, ces conférences permettent de **faire le point sur les dernières innovations scientifiques et technologiques** et de mieux **appréhender les perspectives**, à court et moyen termes, en matière de conception et de mise en œuvre des matériaux.

Les colloques sont choisis pour favoriser au maximum les échanges entre participants d'horizons divers, autour de problématiques très variées. Les propriétés physiques comme chimiques des matériaux seront présentées, ainsi que les caractérisations multi-échelles et les modélisations numériques.

La SF2M propose 6 colloques pour cette conférence :

- Matériaux métalliques
- Procédés d'élaboration et de mise en forme (Poudres/Frittés/Fabrication additive/Tôles métalliques/Métal liquide)
- Matériaux pour l'électronique de puissance
- Matériaux et santé
- Grands instruments et sciences des matériaux
- Polymères et composites : recyclage, revalorisation, propriétés

Des réunions du comité d'organisation, auquel la SF2M participe, sont prévues durant l'été pour définir le programme et préparer un appel à communications pour l'automne 2021

COMMISSIONS THÉMATIQUES

COMMISSION FATIGUE

- Compte tenu des incertitudes qui continuent de planer sur la situation sanitaire, les **38^{èmes} Journées de Printemps de la Commission Fatigue**, déjà décalées de mai 2020 à mai 2021, sont à nouveau reportées au mois de mai 2022. Ces Journées seront consacrées à "**Fatigue et Fabrication additive**".

Toutefois, pour continuer à promouvoir les échanges au sein de la communauté "Fatigue" francophone, la commission a organisé une journée le 18 mai 2021, où ont été présentées des synthèses sur quelques sujets liés à la fatigue des matériaux, avec une large place laissée aux doctorants et jeunes docteurs
- Contribution à l'organisation de **Fatigue Design** par le CETIM (17-18 novembre 2021 à Senlis)
Pour information, consulter [Fatigue Design 2021 - 9th edition of the International conference](#);

COMMISSION ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Lancement des GT pour préparation de la feuille de route. Un appel à volontaires est lancé via un texte que Frédéric SCHUSTER prépare pour préciser les GT et l'approche.

GROUPE JEUNES

- Mentoring : L'objectif est la mise en contact de jeunes en début de carrière avec des professionnels. Un GT a été mis en place avec 3 volontaires pour définir l'approche et la communication. Un flyer est en préparation. Des volontaires mentors sont d'ores et déjà recherchés et peuvent postuler sur la messagerie mentorat-sf2m@sf2m.fr
- Mallette Matériaux : Il s'agit de constituer un support de communication sur les matériaux destiné aux collégiens et lycéens voire le grand public. Denis SOLAS a transmis les fiches Matériaux rédigées par ses étudiants, elles sont en cours de relecture et mise en forme. Il manque encore des fiches sur les propriétés d'emploi et les applications des matériaux pour la santé, l'énergie...
- Lors des prochaines JA à Caen (26-28 octobre 2021) 1 ou 2 séances posters avec attribution de prix seront organisées.

COMMISSION MIXTE GFC-SF2M MATÉRIAUX RÉFRACTAIRES

Organisation de la journée « Les ensembles céramique-métal » le 21 octobre à Limoges avec A3TS et le Pôle Céramique

Pour information consulter [LES ENSEMBLES CÉRAMIQUE/MÉTAL](#)

COMMISSION INDENTATION

Le prochain colloque INDENTATION 2021 se tiendra à Lorient du 15 au 17 octobre 2021

Pour information consulter [Colloque Indentation 2021](#)

COMMISSION MISE EN FORME DE TÔLES MINCES

Sandrine Thuillier (Université de Bretagne Sud) prend la présidence de la nouvelle commission « Tôles Métalliques Minces » (TOMMI). Cette commission succède à la commission « Mise en forme des produits et superplasticité » et recense déjà une quinzaine de partenaires académiques et industriels dont le soutien du CETIM. Une des premières tâches sera de préparer un symposium pour la conférence Matériaux 2022.

COMMISSION MATÉRIAUX ARCHITECTURÉS



Le prochain colloque MECAMAT prévu en présentiel du 17 au 21 janvier 2022 à AUSSOIS au centre Paul LANGEVIN aura pour thème "**Mécanique des Matériaux Architecturés**". Merci à toutes et tous de bien retenir ces dates dans vos agendas de début d'année 2022, des informations détaillées sur le programme qui vous attend ainsi que les modalités d'inscription via un site web dédié vous seront communiquées bientôt.

ÉVÈNEMENTS

GDR THERMATHT



Les prochaines journées du **GDR TherMatHT**, organisées par le LMI, auront lieu à **Lyon les 2 et 3 septembre 2021**.

Le site web des **JA GdR 2021** est ouvert pour inscription et dépôt des résumés <https://thermatht8.sciencesconf.org>

Pour cette 8^{ème} édition, il est proposé la possibilité de doubler les présentations orales par une affiche, pour favoriser encore plus les échanges.



La 3^{ème} Journée **Innovations métallurgiques pour l'industrie de la Défense** aura lieu le 12 octobre 2021 à l'École Militaire de Paris

Programme prévisionnel (à confirmer) :

Cérémonie d'ouverture

- Général de Corps d'Armée Patrick DESTREMEAU Directeur de l'Institut des Hautes Etudes de Défense Nationale (IHEDN) et de l'Enseignement militaire supérieur
- Jérôme FABRE, Président directeur général de la branche Alliages Haute Performance (Groupe ERAMET)
- SAFRAN : à confirmer

Matin : Les traitements de surface innovants et les problématiques environnementaux

Chairman : Pascal LAMESLE - Responsable Scientifique et Technique (IRT-M2P)

- DGA : Claire LAVOLLEE – « Avancées dans le domaine des traitements de surface pour l'aéronautique de défense ».
- NEXTER : Gilles CHOLVY – « Substitution des traitements de Chrome dur et Chrome noir à NEXTER pour les applications sur armes. Bilan de 5 ans d'études et perspectives »
- SAFRAN : Marjorie CAVARROC - « Apport des technologies plasmas et fluides supercritiques au remplacement du Cr dur pour des applications défense »
- À définir (Airbus Helicopter (David Siopli) ?)
- MBDA : Gilles LE PAGE - « Solutions déployées par MBDA en réponse à la problématique REACH sur les traitements de surface ».

Après-midi : Les innovations dans les matériaux métalliques.

Chairman : Hubert SCHAFF – SF2M

- ONERA : Cécile DAVOINE - "Matériaux transpirants pour application chambre de combustion"
- INDUSTRIEL : Antoine PROUST - « Aciers haute performance pour la protection balistique ».
- NAVAL GROUP : Florent BRIDIER - "Simulation numérique des procédés de fabrication : enjeux et Applications aux structures navales de défense"
- ARIANE GROUP : Meriadeg REVAUD - « Application de la fabrication additive chez Ariane Group »
- TRA-C : Aymeric DE MONCLIN – : « Assemblages innovants avec la technologie FSW (Friction Stir Welding) pour les applications défenses et duales »
- THIOT : Pierre HEREIL- Expertise en Physique des Chocs : optimisation des solutions Défense par la corrélation entre l'expérience et la simulation numérique

Clôture

- François MESTRE : Ingénieur Général de l'Armement (IGA) - Chef du Service des affaires industrielles et de l'intelligence économique de la Direction Générale de l'Armement

Cette Journée fait suite aux deux précédentes de 2018 et 2019. Elle sera organisée par le **Cercle d'Étude des Métaux** avec l'**IHEDN** (Institut des Hautes Études de Défense Nationale) et la **DGA** (Direction Générale de l'Armement).



Conférence Euro PM2021 en virtuel 18-22 octobre 2021 www.europm2021.com

Europe's annual powder metallurgy Virtual Congress & Exhibition will be taking place **online** 18 – 22 October 2021. Euro PM2021 which is organised by the European Powder Metallurgy Association, attracts industry leaders, decision-makers, respected academics and PM related companies and personnel from across the supply chain.

Conducted online for the second time, Euro PM2021 Virtual Congress is set to feature a world class technical programme which will define the latest developments in Powder Metallurgy (PM) over five full days of technical presentations, special interest seminars and exhibition.

Euro PM2021 planned presentations will be recorded and available online for the whole event. Attendees will be able to connect from all over the world and experience the same high-quality content as an in-person conference via presentations, discussion panels and some Q&A sessions.

The presentations papers from the web event will be published as usual and the proceedings will be available for sale in October as originally planned.

The programme of plenary, keynote, oral and poster presentations will focus on all aspects of PM: Powder Production / Consolidation technologies / Materials / Applications / Tools for improving PM



Le 14^{ème} symposium international sur les superalliages **Superalloys 2021** se tiendra en virtuel du 13 au 16 septembre 2021
Informations sur le site <https://www.tms.org/SuperAlloys2021>

The 14th International Symposium on Superalloys (Superalloys 2021) aims to highlight technologies for lifecycle improvement of superalloys. In addition to the traditional focus areas of alloy development, processing, mechanical behavior, coatings, and environmental effects, the Superalloys symposium invites papers from academia, supply chain, and product-user members of the superalloy community that highlight technologies that contribute to improving manufacturability, affordability, life prediction, and performance of superalloys.

YUCOMAT21



The 22nd Annual Conference YUCOMAT21 will be held August 30 - September 03, 2021 in **HERCEG NOVI, Montenegro** as a Live and Virtual hybrid conference

CONFERENCE PROGRAMME

SYMPOSIUM A Advanced Methods in Synthesis and Processing of Materials

SYMPOSIUM B Advanced Materials for High-Technology Application

SYMPOSIUM C Nanostructured Materials

SYMPOSIUM D Eco-Materials and Eco-Technologies

SYMPOSIUM E Biomaterials

All information at [Materials Research Society of Serbia - YUCOMAT \(mrs-serbia.org.rs\)](http://Materials Research Society of Serbia - YUCOMAT (mrs-serbia.org.rs))

À noter que cette conférence est organisée par Materials Research Society of Serbia, membre de la FEMS et qu'à ce titre, les membres de la SF2M bénéficient d'une réduction de 15% sur le montant de l'inscription

Philippe Colomban (Université Paris Sorbonne) fait partie de l'International Advisory Board

ECF23



La 23^{ème} conférence européenne sur la rupture **ECF23** aura lieu à **Funchal - Madère** (Portugal) Initialement prévue les 27 et 28 juin 2020, elle se tiendra du 27 juin au 1^{er} juillet 2022.

Informations sur le site : <https://www.ecf23.eu/>

LCF 9



La 9^{ème} Conférence Internationale sur la Fatigue **LCF9**, prévue du 22 au 24 juin 2021 est décalée et aura lieu à Berlin (Allemagne) au 21 -23 juin 2022

Informations sur le site <http://www.lcf9.de/>

DEPOS 30



Le colloque national sur la déformation des polymères solides **DEPOS 30** aura lieu à **La Napoule**, du mardi 28 septembre au vendredi 1er octobre 2021. Le colloque est organisé par le CEMEF, Centre de Mise en Forme des Matériaux, MINES ParisTech I PSL Université I CNRS UMR 7635, en partenariat avec l'association ARMINE

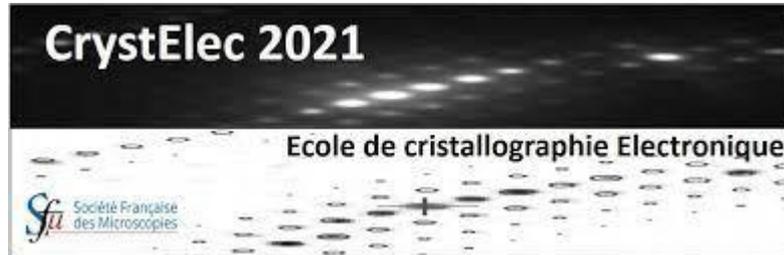
Les thématiques proposées par l'édition 2021 sans être limitatives sont les suivantes :

- Relation microstructure – propriétés d'usage (mécanique, transport diffusif, électrique...)
- Procédés innovants et formulation dont fabrication additive
- Durabilité des matériaux (fatigue, environnement...)
- Changements d'échelle au sein des polymères vierges et renforcés
- Fonctionnalisation des polymères (greffage, réticulation...)
- Adhésion/collage
- Chargements complexes, chargements dynamiques

- Mécanismes d'endommagement et de rupture sous chargements thermomécaniques
- Recyclage – Revalorisation des déchets plastiques
- Modélisation multiphysique et simulation numérique

Pour information, [30ème colloque national DEformation des Polymères Solides - Sciencesconf.org](http://30eme.colloque.national.DEformation.des.Polymeres.Solides-Sciencesconf.org)

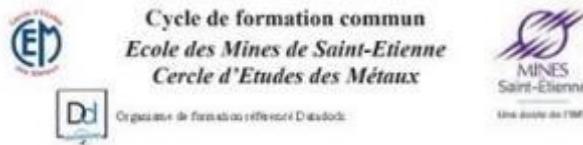
FORMATIONS



Une formation "Cristallographie Électronique" est organisée du 11 au 15 octobre 2021 à Grenoble avec le soutien de la Sfμ.

L'école porte sur la détermination des structures et des microstructures à l'échelle nanométrique par diffraction électronique dans un microscope électronique en transmission (MET). Elle concerne en particulier les développements récents associés à l'utilisation de nouvelles techniques d'acquisition et/ou d'analyse de données telle que la précession, la tomographie et la cartographie d'orientation. Les méthodes d'analyse de symétrie en faisceau convergent seront également présentées.

Toutes les informations sont disponibles à l'adresse suivante : <http://crystelec.univ-lille1.fr/>



Formation aux alliages d'aluminium

Cette formation aura lieu le **5 octobre** à [l'École des Mines de St Etienne](#)

Programme

- Aluminium primaire et recyclage
- Désignation et normalisation des alliages d'aluminium
- Alliages corroyés : présentation des huit séries commerciales. Dans chaque cas un alliage parmi les plus employés sera pris en exemple et ses qualités mises en avant. Ceci permettra de faire une revue des propriétés souhaitées pour le matériau : résistance à la traction, à la fatigue, résilience, résistance à la corrosion, aptitude à la mise en forme, au soudage.
- Alliages moulés : élaboration du métal liquide, aspects microstructuraux, traitements thermiques, différentes techniques de moulage, principales utilisations des différentes familles
- Propriétés d'usage : mise en forme (filage, laminage, emboutissage), découpe, usinage, rivetage, collage, brasage, soudage (TIG, MIG), revêtements de surface

Pour information, [Les alliages d'aluminium](#)



1^{ère} ÉCOLE THÉMATIQUE DU GDR 2065 « (CMC)2 » :
« Composites à Matrice Céramique : un tour d'horizon »

Cette école se déroulera du 10 au 15 octobre 2021. Elle aura lieu en présentiel au centre AZUREVA de Hendaye. Cette école thématique se veut être un moment de partage pédagogique et d'échanges autour des composites à matrice céramique et des différents aspects scientifiques qui les concernent.

Informations à l'adresse ci-dessous :

[Ecole thématique - CMC2 : Groupe de recherche du CNRS sur les Composites à Matrice Céramique](#)

SOCIÉTÉS SŒURS

FEMS



La prochaine conférence **Euromat2021** organisée par la Federation of European Materials (**FEMS**), dont la SF2M est membre fondateur, aura lieu en **virtuel** du 12 au 16 septembre 2021.

Informations sur le site <https://www.euromat2021.org/>.

La conférence **Junior Euromat 2020** prévue initialement à Grenade (Espagne) du 12 au 16 juillet 2020 puis reprogrammée du 15 au 19 novembre 2020 a été finalement annulée et reportée à 2022. Elle se tiendra à Guimaraes (Portugal) du 6 au 10 juillet 2022

Informations sur le site

[Junior EUROMAT \(Jul 2022\), Guimaraes Portugal - Conference \(10times.com\)](#)

Lancement du Journal de la FEMS **European Journal of Materials**

*FEMS is pleased to announce its brand-new journal, **European Journal of Materials** in association with Taylor and Francis, a fully open access materials science and engineering journal that covers the functional and structural behavior of materials.*

European Journal of Materials covers a broad spectrum of topics at the frontier of science and engineering of materials, from advanced processing and modelling to characterization at all length scales. The journal aims to close the gap between academics and practitioners in the field to provide a home for research in the international arena of materials science and engineering.

<https://www.fems.org/fems-journal-%E2%80%93-european-journal-materials>





Pour sa 17^{ème} édition, les Journées Technologiques Titane 2021 auront lieu les 29 et 30 septembre 2021 à Nantes. Cette nouvelle édition mettra l'accent sur LE TITANE DU BIOMÉDICAL À L'AÉRONAUTIQUE.

Regroupant les sociétés les plus représentatives et novatrices du secteur, de la PME à la multinationale, cette manifestation est le lieu de rencontre des fournisseurs et donneurs d'ordres utilisant le matériau métallique. Pendant 2 jours, se dérouleront une vingtaine de conférences plénières avec pour ambition d'aborder l'ensemble des aspects autour de la thématique retenue. Cet événement se déroulera dans l'Espace CIC, au Siège CIC Ouest, partenaire de l'événement. [Plus d'information.](#)

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DU VIDE - SFV



EURADH est une conférence internationale organisée tous les 2 ans en Europe, rassemblant les chercheurs du monde académique et de l'industrie pour échanger sur les développements dans le domaine de l'adhésion. **La prochaine conférence qui sera la 13^{ème}, sera organisée en virtuel par la SFV et sa division "Adhésion" SFA. du 10 au 14 octobre 2021**

Informations sur le site <https://www.euradh2021.com>.



PLATHINIUM (Plasma Thin film International Union Meeting) is a biennial meeting covering low-temperature plasma physics, plasma processing and plasma applications that emerged successfully in 2019 from combining the former conferences CIP, ITFCP and MIATEC.

This second edition will be held from 13 to 17 September 2021

The topics cover a wide range of plasma configurations from low to atmospheric pressure using plasma excitation methods at varying frequencies and confinement by magnetic fields also. Consequently, the range of application is equally wide and covers traditional fields such as thin films and coatings in microelectronics, automotive, aeronautics industries, and expands to emerging fields such as plasmas, thin films and nanostructures used in environmental, energy, biomedical and agricultural applications.

A 2-days exhibition will be organised and will represent an important part of the conference.

For information <https://www.plathinium.com/>

La prochaine **conférence Européenne du Vide (« European Vacuum Conference (EVC16)** prévue du 30 mai au 4 juin 2021 est décalée du 21 au 26 novembre 2021 et se tiendra à **Marseille**

Pour information, voir [EVC16 - 16th European Vacuum Conference](#)

EVC is an international conference held every 3 years in Europe (every 2 years before 2018) which aims at gathering researchers from University, Industry and Technical Centers to present and discuss the current state of progress in the field of vacuum sciences and technologies. in memoriam

VIE DES LABORATOIRES

Afin de communiquer sur leur quotidien et les travaux de chercheurs, Mathilde Laurent-Brocq et Régis Poulain de l'Institut de Chimie et des Matériaux Paris-Est (ICMPE) ainsi que Lola Liliensten de l'Institut de Recherche de Chimie Paris (IRCP) ont créé le compte Instagram

« [O_mon_labo](#) » ou lien https://www.instagram.com/o_mon_labo/,

qui propose de suivre pas à pas l'avancée d'un projet de recherche sur un nouveau procédé de recyclage des alliages d'aluminium. À destination des adolescents et jeunes adultes en orientation professionnelle, mais aussi plus généralement de toutes les personnes intéressées par la science et les curieux des autres métiers. Son objectif est de faire découvrir le quotidien du métier de chercheur.

IN MEMORIAM

ANDRÉ RIST



Nous avons appris avec beaucoup de tristesse le décès d'**André Rist** le 9 mars dernier. Toutes celles et ceux qui sont passés par l'Option « Métallurgie », devenue ensuite « Science et Génie des Matériaux », de l'Ecole Centrale entre 1969 et 1992, se souviennent de cet extraordinaire professeur de thermodynamique et de génie des procédés dont la pédagogie, fondée dès le premier cours sur de véritables études de cas, était pour l'époque d'une incroyable modernité. Toutes et tous se souviennent également de ses cours alertes, souvent brillants, riches en images, en comparaisons et agrémentés de citations et de colles étymologiques ou culturelles. Toutes et tous se souviennent enfin de son exceptionnelle capacité à construire des diagrammes et à les utiliser comme supports au raisonnement.

André Rist est né en 1927 à Saint-Étienne. Il passe son enfance dans la vallée où fut écrit « Germinal », aux portes de l'usine Jacob-Holtzer où son père, Jean Rist (ECP 1921, mort pour la France), est ingénieur en chef. Il éprouve très tôt la fascination pour le spectacle de l'acier liquide qui s'écoule dans les rigoles ou qui pétille et étincelle dans l'obscur clarté des halles de coulée.

Après sa sortie de l'Ecole Centrale en 1951, il est lauréat de la bourse Jean Gaillard et il poursuit ses études au MIT où il obtient un Master of Sciences puis un PhD en Métallurgie Chimique sous la direction de John Chipman, l'un des grands noms de la Métallurgie des années 50.

Revenu en France, il est recruté en 1955 à l'IRSID (l'Institut de Recherche de la Sidérurgie, dont son père fut le fondateur) d'abord à St-Germain-en-Laye puis à Maizières-lès-Metz. Très vite, il décide de donner une orientation résolument industrielle à ses travaux et il s'intéresse à la réduction des oxydes de fer et au haut fourneau. Il y mène des travaux essentiels qui lui vaudront une réputation mondiale. Ainsi, l'étude expérimentale

de la réduction le conduit à proposer le diagramme opératoire du haut fourneau, qui se révèle un outil de choix, aussi bien pour le chercheur que pour l'ingénieur : c'est le fameux « diagramme de Rist » et la non-moins fameuse « droite de Rist ».

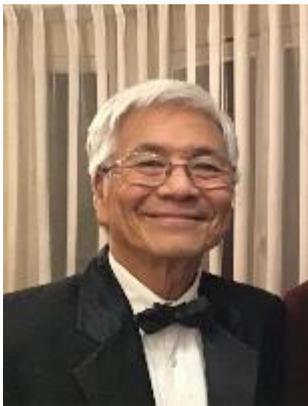
En 1969, il fait le choix de revenir à l'École comme Professeur à temps plein. Il y poursuit ses travaux de recherche en créant le Laboratoire de Métallurgie Extractive, devenu ensuite Laboratoire d'Élaboration des Matériaux, et en ayant le souci permanent d'élargir son horizon et les bases de son enseignement. Ainsi, la cuve d'électrolyse de l'aluminium, le four ISP à zinc, le water-jacket à plomb, les fours à verre, les nouveaux procédés de réduction sont tour-à-tour l'objet de son approche intellectuelle originale et synthétique, donnant lieu à une vingtaine de thèses. Stagiaires et ingénieurs de nombreux pays seront accueillis dans son laboratoire. Très reconnu par les milieux industriels, André Rist sera ainsi, au fil des années, conseil d'une bonne dizaine d'entreprises et d'institutions.

Passionné par l'enseignement, il joue également un rôle essentiel dans la modernisation de la pédagogie de l'École qui lui doit deux innovations majeures : dès 1966, le stage long de fin d'études et dès 1970, le projet personnalisé de deuxième année qu'il pilote jusqu'en 1983. L'ensemble de son action a été reconnue par sa nomination comme Officier de l'Ordre du Mérite et l'obtention des Palmes académiques.

Père de 5 enfants, il consacre ses loisirs à sa famille et à la musique dont il insuffle l'amour à ses enfants. Violoniste et altiste il trouve, selon ses propres termes, son plaisir suprême à jouer avec eux de la musique de chambre. Avec son épouse Michelle, il avait à cœur de recevoir chez lui régulièrement les membres de son laboratoire.

Beaucoup d'entre nous lui sommes restés fidèles, tant il avait le souci de ses élèves et de leur devenir, et serons fidèles à sa mémoire, tant il a été un modèle par sa rigueur et son honnêteté intellectuelle, par la pertinence de son jugement scientifique et par son exceptionnelle capacité à questionner et à remettre en cause les certitudes et les évidences.

SON QUOC NGUYEN



C'est avec une très grande tristesse que nous venons d'apprendre le décès à l'âge de 77 ans de **Son Quoc Nguyen** (Son pour les collègues qui l'ont connu au LMS et au Département de Mécanique).

Son était un chercheur profond. C'était, avec Bernard Halphen, celui qui avait proposé en 1975 le concept de matériau standard généralisé que d'autres ont repris et utilisé par la suite. Ses héritiers ont été nombreux et l'école française de Mécanique des Matériaux a fait de ses idées un usage intensif. Il avait bien d'autres travaux à son actif, comme l'algorithme de double projection en plasticité, que d'autres ont repris sous d'autres noms (radial-return, closest-point algorithm, etc), une analyse du couplage thermomécanique rigoureuse en mécanique de la rupture, une étude de la stabilité pour les matériaux dissipatifs, un algorithme stationnaire pour les problèmes en repère mobile, la liste est longue.

Membre actif et internationalement reconnu du LMS (Directeur de Recherche et médaille d'Argent du CNRS), il a également enseigné au Département de Mécanique. Tout au long de sa carrière, il a formé une longue liste de thésards et a aidé beaucoup de jeunes chercheurs qu'il a attirés en mécanique

Car Son était un homme d'une grande gentillesse, avec un sourire quasi permanent qui irradiait, d'une discrétion absolue ce qui l'a privé d'une reconnaissance qui aurait dû être plus grande. Ce n'était ni un carriériste, ni un homme d'appareil, c'était un passionné, un esprit pur. Il avait l'expérience d'un homme qui venait d'un pays en guerre, qui en avait vu les horreurs, et qui estimait avoir eu de la chance. La recherche était son monde et, quelque part, son refuge, ainsi que sa famille, une excellente épouse, des enfants dont il était fier et ses petits-enfants adorés.

Son décès si injuste et inattendu est une grande perte. Mais Son continue à vivre parmi nous à travers ses contributions scientifiques comme un modèle à suivre...

Pierre Suquet et Nicolas Triantafyllidis



Nous venons d'apprendre le décès de Franz Oeters, le 11 juin 2021, à 93 ans. Il avait été élu Membre d'Honneur de la SF2M en 1989. C'était un chercheur impressionnant par ses avancées scientifiques et techniques, la clarté de ses présentations et la qualité de ses relations avec ses collègues.

Il était né à Brème le 16 janvier 1928. Après avoir obtenu une licence en chimie et obtenu son doctorat à l'Université de Marburg, il rejoint l'équipe scientifique de Dortmund Hörder Hüttenunion AG en 1955 où il est rapidement promu au poste d'ingénieur en chef pour la recherche et le développement des procédés.

Dès le départ, il a combiné une connaissance approfondie de la physico-chimie avec une compréhension des nombreuses facettes du travail pratique. Son talent particulier est la capacité d'abstraire et de concevoir clairement des expériences de modèles physico-chimiques afin de clarifier les phases partielles clés avant de les combiner pour atteindre une vue globale des fonctions réelles en cours.

Son rôle dans la recherche scientifique internationale, prend une nouvelle dimension lorsqu'il devient professeur de métallurgie ferreuse à l'Université Technique de Berlin en 1969 : Prof. Dr. Phil Franz Oeters.

Les principaux aspects de son travail ont été :

- études théoriques et expérimentales du brassage, du mélange, de la fusion d'alliages et du transfert de masse en métallurgie en poche ;
- transfert de chaleur et solidification dans les lingots et les lingotières de coulée continue, développement de contraintes thermiques à la surface des barres en cours de solidification, macro-ségrégation lors de la solidification d'acier avec brassage ;
- mécanismes d'usure des réfractaires.

Ses recherches fondamentales sur la réduction directe, la réduction par fusion et la métallurgie en poche ont été - et sont toujours - d'un intérêt particulier pour les applications industrielles. Plus de 100 publications dans des revues internationales témoignent du haut niveau de ses études scientifiques, qui ne perdent jamais de vue l'application pratique.

Un de ses livres a eu un rayonnement particulier, "Metallurgie der Stahlherstellung" (Métallurgie sidérurgique) publié en 1989 par Springer Verlag et Verlag Stahleisen (16 éditions en 3 langues).

D'autres ouvrages importants ont été publiés plus récemment :

- Fundamentals and Principles of Reduction Processes; Wiley-VCH Verlag 2000.
- Melting and Mixing of alloying agents in Steel melts: methods and mathematical modelling; Verlag Stahleisen 1999
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry: chapter "Production of pure and high-purity iron"; Wiley Verlag 2012.
- en 2004, une autobiographie assortie de réflexions sur les succès et les échecs dans le domaine de la recherche : "Vom Alchemisten zum Metallurgen" (De l'alchimiste au métallurgiste). Il y décrit notamment les premières étapes de sa carrière dans l'industrie et la recherche sidérurgique allemande, de la fin la 2^{ème} guerre mondiale jusqu'à la réunification, ainsi que les débuts des relations scientifiques entre l'Allemagne et la Chine.

On peut citer, parmi ses nombreux articles dans des revues prestigieuses, celles sur les problématiques suivantes, associant systématiquement la compréhension des phénomènes de base et les applications pratiques :

- Thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction dans le système Fe-Mn-O (1954) : University Diplom Arbeit Dissertation,
- Quelques problèmes de constitution et de structure des siloxènes ; PhD Dissertation, Marburg University 1955
- études cinétiques et modélisation des réactions métal laitier, avec des applications à la déphosphoration et la désulfuration des aciers,
- étude et modélisation de la postcombustion au convertisseur et dans les réacteurs de réduction-fusion,
- mécanismes de formation des émulsions et de moussage des laitiers.

Bien que les troubles étudiants généralisés en 1969 et les réformes ultérieures aient presque paralysé la TU Berlin pendant longtemps, les travaux se sont poursuivis sans se décourager dans le service du professeur Oeters avec des recherches sur les mécanismes de base des procédés métallurgiques. La productivité scientifique n'a été nullement en retrait. Au contraire, le nombre de publications a augmenté et l'afflux d'étudiants de nombreuses régions du monde a augmenté. L'image de ce scientifique polyvalent est complétée efficacement par ses visites en tant que conférencier et professeur invité à l'université de Tohoku au Japon et à l'université du fer et de l'acier de Pékin, où il a été nommé professeur honoraire en 1980. Des professeurs de la sidérurgie internationale ont préparé leur doctorat, sous la direction du professeur Oeters, comme, par exemple, des directeurs généraux de la sidérurgie allemande.

Enfin on peut noter également sa fonction de membre du Conseil de Surveillance de la société Klöckner AG (1990).

Dans les années plus récentes, il est l'auteur du livre "Schritte zum Glauben für Zeitgenossen" (Des pas vers la foi pour les contemporains) publié en 2017 qui a déjà connu 3 éditions et qui est détenu par 466 bibliothèques dans le monde.

Paul Riboud et Jean-Marc Steiler avec l'aide de données de l'article de Ludwig von Bogdandy, Steel Research, 64, p.1, 1993.

ALAIN KOSTER



Alain Köster s'est éteint tragiquement à l'âge de 57 ans le 27 mai 2021 au Centre des Matériaux.

Il a consacré sa vie professionnelle aux essais mécaniques et thermomécaniques, principalement sur les matériaux métalliques, au Centre des Matériaux (CdM) de l'École des Mines de Paris, où il a fait toute sa carrière d'enseignant-chercheur.

Après un brevet de technicien supérieur préparé à Metz, il obtient le diplôme d'ingénieur de l'Université de Technologie de Compiègne, université où il achève un DEA en 1989.

En 1990 il démarre la préparation d'une thèse sur la fatigue thermomécanique de superalliages au Centre des Matériaux, sous la direction de Luc Rémy. Cette thèse est faite en collaboration avec la SEP (Société Européenne de Propulsion) et le CNES, dans le cadre du développement du moteur Vulcain du lanceur Ariane 5.

Les moyens d'essai à haute température sont alors arrivés à maturité, grâce au soutien de SNECMA (aujourd'hui Safran Aircraft Engines) et de la DRET (Direction des Recherches, Etudes et Techniques) du Ministère de la Défense. La fatigue thermomécanique est développée depuis huit ans, avec l'introduction des ordinateurs Apple IIe, puis Apple IIGS qui permettent enfin de contrôler le chauffage d'éprouvettes tubulaires par un four à lampes et le flux d'air de refroidissement, pour assurer un refroidissement forcé jusqu'au voisinage de la température ambiante.

Alain apporte sa passion de la mécanique et surtout de la micro-informatique. Deux événements majeurs vont orienter son activité : l'arrivée des Macintosh IIci beaucoup plus puissants que les Apple (5Mo de RAM, Disque dur de 40Mo, fréquence d'horloge de 25 MHz - une révolution à l'époque) et l'apparition du logiciel Labview, développé par National Instruments en 1989. Ce logiciel de programmation graphique permet d'avoir un système de pilotage des essais et d'acquisition de données. Alain met en place une nouvelle installation, avec ces outils qui permettront une évolution progressive des moyens d'essais, tout en récupérant les fichiers de données des travaux antérieurs. Parallèlement, il met au point avec Luc Rémy un dispositif de fatigue thermique sur structures simples, en concevant un four à lampe combiné à un système de refroidissement forcé, qui s'inspire des moyens industriels de SNECMA.

Durant la préparation de sa thèse, c'est spontanément qu'il vient en aide aux autres thésards, toujours prêt à aider les autres en difficulté, et par curiosité des autres travaux de recherche. Des difficultés personnelles le contraignent à quitter le Centre avant la fin de sa thèse. À l'été 1997, un contrat européen sur les aubes de turbine terrestres monocristallines lui permet de revenir au Centre et de soutenir sa thèse. Après son intégration sur un poste d'ingénieur de recherche Armines, il poursuit son étroite collaboration avec Luc Rémy jusqu'en 2013.

Il va ainsi intervenir dans un grand nombre de contrats avec l'industrie et la Communauté Européenne autour de la fatigue à haute température. Il participe en particulier à l'élaboration d'un code de bonnes pratiques en fatigue thermomécanique, dans le cadre d'un projet piloté par le Centre Européen de Recherches de Petten, aux Pays-Bas. Il apporte une contribution majeure à la validation des modèles de comportement viscoplastiques, développés au CdM, en conditions cycliques et anisothermes, à l'amorçage et aux lois de croissance des fissures courtes en fatigue oligocyclique, aux effets de couplage entre cycle thermomécanique complexe et endommagement, dans des alliages métalliques, des composites et des systèmes revêtus.

La restructuration du CdM en équipes fin 1997, lancée dans le cadre de l'association de tout le CdM au CNRS (UMR 7633) correspond à sa conception du travail de recherche : travailler avec des gens avec lesquels il s'entend bien. Il ne s'engage pas dans la préparation d'une habilitation à diriger des recherches qui ne correspond pas à ce qu'il souhaite.

Dès le début des années 2000, les différentes études sur la définition et l'optimisation métallurgique du superalliage à base de nickel N19 et de l'alliage à base de titane et de niobium S12 requièrent ses compétences. Alain conçoit des machines de taille réduite équipées de fours à lampes présentant une inertie thermique particulièrement faible, et d'un système de refroidissement à air, respectant les spécifications requises. L'ensemble des essais réalisés conduira au choix des compositions de superalliages brevetées dans le cadre du développement du N19 et à la détermination des paramètres de traitement thermique du N19 et du S12.

Après son investissement dans la modernisation des essais de fluage, vers 2005, il a quasiment fait le tour des essais sur éprouvettes, avec les observations optiques *in situ* et les caméras numériques à grande vitesse. Il s'oriente alors vers la fatigue bi-axiale et les essais sur structures. La thermographie infrarouge, les observations *in situ* en cours d'essais mécaniques, les mesures de champ (facilitées par l'essor de techniques à maturité, comme le logiciel Correli, développé par François Hild et Stéphane Roux du LMT de l'ENS Cachan) seront ses nouveaux centres d'intérêt, pour réaliser de nouvelles expériences, belles et difficiles, souvent bien au-delà des besoins immédiats de l'industrie.

Alain a été à l'œuvre dans de nombreux programmes de recherche, essentiellement en lien étroit avec l'industrie (SAFRAN, Stellantis, EDF etc.). Il déploie des talents de créativité : essais multiaxiaux sur matériaux anisotropes, sur des perçages multiples, microscopie optique *in situ* en cours d'essai, essais de fluage. Il profite de projets ANR pour faire des tentatives audacieuses : essais à haute température pour la tomographie (en collaboration avec J.Y. Buffière, à l'INSA de Lyon), inducteurs par fabrication additive pour essais biaxiaux à haute température. Enfin une technique de mouchetis par gravure laser pour les mesures de champ à haute température, de haute résolution. Ces travaux sont l'occasion de former une nouvelle génération de techniciens et d'assistants ingénieurs.

Au-delà du travail de recherche, il a le souci de la transmission du savoir expérimental et de la culture technique aux plus jeunes. Les travaux pratiques de l'enseignement de master au CdM, et les stages de jeunes en alternance lui permettent de le faire à partir des années 2000.

Alain Köster : au début des années 1990 devant sa manip (en haut), en juin 2017 lors des 50 ans du Centre des Matériaux, devant la machine de fatigue biaxiale (en bas à gauche), en juin 2019 lors de la réunion du bureau de la Commission de Fatigue de la SF2M, à Bordeaux

Alain devient rapidement l'expert des essais mécaniques et de leur informatisation au CdM. Alain est également l'administrateur des ordinateurs Mac de nombre des adeptes de Mac OS, depuis qu'il les a introduits dans son équipe de recherche, au sein de l'univers Windows et Unix dominant au CdM.

Derrière un abord un peu revêché, il se révèle une personnalité entière et attachante, toujours prêt à venir en aide aux chercheurs comme aux techniciens. C'est un bon camarade, passionné de moto et de micro-informatique. D'une grande curiosité, il se passionne pour les nouvelles aventures qu'on lui propose. Il adore le travail en équipe, car il n'aime pas être sur le devant de la scène. Il est à l'aise dans des petites communautés, à dimension humaine, où la bonne humeur et un esprit de collaboration sont de règle. Pour lui, sa famille et ses enfants étaient très importants, nul ne pouvait l'ignorer en pénétrant dans son bureau mais ses collègues du Laboratoire étaient aussi comme une grande famille.

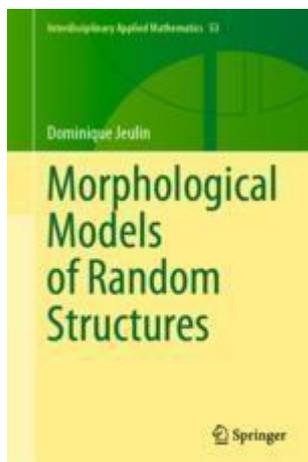


Après les avoir longtemps évitées, il venait d'accepter de nouvelles responsabilités. Il s'était investi dans ce qui était pour lui la dernière grande « manip » de sa carrière, dès 2018 : l'implantation future du Centre des Matériaux à Satory prévue en 2024. Il s'était déjà fortement impliqué dans le premier déménagement du CdM en 1993. Une bonne implantation, un agencement harmonieux des moyens d'essai, d'observations et de calcul, c'était pour lui le plus sûr moyen d'offrir des conditions idéales pour le travail des chercheurs, dans l'intérêt général du Centre des Matériaux, ce qui a été son objectif toute sa vie d'enseignant-chercheur.

Dans le cadre de la nouvelle organisation du CdM lancée par Jérôme Crépin et Jacques Besson, il venait de prendre la direction de la plate-forme d'essais mécaniques (SESAMES) avec une belle équipe de techniciens et d'ingénieurs, regroupant les activités techniques relatives aux essais mécaniques des équipes de recherche. Délégué du personnel, membre du conseil de laboratoire, membre de la commission fatigue de la SF2M, Alain ne comptait ni son temps ni son énergie pour le bien de ses collègues, de la structure, de la communauté. Il foisonnait d'idées, tant du point de vue de la recherche que de l'enseignement, de l'évolution du dialogue social que des organisations à mettre en place. Les discussions et ses avis étaient essentiels tant lors du lancement de nouveaux projets, que pour régler des situations délicates autant scientifiques que personnelles. Il faisait partie des leaders et sa voix comptait, mais en mettant toujours en avant une vision du collectif et de progrès. L'esprit d'équipe et le bien commun, c'est cela qui l'animait.

Luc Rémy, Vincent Maurel, Loic Nazé, Jérôme Crépin

OUVRAGES



"Morphological Models of Random Structures", réalisé par **Dominique Jeulin**, membre de la SF2M et lauréat de la Médaille Chevenard 2016, vient d'être publié par Springer. Il est destiné aux chercheurs en Géométrie stochastique et en Physique des milieux aléatoires. Cet ouvrage présente de nombreux exemples d'application dans le domaine des matériaux.

Vous trouverez toutes informations utiles à partir du lien suivant :

<https://www.springer.com/fr/book/9783030754518#aboutBook>

This book covers methods of Mathematical Morphology to model and simulate random sets and functions (scalar and multivariate). The introduced models concern many physical situations in heterogeneous media, where a probabilistic approach is required, like fracture statistics of materials, scaling up of permeability in porous media, electron microscopy images (including multispectral images), rough surfaces, multi-component composites, biological tissues, textures for image coding and synthesis. The common feature of these random structures is their domain of definition in n dimensions, requiring more general models than standard Stochastic Processes. The main topics of the book cover an introduction to the theory of random sets, random space tessellations, Boolean random sets and functions, space-time random sets and functions (Dead Leaves, Sequential Alternate models, Reaction-Diffusion), prediction of effective properties of random media, and probabilistic fracture theories.



"Diffusion, ségrégation et transformations de phase à l'état solide" est un nouvel ouvrage de métallurgie réalisé par **Didier Blavette et Thomas Philippe**. Cet ouvrage rassemble un ensemble de problèmes résolus portant sur la thermodynamique des transformations de phases, la diffusion et les cinétiques dans les alliages. Ces problèmes, précédés d'un rappel de cours, sont suivis de corrigés détaillant chaque étape des calculs. Les sujets traités (précipitation, mise en ordre, ségrégation sur les défauts cristallins, croissance d'un film mince, oxydation, fluage, dopage des semi-conducteurs...) sont essentiels pour la conception des matériaux et l'optimisation des traitements thermiques et propriétés qu'il s'agisse de matériaux de structure (aciers, alliages à base Ni, Al, Cu, Ti...) ou fonctionnels (semi-conducteurs, alliages et multicouches magnétiques...). Ils débouchent souvent sur une problématique industrielle (aéronautique, centrales nucléaires, microélectronique...).

Ce livre s'adresse aux enseignants et aux étudiants de licence et master mais également aux élèves ingénieurs et doctorants.

Il est préfacé par Y. Brechet.

Informations à partir du lien :

<https://laboutique.edpsciences.fr/produit/1185/9782759824212/Diffusion%20segregation%20et%20transformations%20de%20phase%20a%20l%20etat%20solide>

SÉLECTION D'ÉVÈNEMENTS MATÉRIAUX

DATES LIMITES DE SOUMISSION DE RÉSUMÉS DANS LES 4 PROCHAINS MOIS

Cf. : sf2m.fr/evenement/ pour la liste complète des congrès dans le monde.

Les lignes grisées correspondent aux congrès organisés ou soutenus par la SF2M.

Dates	Thème	Lieu	Organisateur	Date limite
02/12/2021 03/12/2021	International Meeting Raw Materials & Recycling http://www.aimnet.it/rawmat.htm	Bergamo Italie	AIM	09/07/2021
07/09/2021 09/09/2021	MaterialsWeek 2021 - Focusing on Sustainability https://dgm.de/materialsweek/	En ligne	DGM	30/07/2021
18/11/2021 19/11/2021	European Symposium on Friction, Wear and Wear protection https://dgm.de/friction/	En ligne	DGM	30/07/2021
24/11/2021 26/11/2021	2 ^{ème} Conférence des Éco-Matériaux en Afrique – CEMA'2021 https://cema2021.sciencesconf.org/	Saly Sénégal		30/07/2021
21/06/2022 23/06/2022	LCF9 Ninth International Conference on Low Cycle Fatigue http://www.lcf9.de/	Berlin Allemagne	DVM	31/08/2021

Dates	Thème	Lieu	Organisateur	Date limite
21/11/2021 26/11/2021	EVC-16 – 16 th European Vacuum Conference https://www.evc16.org/	Marseille	SFV	05/09/2021
23/11/2021 26/11/2021	XIV ^e colloque Rayons X et Matière http://www.rayonsxetmatiere.org/	Aix-en-Provence		09/09/2021
13/03/2022 18/03/2022	ICOMAT 2022 – 16 th International Conference on Martensitic Transformation https://www.icomat2022.org/	Jeju Island Japon	Korean Inst Metals & Materials	30/09/2021
08/06/2022 10/06/2022	6 th CIRP Conference on Surface Integrity (CIRP CSI 2022) https://cirpsi2022.sciencesconf.org/	Lyon	CIRP	30/09/2021
04/04/2022 06/04/2022	EMMC18 – 18 th European Mechanics of Materials Conference https://www.emmc18.org/	Oxford	University of Oxford	01/10/2021
25/04/2022 27/04/2022	12 th TOOLING 2022 Conference & Exhibition https://www.tooling2022.org/	Örebro Suède	ASMET	01/10/2021
25/11/2021 26/11/2021	Add Fab Com 2 – 2 nd International conference on additive fabrication of composites https://addfabcomp2021.sciencesconf.org/	En ligne		10/10/2021
23/05/2022 26/05/2022	HMnS 2022 – 5 th International High Manganese Steel Conference http://www.hmns2022.org/	Linz Autriche	ASMET	30/10/2021
22/06/2022 24/06/2022	IRONMASTERS 2022, European Direct Reduced Iron and Alternative Ironmaking Conference https://ironmasters2020.org/	Vienne Autriche	ASMET	01/11/2021

CONGRÈS DES 4 PROCHAINS MOIS

Cf. : sf2m.fr/evenement/ pour la liste complète des congrès dans le monde.

Les lignes grisées correspondent aux congrès organisés ou soutenus par la SF2M.

Date	Thème	Organisateur	Lieu
07/07/2021 09/07/2021	STPMF 2021 – Science et Technologie des Poudres & Matériaux Frittés https://stpmf2021.sciencesconf.org/	SF2M - GFC - SFGP	En ligne
11/07/2021 16/07/2021	ICOMAT 2021 – 16 th International Conference on Martensitic Transformation http://www.icomat2020.org/	Korean Inst Metals & Materials	USA
11/07/2021 16/07/2021	Numisheet 2021 - 12 th international conference & workshop on numerical simulation of 3D sheet metal forming processes https://www.tms.org/Numisheet2020	TMS	Toronto Canada
12/07/2021 13/07/2021	First International Conference of Steel and Composite for Engineering Structures https://icscs.org/	Università Ancona	En ligne
12/07/2021 15/07/2021	PM Life – Additive Manufacturing – Fundamentals https://www.pmlifetraining.com/about/additive-manufacturing	EPMA	En ligne
12/07/2021 16/07/2021	Metamaterials in Acoustics, Elastodynamics & Electromagnetism https://www.dsm.it/en/activities/courses/C2006	CISM	Udine Italie
25/07/2021 30/07/2021	ICTP 2021 – 13 th International Conference on the Technology of Plasticity https://www.tms.org/ICTP2020	TMS	En ligne
24/08/2021 27/08/2021	Méca-J 2021 (Congrès des Jeunes Chercheurs en Mécanique) https://meca-j.sciencesconf.org/	Soutien AFM	En ligne
30/08/2021 02/09/2021	5 th ESTAD (European Steel Technology and Application Days) https://www.estad2021.com/	Jernkontoret	Stockholm Suède
30/08/2021 03/09/2021	Congrès Français de Mécanique https://cfm2021.fr/	AFM	Reporté 2022
30/08/2021 03/09/2021	YUCOMAT 2021 https://www.mrs-serbia.org.rs/index.php/yucomat/yucomat-2021	Materials Research Soc. Serbia	Herceg Novi Montenegro

Date	Thème	Organisateur	Lieu
05/09/2021 10/09/2021	7 th World Tribology Congress – WTC 2021 http://www.wtc2021.org	INSA Lyon Centrale Lyon	Reporté 2022
06/09/2021 08/09/2021	PM Life – Additive Manufacturing – Practise https://www.pmlifetraining.com/about/additive-manufacturing	EPMA	Dresden Allemagne
07/09/2021 09/09/2021	MaterialsWeek 2021 – Focusing on Sustainability https://dgm.de/materialsweek/	DGM	En ligne
08/09/2021 09/09/2021	PM Life – Press and Sinter – Practise https://www.pmlifetraining.com/about/press-and-sinter	EPMA	Trento Italie
12/09/2021 16/09/2021	EUROMAT 2021, the European Congress and Exhibition on Advanced Materials & Process https://www.euromat2021.org/	FEMS ASMET	En ligne
12/09/2021 16/09/2021	Superalloys 2021 – The 14 th International Symposium on Superalloys Lien vers le site web	TMS	Seven Springs, PA
13/09/2021 17/09/2021	PLATHINIUM – Plasma Thin film International Union Meeting https://www.plathinium.com/	SFV	En ligne
14/09/2021 15/09/2021	PM Life – Full Density Processes – Fundamentals https://www.pmlifetraining.com/about/full-density-processes	EPMA	En ligne
21/09/2021 22/09/2021	PM Life – Metal Powders – Fundamentals https://www.pmlifetraining.com/about/metal-powders	EPMA	En ligne
21/09/2021 23/09/2021	Formation : Connaissances, mise en œuvre et gestion des techniques du vide https://www.vide.org/formation/initiation-au-vide-operateur-vide-4/	SFV	Orsay
21/09/2021 24/09/2021	CP 2021 – 7 th International Conference on Crack Paths http://cp2021.crackpaths.org/	ESIS	En ligne
26/09/2021 30/09/2021	9 th International Conference on Fracture of Polymers, Composites and Adhesives http://www.elsevier.com/esistc4conference	ESIS	En ligne
27/09/2021 29/09/2021	PM Life – Metal Injection Moulding – Practise https://www.pmlifetraining.com/about/mim	EPMA	Getafe Espagne
28/09/2021 30/09/2021	International Stainless & Special Steel Conference 2021 http://planner.smr-events.com/events/details/stainless-special-steel-conference-2021.html		Como Italie
28/09/2021 01/10/2021	DEPOS 30 – Colloque national sur la DÉformation des Polymères Solides https://depos30.sciencesconf.org/	CEMEF	Royaume-Uni
29/09/2021 30/09/2021	Journées Technologiques Titane 2021 https://titane.asso.fr/journees-technologiques-titane-29-30-septembre-2021-save-the-date/	Association Titane	Nantes
04/10/2021 07/10/2021	STEELSIM 2021 – 9 th International Conference on Modeling and Simulation of Metallurgical Processes in Steelmaking https://steelsim2021.org/	ASMET	Vienne Autriche
05/10/2021 05/10/2021	Les alliages d'aluminium (Formation) cemetaux@emse.fr	CEM	Saint-Etienne
05/10/2021 07/10/2021	PM Life – Hard Materials- Fundamentals https://www.pmlifetraining.com/about/hard-materials	EPMA	En ligne
06/10/2021 07/10/2021	Esope 2021 – Exposition et Symposium européens des équipements sous pression https://www.fctm-esope.com/		La Plaine Saint-Denis
10/10/2021 14/10/2021	EURADH 2021 – 13 th European Adhesion Conference https://www.euradh2021.com/	SFV	En ligne
10/10/2021 15/10/2021	École thématique Composites à Matrice Céramique : un tour d'horizon https://gdr-cmc2.cnrs.fr/ecole-thematique/	GDR CMC2	Hendaye

Date	Thème	Organisateur	Lieu
10/10/2021 15/10/2021	École thématique recristallisation https://rex-aussois.sciencesconf.org/	GDR Recristallisation et croissance de grains	Aussois
11/10/2021 15/10/2021	Crystelec 2021 - École de cristallographie électronique http://crystelec.univ-lille1.fr/	SFμ	Saint-Martin- d'Hères
12/10/2021	3 ^{ème} Journée "Innovations Métallurgiques pour l'Industrie de la Défense" Lien vers le flyer.	Paris	CEM - IHEDN - DGA
12/10/2021 13/10/2021	Formation sur l'indentation instrumentée https://indentation2021.sciencesconf.org/resource/page/id/1	GIME	Lorient
13/10/2021 15/10/2021	Colloque Indentation 2021 https://indentation2021.sciencesconf.org	GIME	Lorient
18/10/2021 22/10/2021	Euro PM2021 Congress & Exhibition https://www.europm2021.com/	EPMA	En ligne
20/10/2021 22/10/2021	10 th European Conference on Continuous Casting http://www.aimnet.it/eccc2020	AIM	Bari Italie
21/10/2021 21/10/2021	Journée technique : Les ensembles Céramique-Métal mathilde.forestier@cerameurop.com	A3TS et Pôle Européen Céramique	Limoges
21/10/2021 22/10/2021	XVI ^{ème} Forum Biodétérioration des Matériaux https://forumbiodet.corrodys.com	CEFRACOR corrodys	Cherbourg
26/10/2021 28/10/2021	Journées annuelles SF2M https://sf2m.fr/events/ja-2021/	SF2M	En ligne
27/10/2021 29/10/2021	PM Life – Metal Powders – Practise https://www.pmlifetraining.com/about/metal-powders	EPMA	Göteborg Suède
02/11/2021 04/11/2021	LightMAT 2021 – 4 th International Conference on Light Materials – Science and Technology https://dgm.de/lightmat	DGM	En ligne
03/11/2021 05/11/2021	MAMC 2021 – 6 th Metal Additive Manufacturing Conference https://www.mamc2021.org	ASMET	Vienne Autriche
03/11/2021 05/11/2021	PhotoMechanics – iDICs 2021, International conference on full-field measurement techniques and their applications in experimental solid mechanics https://pm-idics-2021.org/	Centrale Nantes	Nantes et en ligne
08/11/2021 10/11/2021	PM Life – Hard Materials- Practise https://www.pmlifetraining.com/about/hard-materials	EPMA	Donostia Espagne

Merci à Odile Mouffron, du CEA, odile.mouffron@cea.fr qui nous fait parvenir ces avis de soutenance de thèses. Nous avons ajouté ceux qui nous sont parvenus directement à secretariat@sf2m.fr

9 concernent les matériaux métalliques

3 les matériaux composites

6 les matériaux non métalliques

4 les matériaux numériques

MATÉRIAUX MÉTALLIQUES

Soutenance de thèse le 6 janvier 2021 au LMA, Technopôle de Château-Gombert à Marseille

Modélisation multi-physique des mécanismes de formation de la phase blanche (White Etching Layer)

Léo THIERCELIN

Jury :

Elisabeth Massoni	Mines Paris Tech Sophia Antipolis	Rapporteur
Yannick Desplanques	École Centrale Lille	Rapporteur
Sophie Cazottes	INSA Lyon	Examinatrice
Thierry Desoyer	École Centrale Marseille	Examineur
Xavier Quost	RATP	Examineur
Xavier Sauvage	CNRS, Université de Rouen	Examineur
Frédéric Lebon	Aix-Marseille Université	Directeur de thèse
Aurélien Saulot	INSA Lyon	Directeur de thèse
Julie Chalon	Railenium	Invitée
François Cristofari	British Steel	Invité
Damien Fabrègue	INSA Lyon	Invité
Serge Nierengarten	SNCF	Invité

Les Transformations Tribologiques de Surface (TTS), connues sous le nom de phases blanches (White Etching Layer : WEL) dans le contact roue-rail, correspondent à des transformations progressives et irréversibles à la surface des rails pouvant conduire à la fissuration puis la rupture des rails. Ces zones de structures nanocristallines sont constituées de plusieurs phases qui témoignent d'une plasticité sévère et d'élévations de température (pouvant dépasser la température d'austénitisation).

Un scénario de formation progressive des WEL a été proposé par l'introduction de stades d'évolution de la microstructure dans le cas d'aciers perlitiques utilisés dans le ferroviaire. Ces stades se définissent par des indicateurs obtenus par une méthode d'observations multi-échelles (analyses optiques et EBSD).

Un modèle thermomécanique prenant en compte un couplage entre pression hydrostatique, cisaillement et température est présenté. Des simulations 2-D par éléments finis représentatives des conditions du contact roue-rail ont permis de reproduire qualitativement des zones de WEL. Ce modèle est de même capable de rendre compte des effets de la dynamique ferroviaire sur la cinétique de formation de WEL qui pourrait plus particulièrement expliquer la formation éparse de WEL par ilot.

Des essais représentatifs des conditions du contact-roue rail ont été effectués pour valider le rôle du cisaillement dans la formation de WEL. D'une part, des essais cycliques de cisaillement pur sous température contrôlée (éprouvette « chapeau ») ont été réalisés en utilisant le simulateur thermomécanique GLEEBLE (Mateis-LaMCoS, INSA Lyon). D'autre part, des essais de type galet sur rail circulaire (banc Triboring, LaMCoS INSA Lyon) ont été menés pour déterminer le couplage pression-cisaillement.

Soutenance de thèse le lundi 11 janvier 2021 à CEA Paris – Saclay

Comportement mécanique à température ambiante d'un revêtement de Cr déposé sur un substrat en alliage de Zr

Duc Vinh NGUYEN

Jury :

Jérôme CRÉPIN	Rapporteur Directeur de Recherche	MINES ParisTech
Dominique LEGUILLON	Rapporteur Directeur de Recherche émérite CNRS	Sorbonne Université
François HILD	Examineur Directeur de Recherche CNRS	ENS Paris-Saclay
Guillaume KERMOUCHE	Examineur Professeur des Universités	EMSE
François WILLOT	Examineur Chargé de Recherche	MINES ParisTech
Jean-Christophe BRACHET	Encadrant Ingénieur de Recherche	CEA
Matthieu LE SAUX	Encadrant Enseignant-Chercheur	ENSTA Bretagne
Lionel GÉLÉBART	Directeur de thèse Ingénieur de Recherche	CEA
Karl BUCHANAN	Invité Ingénieur de Recherche	Framatome
Édouard POULLIER	Invité Ingénieur de Recherche	EDF

Le comportement mécanique d'un revêtement de chrome de 15 µm d'épaisseur déposé sur un substrat en alliage de zirconium par un procédé particulier de type dépôt physique en phase vapeur est étudié à température ambiante à l'aide de différentes techniques expérimentales à différentes échelles : essais « biaxés » consistant à appliquer simultanément une pression interne et un effort axial sur des tubes en alliage de Zr revêtus de Cr, essais de traction in situ sous MEB sur des plaquettes revêtues de Cr. La fissuration et la plasticité du revêtement sont étudiées par le biais de deux techniques principales : émission acoustique et corrélation d'images numériques. Il est montré que le revêtement de Cr fissure à 0,3-0,4% de déformation macroscopique, quand le substrat commence à plastifier. La densité de fissures augmente rapidement dans un premier temps puis plus lentement avant d'atteindre une saturation à environ 2% de déformation. La plasticité des pavés non fissurés du revêtement est mise en évidence. Aucune décohésion du revêtement n'est observée jusqu'à au moins 5% de déformation macroscopique. Les fissures, à la fois transgranulaires et intergranulaires, se propagent dans toute l'épaisseur du revêtement mais ne pénètrent pas significativement dans le substrat. Des simulations numériques avec la méthode FFT (code AMITEX_FFTP) sont effectuées afin de calculer le taux de restitution d'énergie critique du revêtement. Il est trouvé que la cinétique de fissuration du revêtement est fortement influencée par la plasticité du substrat. La saturation de la fissuration du revêtement est due à la localisation des déformations plastiques dans le substrat au fond des fissures. La démarche mise en place pourrait être appliquée pour étudier le comportement mécanique du revêtement de Cr quand la gaine est irradiée et/ou sollicitée à plus haute température (température en service notamment, i.e. 350°C).

Soutenance de thèse le lundi 25 janvier 2021 à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne

Methodology for shot-peening induced intragranular residual stress prediction

Simon BREUMIER

Jury :

Samuel Forest	MINES ParisTech	rapporteur
Thomas Pardoën	École Polytechnique de Louvain	rapporteur
Sylvain Turenne	École Polytechnique de Montréal	examineur
Pascale Kanouté	ONERA	examinatrice
Guillaume Kermouche	École des Mines de Saint-Etienne	directeur de thèse
Martin Lévesque	École Polytechnique de Montréal	co-directeur de thèse
Aurélien Villani	École des Mines de Saint-Etienne	co-encadrant

Les contraintes et l'écrouissage induits à l'échelle d'un grain par grenailage ont une influence sur la durée de vie à grand nombre de cycle des matériaux mais nécessitent l'identification précise de modèles de plasticité cristalline à l'échelle de la surface et dans les conditions du procédé, ainsi que l'établissement de méthodes expérimentales de validation des modèles développés, pour être estimées. L'objectif de cette thèse est de développer une méthodologie pour la prédiction des contraintes résiduelles et de l'écrouissage intragranulaire à l'aide de modèles de plasticité cristalline par éléments finis et de validations expérimentales. Des essais d'indentation sphérique sur des monocristaux de cuivre révèlent que l'anisotropie de la plasticité cristalline peut induire des contraintes résiduelles de traction en sous surface. La comparaison des champs numériques et expérimentaux confirme aussi la possibilité d'utiliser l'EBSA à haute résolution angulaire pour la validation de

modèles. Les évolutions microstructurales induites par le grenailage d'un coin sont étudiées pour montrer l'importance de la modélisation du procédé à l'échelle du grain. Une méthodologie pour l'identification de paramètres à haute vitesse de déformation à l'aide d'essais de microcompression est détaillée. Un canon à grenailier instrumenté capable de projeter des billes à haute vitesse est développé. Les modèles sont validés à partir du déplacement de la bille, de la topologie de l'empreinte d'impact et du champ de désorientation cristalline sous l'empreinte. Enfin une étude d'identifiabilité des paramètres viscoplastiques de la loi de comportement a été en menée en considérant l'utilisation du champ de contraintes résiduelles et du déplacement de la bille lors d'un impact.

Soutenance de thèse le mardi 9 février 2021 en visio-conférence

Fatigue d'un acier inoxydable austénitique 304L : étude des effets de l'environnement (air/eau primaire REP) à 300°C, de la contrainte moyenne et de l'état de surface

Ziling PENG

Jury :

Marion RISBET, Professeure	UTC, Compiègne	Rapportrice
Krzysztof WOLSKI, Directeur de Recherche	École des Mines de Saint-Etienne	Rapporteur
Eric ANDRIEU, Professeur	ENSIACET - INP Toulouse	Examineur
Laurent DE BAGLION, Ingénieur Expert	Framatome	Examineur
Gilbert HENAFF, Professeur	ISAE-ENSMA, Poitiers	Directeur de thèse
Jean-Christophe LE ROUX, Ingénieur de Recherche	EDF R&D	Encadrant
Romain VERLET, Ingénieur de Recherche	EDF R&D	Encadrant

Le dimensionnement en fatigue des composants nucléaires est un sujet important pour la sûreté d'exploitation et pour la prolongation de licences d'exploitation. Dans la méthode de dimensionnement, l'influence de plusieurs facteurs (état de surface, contrainte moyenne, etc.) sur la tenue en fatigue est prise en compte. Cependant, actuellement, les effets de l'environnement « eau primaire REP », ainsi que son interaction avec d'autres facteurs d'influence n'ont pas été complètement éclaircis. Ainsi, ce travail a pour objectif de développer la connaissance de l'impact de ces différents paramètres sur la cinétique et les mécanismes d'endommagement en fatigue de l'acier inoxydable austénitique 304L, qui est largement utilisé pour fabriquer les tuyauteries de refroidissement du circuit primaire des REP. Trois paramètres sont investigués dans cette étude : l'environnement (air à 300°C/eau primaire REP), la contrainte moyenne (0 MPa/20 MPa/50 MPa), et l'état de surface (état brut d'usinage/état dégradé par taraudage). Pour ce faire, une campagne d'essais menés jusqu'à rupture et interrompus à un certain nombre de cycles puis post-fissurés est exécuté. Pour investiguer la cinétique de l'amorçage et de la propagation de fissure dans les conditions étudiées, deux approches sont considérées : l'établissement des lois macroscopiques phénoménologiques de fissuration, basées sur les mesures de profondeur de fissure dans les essais menés jusqu'à rupture et interrompus ; l'établissement des lois microscopiques, basées sur la mesure des espaces interstrie dans les éprouvettes menées à rupture. Pour comprendre la modification de la cinétique de fissuration constatée sous différentes conditions, des analyses des micro-mécanismes de fissuration sont effectuées à travers des observations MEB, EBSD et MET. Les essais à amplitude de déformation imposée menés révèlent une chute de la durée de vie en milieu eau primaire REP, quels que soient les états de surface et le niveau de la contrainte moyenne imposée. Cette réduction de durée de vie est attribuée à l'accélération de la phase d'amorçage et de propagation de fissure. Par rapport aux essais effectués sous air, la fissuration en milieu REP présente un aspect plus « fragile », en termes de la localisation et de la réduction de plasticité autour de fissure, ainsi d'un chemin de fissuration plus cristallographique. L'application d'une contrainte moyenne sous une amplitude de déformation donnée réduit également la durée de vie en air, du fait de l'accélération de l'amorçage de fissure et de la propagation de fissure. Cet effet néfaste se traduit par une fissuration rapide et de nature plus ductile en présence d'une contrainte moyenne. Néanmoins, en milieu REP, peu d'influence liée à l'application de la contrainte moyenne a été constatée sur la cinétique de propagation de fissure. La réduction de durée de vie en présence d'une contrainte moyenne en milieu REP est principalement liée à l'accélération de l'amorçage de fissure. L'influence néfaste de l'état de surface sur la durée de vie est mise en évidence en air et en milieu REP, avec ou sans contrainte moyenne. La cinétique de propagation de fissure en milieu REP montre de nouveau, une indifférence à l'état de surface.

Soutenance de thèse le vendredi 12 février 2021 en visioconférence

Réparation de pièces métalliques par Directed Energy Deposition : gradient microstructural, comportement mécanique et tenue en fatigue

Camille GUÉVENOUX

Jury :

M. Andrei CONSTANTINEUSCU	École polytechnique	Directeur de thèse
M. Stéphane GODET	Université Libre de Bruxelles	Rapporteur
M. Michel BELLET	Mines ParisTech	Rapporteur
Mme Véronique AUBIN	Centrale Supélec	Examinatrice
M. Jonathan CORMIER	ISAE-ENSMA	Examinateur
M. Eric CHARKALUK	École polytechnique	Co-directeur de thèse
M. Alexandre CHARLES	Safran Tech	Encadrant industriel
M. Fabien CORPACE	Safran Aircraft Engines	Invité

Le Directed Energy Deposition (DED) est un procédé de fabrication additive utilisant une buse constituée d'un faisceau laser et d'un jet de poudre coaxiaux. Le laser crée un bain liquide dans lequel la poudre est projetée, elle fond puis se solidifie formant un cordon de matière lorsque la buse se déplace. Ce procédé présente en particulier un fort potentiel pour réparer des pièces métalliques à haute valeur ajoutée. Néanmoins, le faible diamètre et les mouvements rapides du faisceau laser entraînent des gradients thermiques et des vitesses de refroidissement élevés et cette évolution thermique spécifique est responsable de la formation de microstructures différentes de celles des composants traditionnels mis en forme par forge ou fonderie. Ainsi, les composants réparés présentent une interface qui sépare le matériau de base (souvent forgé) et la région reconstruite par DED. Ce gradient microstructural conduit à un gradient de propriété et donc à des phénomènes de localisation qui affectent la durée de vie des composants réparés. Cette thèse propose une méthode de caractérisation de la zone d'interface des composants réparés. Un outil semi-analytique de modélisation des champs de température pendant le procédé de rechargement a été mis au point pour concevoir des éprouvettes représentatives géométriquement et thermiquement de la réparation sur la pièce réelle. Le gradient de microstructure à travers l'interface est d'abord caractérisé par imagerie MEB et par analyse EBSD. Des éprouvettes de traction sont ensuite prélevées à l'interface et sollicitées lors d'essais conduits sous MEB. La déformation est suivie à l'échelle micrométrique par corrélation d'images, ce qui permet d'étudier les phénomènes de localisation. Par la suite, ces cartes expérimentales sont utilisées pour identifier le comportement local du matériau dans la région de l'interface, en minimisant l'erreur entre les champs de déformation expérimental et numérique. Le gradient de propriété ainsi déterminé permet de calculer la répartition de contraintes dans des éprouvettes soumises à des essais de fatigue. La limite d'endurance des structures réparées est ensuite calculée à partir des résultats expérimentaux d'une campagne de fatigue et comparée à celle de la pièce d'origine pour déterminer l'abattement causé par le rechargement.

Soutenance de thèse le mercredi 17 février 2021 à IUT de Saint-Nazaire

Influence du couplage température et chargement mécanique sur la transformation allotropique du cobalt polycristallin

Nadjib ISKOUNEN

Jury :

Mme Anne-Françoise GOURGUES-LORENZON	Professeur des Mines, Mines ParisTech	Rapporteur
M. Clément Keller, Maître de conférences HDR	INSA de Rouen	Rapporteur
Mme Mayerling MARTINEZ, Maître de conférences	Université de Caen	Examinateur
M. Olivier HUBERT, Professeur des Universités	ENS Paris-Saclay	Examinateur
M. Sylvain FREOUR, Professeur des Universités	Université de Nantes	Examinateur
M. Jamal FAJOUÏ, Maître de conférences HDR	Université de Nantes	Directeur de thèse
M. Michel CORET, Professeur des Universités	Centrale Nantes	Co-directeur de thèse
M. Pierre-Antoine DUBOS, Maître de Conférences	Université de Nantes	Encadrant de thèse

L'effet de la microstructure et du chargement thermomécanique sur les transformations de phases du cobalt polycristallin de haute pureté (99,9 %) a été investigué via diverses techniques expérimentales. Les recuits thermiques permettent une homogénéisation de la microstructure sans provoquer l'achèvement de la transformation martensitique. La transformation martensitique peut être provoquée par un chargement

monotone dès le début de l'écoulement plastique, mais aussi par un chargement complexe (essai d'emboutissage). L'anisotropie plastique des tôles et la texture cristallographique affecte la transformation martensitique. Les essais thermomécaniques in situ en diffraction de neutrons ont permis de montrer l'effet considérable de la température sur la transformation induite par la déformation. Au-delà d'une température de 500°C, la déformation plastique ne provoque pas la transformation martensitique. Les modèles d'Eshelby-Kröner et de Hill ont été appliqués au cas du cobalt pur biphasé, en tenant compte du maillage afin d'assurer une compatibilité de la déformation plastique. Il s'agit d'une première tentative mettant en évidence l'importance de la contribution du maillage dans le comportement mécanique du cobalt. Les simulations ont permis de reproduire de façon satisfaisante le comportement mécanique du cobalt multi-échelle des essais mécaniques in situ en diffraction des neutrons.

Soutenance de thèse le vendredi 19 février 2021 à IUT de Saint-Nazaire

Fabrication additive arc-fil en alliage d'aluminium à durcissement structural AA6061 :

relations procédé, microstructures et propriétés mécaniques

Gautier DOUMENC

Jury :

Mme Aude SIMAR, Professeure des Universités, Université catholique de Louvain	Rapporteur
M. Damien FABREGUE, Professeur des Universités, INSA Lyon	Rapporteur
M. Patrice PEYRE, Directeur de recherche, PIMM – CNRS	Examineur
M. Frédéric DESCHAUX-BEAUME, Professeur des Universités, Université de Montpellier	Examineur
M. Laurent COUTURIER, Maître de conférences, Université de Nantes	Examineur
M. David GLOAGUEN, Professeur des Universités, Université de Nantes	Directeur de thèse
M. Pascal PAILLARD, Professeur des Universités, Université de Nantes	Co-directeur de thèse
M. Bruno COURANT, Maître de Conférences, Université de Nantes	Encadrant de thèse

La fabrication additive ou l'impression 3D permet d'optimiser les performances d'une pièce, ainsi que son impact énergétique et environnemental. La fabrication additive arc-fil (WAAM) détient des taux de dépôts élevés et offre la possibilité de fabriquer des pièces de grandes dimensions à moindre coût. Les alliages d'aluminium à durcissement structural comme l'alliage 6061 sont largement utilisés pour les applications de structure en raison de leurs propriétés spécifiques élevées. Dans ce type d'alliages, les microstructures et les nanostructures sont fortement influencées par les principaux paramètres du procédé mis en œuvre lors de l'élaboration. Ces paramètres déterminent également les performances mécaniques des pièces produites. Le développement récent d'une variante du procédé de dépôt Metal Inert Gas (MIG), basé sur un mode de transfert en court-circuit à faible énergie appelé Cold Metal Transfer® (CMT), a permis d'améliorer la soudabilité de certains alliages d'aluminium.

Ce procédé a été utilisé avec succès pour produire des pièces en AA6061 exemptes de défauts avec différents paramètres du procédé et stratégies de dépôt. L'effet des paramètres du processus sur la santé matière et la géométrie des dépôts a été étudié. Avec des paramètres optimisés, les parois minces obtenues ont un faible taux de porosité et aucune fissuration à chaud n'a été observée. Les microstructures résultantes ont été analysées. L'état des précipitations a également été étudié. Les recherches sur les phases nanométriques ont montré que les pièces construites peuvent atteindre un état de précipitation T6 standard. Des tests mécaniques et des analyses de contraintes résiduelles (par diffraction des rayons X ou neutrons) ont été effectués, ils montrent que les propriétés mécaniques T6 standard sont retrouvées. En revanche, des contraintes de traction élevées ont été retrouvées dans les pièces construites. Ce travail se présente comme une participation au développement du concept WAAM et plus largement à l'impression 3D.

Soutenance de thèse le lundi 29 mars 2021 en visioconférence

Étude des mécanismes d'endommagement de la microstructure d'un alliage d'aluminium-silicium pour application automobile à partir d'éprouvette modèle à défaut contrôlé

Alexis DOS SANTOS

Jury :

M. Denis NAJJAR, Centrale Lille Institut - LaMcube	Directeur de thèse
Mme Véronique AUBIN, CentraleSupélec - Laboratoire MSSMat	Rapporteuse

M. Franck MOREL, Arts et Métiers ParisTech campus Angers	Rapporteur
M. Eric CHARKALUC, Institut Polytechnique de Paris	Examineur
M. Guillaume REINHART, Aix-Marseille Université/Université de Toulon – IM2NP	Examineur
M. Fabien SZMYTKA, ENSTA Paris – Institut Polytechnique de Paris	Examineur
Mme Nathalie LIMODIN, CNRS - LaMcube	Examinatrice (co-encadrante)
M. Jérôme HOSDEZ, Université de Lille - LaMcube	Examineur (co-encadrant)
M. Ahmed EL BARTALI, Centrale Lille institut - LaMcube	Invité (co-encadrant)
Mme Amina TANDJAOUI, Centrale Lille institut - LaMcube	Invitée (co-encadrante)
M. Jean-François WITZ, CNRS – LaMcube	Encadrement
M. Christophe NICLAEYS, Centrale Lille institut - LaMcube	Encadrement
M- Philippe QUAEGBEUR, Centrale Lille institut - LaMcube	Encadrement

La compréhension de l'impact des défauts de fabrication (porosité, inclusions fragiles) par Procédé de fonderie à Modèle Perdu (PMP) est au cœur des problématiques liées à l'amorçage de fissures dans les pièces sollicitées mécaniquement. L'analyse des mécanismes de rupture vise en particulier l'alliage Al-7Si-3Cu (A319). Ce type d'étude se fait généralement par prélèvement en culasse mais la grande variabilité de la distribution et des caractéristiques des défauts observés complique l'analyse des mécanismes de fissuration. La nouvelle approche consiste à créer une éprouvette modèle avec une microstructure de culasse représentative en termes de constituants et défauts. Par le contrôle du positionnement du défaut dans l'éprouvette analysée, le site d'amorçage de la fissure est connu. Ainsi, la zone d'observation est limitée pendant l'essai mécanique ce qui permet de faciliter la mesure quantitative à une échelle très fine. Deux stratégies sont envisagées pour l'éprouvette. La première méthode consiste à fermer les pores de l'alliage A319 prélevé en culasse par un traitement thermomécanique de Compression Isostatique à Chaud (CIC) et à percer un trou incliné au centre de l'éprouvette usinée. Des essais mécaniques cycliques instrumentés avec des caméras ont été effectués en utilisant une micromachine de traction. Les champs de déplacement autour du trou à la surface ont été mesurés et analysés par corrélation d'images numériques. L'essai est interrompu à différents stades pour caractériser la morphologie 3D des microfissures par microtomographie aux rayons X. Les déformations de von Mises calculées en surface et celles calculées dans le volume permettent de comprendre les mécanismes d'endommagement dans la région d'intérêt de l'éprouvette. La seconde méthode consiste à contrôler la vitesse de refroidissement lors de la solidification d'un échantillon de traction coulé en laboratoire dans le but de placer un pore interne au milieu de la zone utile de l'éprouvette. Des observations en microscopie optique et en microtomographie RX ont été effectuées afin de quantifier les caractéristiques de la microstructure et la localisation des défauts.

Soutenance de thèse le vendredi 9 avril 2021 à Brest (ENIB)

Study of high cycle fatigue of metastable austenitic stainless steel at room and low temperatures via self-heating measurements

Behnaz AMINI

Jury :

Éric CHARKALUK, Directeur de recherche CNRS, LMS, École Polytechnique	Rapporteur
Ludovic VINCENT, Directeur de recherche, CEA Paris Saclay	Rapporteur
Fabien SZMYTKA, Professeur, ENSTA Paris, Institut Polytechnique de Paris	Examineur
Rémi MUNIER, Docteur-Ingénieur, ArcelorMittal, Global R&D Maizières Products	Examineur
Shabnam ARBAB CHIRANI, Professeur des universités, IRDL, ENIB	Directrice de thèse
Sylvain CALLOCH, Professeur des universités, IRDL, ENSTA Bretagne	Co-directeur de thèse
Younes DEMMOUCHE, Maître de conférences, IRDL, ENSTA Bretagne	Encadrant
Nicolas LAURAIN, Ingénieur, GTT, 1 Route de Versailles, 78470 Saint-Rémy-lès-Chevreuse	Invité

This study is an attempt towards a better understanding of the high cycle fatigue behavior of the 304L austenitic stainless steel at room and low temperatures. Special attention is paid to the thermal response of the material studied under cyclic loading tests (i.e., self-heating (SH) tests) in different conditions. The cyclic behavior of the 304L austenitic stainless steel can be influenced by martensitic transformation. Hence, the role of martensitic transformation in the SH behavior of this material is studied. For this purpose, SH tests are performed on pre-strained specimens at a wide range of temperatures from 100°C to -130°C, which leads to different initial volume fractions of martensite ranging from 0% to 45%, respectively. Furthermore, the influence of the testing temperature and the pre-strain at room and low temperatures on the SH curves is investigated. Afterwards, the high cycle fatigue behavior of the material studied is investigated by considering different initial states of the material. The results obtained using the classical fatigue tests confirm the validity of the results gained by the SH

method. Then, to identify the main dissipative sources responsible for the SH phenomenon, several interrupted fatigue tests along with microscopic observations (using different techniques) on the specimen surface have been conducted. Based on these observations, the existence of two regimes on the SH curve has been justified. Finally, a two-scale probabilistic model is developed in order to take into account the more intensity of the primary regime in the case of the 304L stainless steel. Special attention is paid to recognize a transition from the primary regime to the secondary one. To validate the SH approach, the S-N-P curves obtained from the model (using the SH measurement results) are compared to the experimental fatigue ones at the initial state as well as in the presence of plastic strain and volume fraction of martensite. The results demonstrate that the SH method is able to determine the endurance limit of the material studied and its standard deviation using only one specimen and a couple of hours of testing

MATÉRIAUX COMPOSITES

Soutenance de thèse le lundi 1er février 2021 à ONERA, Palaiseau

Performances mécaniques résiduelles des matériaux composites soumis au feu

Juan Pablo MÀRQUEZ COSTA

Jury :

M. Rafael Estevez, Professeur	SIMaP – Université Grenoble-Alpes	Rapporteur
M. Benoît Vieille, Professeur	GPM – INSA Rouen	Rapporteur
M. Christophe Bouvet, Professeur	ICA – ISAE-Supaéro	Examinateur
Mme Anita Catapano, Maître de Conférences	I2M – Bordeaux INP	Examinatrice
M. Vincent Legrand, Maître de Conférences HDR	GeM – Université de Nantes	Examinateur
M. Gillian Leplat, Ingénieur Chercheur	ONERA / DMPE, Université de Toulouse	Examinateur
M. Damien Halm, Professeur	Institut Pprime – ISAE-ENSMA	Directeur de thèse
M. Cédric Huchette, Ingénieur Chercheur	DMAS, ONERA, Université Paris Saclay	Encadrant

Dans le cadre de la tenue au feu des matériaux composites, il est nécessaire d'évaluer la dégradation de leurs propriétés thermiques et mécaniques due à des pertes de masse, de la fissuration matricielle et/ou des délaminages. Néanmoins, peu d'études dans la littérature sur la tenue en température des composites aéronautiques concernent le comportement mécanique et la rupture des interfaces avant toute dégradation thermique, sujet qui est l'objet principal de ce travail. Ainsi, l'objectif est de proposer un modèle de prévision de rupture concernant tant l'amorçage que la propagation du délaminage pour des chargements thermomécaniques. Ce travail a porté en grande partie sur la caractérisation des propriétés d'interfaces à l'aide d'une analyse d'essais de propagation de fissure en mode II pour des éprouvettes chauffées par effet Joule. Ces analyses numériques montrent que le comportement du pli n'explique pas la réponse macroscopique pseudo-ductile observée expérimentalement. Ainsi, une méthode de dialogue essai-calcul, comparant les champs cinématiques mesurés par corrélation d'images numériques et ceux simulés par éléments finis, souligne l'importance du comportement visqueux à l'échelle de l'interface. C'est par une approche similaire de type FEMU que les paramètres d'une loi de rupture de type cohésif ont été identifiés en température et en tenant compte des différentes sources d'incertitude. Ce travail met en évidence la similitude entre le cisaillement plan et hors plan, tant sur le comportement que sur la rupture. En parallèle, l'analyse d'essais de tenue en température par impact laser a permis d'établir un critère d'amorçage par une approche couplée en contrainte et en énergie. Une confrontation de ce critère aux paramètres de la loi de zone cohésive identifiés précédemment permet de discuter de l'échelle de modélisation de l'interface.

Soutenance de thèse le mercredi 31 mars 2021 en visioconférence

Approche multi-modèle adaptative pour la propagation d'endommagement

dans de grandes structures composites stratifiées

Eva BORAKIEWICZ

Jury :

Joel CUGNONI, Associate professor, Institute COMATEC / HEIG-VD	Rapporteur
Pierre KERFRIDEN, Senior Lecturer HDR, Cardiff University	Rapporteur

Alain RASSINEUX, Professeur, UTC Compiègne
Federica DAGHIA, Maître de conférences HDR, UTC Compiègne
Carlos DÁVILA, Senior Researcher, NASA/Langley Research Center
Frédéric LAURIN, HDR, ONERA/DMAS
M. Vincent CHIARUTTINI, ONERA/DMAS
M. Philippe PETERS, Ingénieur Airbus Operation, invité

Examineur
Examineur
Examineur
Directeur de thèse
Encadrant
Encadrant industriel

Les industriels du domaine aéronautique s'intéressent à la réalisation de simulations prédictives à l'échelle structurale. Dans ces situations, la taille des problèmes mécaniques concernés est telle que l'utilisation de modèles matériaux et de discrétisations éléments finis simplifiées, telles que des coques, est indispensable. De plus, dans un contexte d'utilisation croissante de stratifiés composites, les industriels s'intéressent à simuler l'impact d'un endommagement initialement localisé et de son évolution, sur la tenue en service d'un composant. Or, pour simuler fidèlement l'endommagement d'un tel stratifié, une modélisation plus précise est nécessaire avec une discrétisation fine et une loi matériau complexe. La généralisation de ce type de modélisation n'est pas acceptable à l'échelle de grandes structures, de sorte que le développement de stratégies de calcul ad-hoc est aujourd'hui essentiel pour les concepteurs aéronautiques, l'idée sous-jacente étant de pouvoir ajuster la finesse de modélisation au besoin, dans l'espace et dans le temps.

La méthode proposée dans la thèse entre dans ce cadre, en exploitant des algorithmes de remaillage adaptatif, mais en s'imposant le cadre d'une résolution numérique utilisant un code de calcul aux éléments finis industriel. Ainsi, ce manuscrit introduit une nouvelle approche numérique d'adaptations multi-modèles. Dans un premier temps, on pose un problème de références multi-modèles à décomposition fixée. Il consiste en un domaine généralement élastique comprenant quelques inclusions anélastiques où le modèle raffiné permet de capturer des phénomènes complexes se produisant dans les stratifiés composites. Dans le modèle discret, le domaine élastique est modélisé avec des éléments de coque multicouches, tandis que le domaine anélastique est modélisé avec des éléments solides comprenant au moins un élément par pli dans l'épaisseur. Cette technique nécessite la mise en œuvre d'un couplage multidimensionnel. Dans un second temps, l'opération d'adaptation de modèle résulte notamment de l'étude du déclenchement de l'adaptation, de la stratégie remaillage, et de la problématique de mise à jour de l'état. La stratégie de remaillage est l'une des principales contributions de ce travail car elle permet de simplifier les autres opérations telles que la mise à jour de l'état. Les résultats de l'approche multi-modèle adaptative appliquée à des cas de test académiques, montrent la flexibilité fournie par notre méthode.

Soutenance de thèse le vendredi 7 mai 2021 en visio-conférence

Modélisation multi-échelle des phénomènes non linéaires sous contraintes thermiques dans les composites à matrice céramique

Thomas-David JAYET

Jury :

M. Emmanuel BARANGER, CR1, Université Paris-Saclay GS Sciences de l'ingénierie et des systèmes	Directeur de thèse
M. Frédéric LAURIN, Ingénieur de recherche, ONERA - Université Paris-Saclay	Examineur
Mme Delphine BRANCHERIE, Professeure des universités, UTC	Rapporteur
M. Anthony GRAVOUIL, Professeur des universités, INSA Lyon	Rapporteur
M. Francisco CHINESTA, Professeur des universités, ENSAM	Examineur
M. Guillaume COUEGNAT, Ingénieur de recherche, LCTS – CNRS	Examineur

Les composites à matrice céramique constituent aujourd'hui de bons candidats pour remplacer les pièces en alliage métallique dans les parties chaudes des moteurs d'avion afin de limiter leur impact environnemental. En effet ces matériaux possèdent des propriétés thermo-mécaniques qui permettraient d'élever les températures d'utilisation des moteurs et ainsi augmenter leur rendement. Toutefois un défi réside dans la description de leur comportement dans un milieu soumis à de fortes températures. Les industriels de l'aéronautique cherchent donc à développer des outils de compréhension adaptés à ces composites pour aider au choix de l'architecture matériau et prédire les scénarios de dégradation. La démarche proposée dans cette thèse consiste dans un premier temps à mettre au point une méthode de description par motifs élémentaires des micro-structures. C'est une Méthode des Éléments Finis Généralisés (GFEM) qui a été adoptée. Cette stratégie issue des hypothèses de partition de l'unité permet d'utiliser des champs en tant que fonctions d'enrichissement numériques pour tenir compte de détails structuraux. Mieux, une version multi-échelle est retenue pour son caractère versatile et la possibilité de construire des motifs stockés en amont et appelés lors du calcul en fonction du besoin. Une comparaison entre les résultats obtenus avec un calcul Éléments Finis et avec la GFEM est faite

sur une structure élastique. Dans un second temps la possibilité de prendre en compte l'initiation et la propagation de fissure à travers une approche par champ de phase (Phase-field) a été proposée. Pour cela une variable continue d'endommagement est introduite à travers un potentiel de dissipation et une densité d'énergie élastique stockée. L'utilisation de principes thermodynamiques aboutit à l'écriture d'une loi d'évolution de l'endommagement. En particulier cette loi est mise à contribution dans le cadre de la simulation de la déviation de fissure à l'interface fibre-matrice du composite. Enfin dans un troisième temps la question du couplage entre la variable d'endommagement et la visco-plasticité à haute température a encouragé l'écriture d'un nouveau modèle thermodynamiquement cohérent qui lie ces deux quantités. Celui-ci a pu par la suite être intégré à la loi d'endommagement avant de proposer une application dans un cas unidimensionnel. Les codes développés pour ces travaux de thèse sont adaptés à une utilisation non-intrusive du logiciel Abaqus.

MATERIAUX NON MÉTALLIQUES

Soutenance de thèse en cotutelle le 21 janvier 2021 à Tohoku et le 15 mars 2021 à l'École Centrale de Lyon

Contrôle du processus permettant la création d'une interface de frottement extrêmement faible pour un système tribologique utilisant un DN gel

Laura JAY

Jury :

Prof. Koshi Adachi	Tokoku University
Prof. Tsunemoto Kuriyagawa	Tokoku University
Prof. Makoto Ohta	Tohoku University
Prof. Hassan Zahouani	École Centrale de Lyon – ENISE

Les hydrogels ont suscité l'intérêt au cours des 20 dernières années. Grâce à ses propriétés et capacités hors norme, ce matériau répond à une large gamme d'applications. Composé à près de 90% d'eau, les hydrogels, ont des capacités de réserve et d'absorption atypiques. Cependant, leur résistance leur fait défaut. Récemment, une nouvelle génération d'hydrogels a été créée, les rendant beaucoup plus résistants, nommé hydrogel à double réseau ou le DN gel (de l'anglais « Double Network hydrogel »). Cette technologie est basée sur le principe d'interpénétration de deux réseaux de polymères. Ce double réseau lui confère une grande résistance au cisaillement, à la compression et à la traction ce qui permet à ce matériau de s'adapter à de plus en plus d'applications.

Jusqu'à présent les études se sont focalisées sur les propriétés mécaniques du DN gel, cependant, afin de répondre aux contraintes des différentes applications, les propriétés tribologiques de ce matériau doivent également être connues. Ce travail de thèse apporte quelques clés afin de comprendre le potentiel du DN gel en tant que film inter-matériau. Nous avons clarifié l'interface de frottement DN gel et Carbone de Silice (SiC), ainsi que les éléments caractéristiques du DN gel jouant un rôle dans la qualité de repousse cellulaire.

Dans un premier temps, les propriétés tribologiques de base du gel DN ont été déterminées. La capacité du DN gel à créer une interface à très faible frottement ($\mu < 0.01$) a été mise en évidence, aussi, nos expériences nous ont permis de tracer la courbe de Stribeck. Enfin, nous nous sommes focalisés sur l'aspect qualitatif du processus transitoire tout au long de la durée du frottement, ce qui nous a permis de le considérer comme l'élément clé dans la compréhension de l'obtention d'un frottement aussi faible. En effet, en faisant varier l'épaisseur du film, nous obtenons un coefficient de frottement plus faible avec un gel épais (6 mm) ou fin (1,5 mm) suivant un processus à simple ou double décroissance pour l'atteindre, ce sont donc des mécanismes différents selon l'épaisseur et donc la pression appliquée sur le DN gel. Nous avons complété l'étude en analysant l'usure résultante à la surface du DN gel puis en effectuant des tests de frottement *in situ* complémentaires qui contribuent à la compréhension des mécanismes correspondants.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à l'application pour la régénération de tissu cartilagineux, notamment en utilisant le matériau directement comme support pour l'auto-régénération du cartilage. Pour cette application, nous avons compris que l'influence des paramètres tels que le module élastique et la texture de surface du DN gel peuvent être des paramètres influents sur la qualité de croissance des chondrocytes.

Soutenance de thèse le vendredi 26 mars 2021 en visioconférence

Prédiction de la microfissuration par champ de phase et méthode FFT pour les matériaux énergétiques comprimés

François RABETTE

Jury :

Yann Monerie Professeur des universités, Université Montpellier	Président
Julien Réthoré Directeur de recherche au CNRS, École Centrale de Nantes	Rapporteur
Lionel Gélébart, Ingénieur chercheur, CEA Paris-Saclay	Rapporteur
Jacques Besson, Directeur de recherche au CNRS, MINES ParisTech	Examineur
Sophie Dartois, Maître de Conférences, Université Pierre et Marie Curie	Examinatrice
Dominique Leguillon, Directeur de recherche au CNRS émérite	Examineur
François Willot, Chargé de recherche, MINES ParisTech	Directeur de thèse
Hervé Trumel, Directeur de recherche, CEA Le Ripault	Directeur de thèse

Ce travail s'inscrit dans la thématique classique en mécanique non-linéaire de la modélisation du comportement à rupture de milieux hétérogènes. On étudie par des moyens numériques la localisation et la propagation de l'endommagement dans un comprimé au TATB (triamino-trinitrobenzène) soumis à diverses sollicitations mécaniques et thermiques. La microstructure polycristalline, qui contient en outre liant et porosités, est partiellement caractérisée à travers des images obtenues par microscopie électronique, ainsi que des essais mécaniques et thermiques, et présente, à l'état initial, des contraintes résiduelles, voir des fissures pré-existantes. On développe dans un premier temps une méthode numérique de calculs par transformées de Fourier rapide pour la prédiction de l'endommagement reposant sur l'utilisation d'un "champ de phase", qui décrit l'endommagement local au sein de la microstructure. Les algorithmes proposés, validés à partir de données issues de la littérature, prennent en compte le caractère irréversible de l'endommagement ainsi que la forte anisotropie des cristaux de TATB, en élasticité mais également du point de vue de la fissuration. Dans un second temps, on applique les schémas numériques développés au polycristal étudié. On s'intéresse en particulier à la fissuration transgranulaire sous cycle thermique à froid, puis on intègre la porosité et la fissuration dans le liant sous chargement thermique et en traction. Ces divers phénomènes sont pris en compte de manière incrémentale et identifiés par méthode inverse sur les données expérimentales disponibles. Les résultats de ce travail montrent d'une part le rôle prépondérant joué par l'endommagement inter et transgranulaire sur le comportement thermique à froid et lors des essais mécaniques. La démarche entreprise permet, en outre, de préciser l'influence relative des divers mécanismes pris en compte : porosité, élasticité dans le liant et dans les grains, mais également anisotropie mécanique des grains ou endommagement du matériau à l'état initial.

Soutenance de thèse le 31 mars 2021 en visioconférence

Étude expérimentale et numérique de la sensibilité de compositions énergétiques : influence de la microstructure et rôle de l'endommagement

Élodie KAESHAMMER

Jury :

Thierry FOURNEL, Professeur, Université Jean Monnet	Rapporteur
Carole NADOT, Professeur, Institut P'	Rapporteuse
Michel ARRIGONI, Professeur, ENSTA Bretagne	Examineur
Patrice BAILLY, Professeur, INSA Centre Val de Loire	Examineur
Lionel BORNE, ISL	Examineur
Steve BELON, Ingénieur, CEA Gramat	Invité
Louis-François LOBREAU, Ingénieur, DGA	Invité
Petr DOKLÁDAL, Mines ParisTech	Directeur de thèse
François WILLOT, Mines ParisTech	Directeur de thèse

La sensibilité au choc d'un matériau énergétique est liée à sa microstructure. L'onde de choc interagit avec la microstructure en créant des sauts de pression et des hausses de température localisés que l'on appelle points chauds. Ces points chauds sont de potentiels sites d'initiation de la détonation. L'objectif de thèse est d'étudier l'influence de différents paramètres microstructuraux sur la sensibilité au choc d'un matériau énergétique.

Dans un premier temps, les microtomographies de trois matériaux RDX/Cire (70/30 en masse) sont étudiées. Ces trois matériaux sont identiques en termes de composition mais diffèrent par leur microstructure ainsi que par leur seuil d'amorçage en détonation. Les microtomographies sont filtrées et segmentées avant d'être caractérisées. La caractérisation permet d'identifier et de quantifier les différences de granulométries, distributions spatiales, formes des grains, points de contact entre les grains et réponses élastiques des 3 matériaux. Chaque grain labellisé est ensuite étudié individuellement (volume, surface, rayon moyen, sphéricité, convexité, angularité) et extrait pour former une bibliothèque de grains. Les résultats d'analyse d'images sont comparés avec des mesures expérimentales pour vérifier la validité de l'outil de segmentation mise en œuvre.

Dans un second temps, des microstructures virtuelles sont générées à partir de la bibliothèque de grains réels afin de contrôler les caractéristiques des grains présents dans le matériau virtuel et d'isoler les effets de différents paramètres microstructuraux, tout en respectant la granulométrie et la distribution spatiale du matériau réel. Des simulations numériques dynamiques ont mis en évidence le rôle des défauts intra-granulaires ainsi que des points de contact entre les grains dans la localisation des contraintes et la formation de points chauds. L'importance des points de contact entre les grains était déjà pressentie à la suite de calculs FFT élastique quasi statique. Parallèlement à ce travail numérique, des expériences de récupération sous choc ont été mises au point et réalisées à l'ISL. Les échantillons endommagés sont microtomographiés, révélant d'importantes fissurations et décohésions pour des pressions de choc bien inférieures au seuil d'amorçage de la détonation.

Soutenance de thèse le lundi 12 avril 2021 en visioconférence

Étude de l'influence des additions minérales sur l'auto-cicatrisation des matériaux cimentaires : caractérisation expérimentale et modélisation des propriétés visco-élastiques

Carol Youssef NAMNOUM

Jury :

Mohammed Matallah, Professeur, Université Abou Beckr Belkaid, Tlemcen (Algérie)	Rapporteur
Thierry Vidal, Maître de Conférences HDR, Université Paul Sabatier, Toulouse	Rapporteur
Jean-François Georgin, Professeur des Universités, INSA de Lyon	Examineur
Jacqueline Saliba, Maître de Conférences, Université de Bordeaux	Examineur
Ahmed Loukili, Professeur des Universités, École Centrale de Nantes	Directeur
Frédéric Grondin, Professeur des Universités, École Centrale de Nantes	Co-directeur
Benoît Hilloulin, Maître de Conférences, École Centrale de Nantes	Co-encadrant

Les sollicitations mécaniques et environnementales subies par le béton peuvent entraîner l'apparition de fissures menaçant la durabilité des infrastructures. L'auto-cicatrisation, définie comme étant la capacité de refermeture des fissures sans intervention humaine, apparaît de plus en plus comme une solution prometteuse dans la durabilité des structures.

Dans ce travail, l'intérêt s'est porté en premier lieu sur le processus physico-chimique de l'auto-cicatrisation autogène dans les mélanges composés de ciment et d'additions minérales de plus en plus utilisées dans l'objectif de diminuer l'empreinte carbone des bétons. Le potentiel de cicatrisation a été suivi sur différentes compositions en analysant leurs comportements mécaniques en flexion trois points. En parallèle, la nature chimique des produits formés au sein des fissures créées artificiellement a été suivi par différentes techniques d'analyses et d'imagerie microscopiques (MEB, DRX, ATG). L'interprétation fine des résultats a permis de dégager des conclusions claires sur la capacité de l'auto-cicatrisation des matériaux et sur la minéralogie des produits de cicatrisation en fonction de la composition initiale.

Dans un second temps, le comportement visco-élastique d'éprouvettes de mortier cicatrisées ou en cours de cicatrisation a été investigué. Il s'agit de notre connaissance d'un travail pionnier dans ce domaine dont l'objectif est de fournir des éléments de compréhension supplémentaires sur l'interaction entre la continuité d'hydratation du matériau cicatrisant et la présence d'un chargement mécanique. La démarche expérimentale a consisté à la fois dans le suivi du fluage en flexion de matériaux cicatrisés ainsi que leur comportement mécanique résiduel après déchargement. En combinant les deux résultats, nous avons conclu que l'aspect évolutif des propriétés mécaniques avec la continuité d'hydratation du ciment en cours de cicatrisation entraîne une relation entre les regains mécaniques et le taux de déformation de fluage. Puis, une modélisation à l'échelle microscopique a été établie pour identifier et évaluer les mécanismes physiques du couplage fluage-cicatrisation. Dans l'approche proposée, l'évolution des regains mécaniques par l'auto-cicatrisation des pâtes virtuelles a été simulée et a confirmé les hypothèses expérimentales de l'influence du regain mécanique sur le comportement différencié des matériaux cicatrisés.

Soutenance de thèse le mercredi 28 avril 2021 à LMG – Montpellier

Approche par changement d'échelle du vieillissement des bétons : expérimentations et simulations numériques

Joffrey LHONNEUR

Jury :

Mme. Évelyne Toussaint, Professeure, Université Clermont-Auvergne	Rapporteuse
M. Michel Coret, Professeur, École Centrale de Nantes	Rapporteur
Mme. Cécile Oliver-Leblond, Maîtresse de conférence, ÉNS Paris-Saclay	Examinatrice
M. Djimédo Kondo, Professeur, Université Pierre et Marie Curie	Examinateur
M. Moulay Saïd El Youssoufi, Professeur, Université de Montpellier	Directeur de thèse
M. Yann Monerie, Professeur, Université de Montpellier	Co-directeur de thèse
Mme. Céline Péliou, Ingénieure de recherche, IRSN	Encadrante
M. Frédéric Jamin, Maître de conférence, HDR, Université de Montpellier	Encadrant
M. Bertrand Wattrisse, Professeur, Université de Montpellier	Membre invité

Dans le cadre de l'extension de la durée de vie des centrales nucléaires, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) s'intéresse au vieillissement des bétons constituant la dernière barrière des enceintes de confinement des éléments radioactifs. Dans cette optique, plusieurs études menées dans le cadre du laboratoire commun (IRSN/CNRS/Université de Montpellier) MIST ont contribué à la mise en place :

- d'essais expérimentaux multi-échelles sur des éprouvettes de bétons ;
- d'un outil numérique pour la modélisation de la fissuration de matériaux cimentaires.

Réalisée dans le cadre du MIST, cette thèse constitue la première confrontation rigoureuse entre une prédiction de l'outil numérique du MIST et des résultats d'essais expérimentaux. Pour se faire, un essai de flexion trois points est mis en place à l'échelle de l'interface ciment/granulat sur des éprouvettes de ciment et des composites ciment/granulat. Un protocole expérimental complet est proposé pour l'extraction d'informations nécessaires (force à rupture, champ des déplacements en surface d'une éprouvette et vitesse moyenne de propagation de fissure) à l'estimation des différents paramètres matériau utilisés dans les simulations.

Les paramètres matériau ainsi estimés sont ensuite utilisés pour prédire numériquement la rupture d'une pièce de béton de plus grande dimension, contenant quelques dizaines d'inclusions cylindriques. Un dialogue essais/calculs est alors mené de façon à évaluer le caractère prédictif de l'outil numérique et à proposer des pistes d'améliorations sur les plans numérique et expérimental. Deux de ces pistes ayant fait l'objet d'une étude expérimentale sont présentées et s'accompagnent de perspectives encourageantes pour la suite de ce travail.

Soutenance de thèse le vendredi 12 février 2021 en visioconférence

Prédiction statistique de chemins de fissuration : application au matériau cimentaire.

Kathleen PELE

Jury :

IOOSS Bertrand, Ingénieur de recherche Senior	EDF R&D	Rapporteur
DUREISSEIX David, Professeur	INSA Lyon	Rapporteur
LIANDRAT Jacques, Professeur	ECM	Directeur
DARIDON Loïc, Professeur	Université de Montpellier	Directeur
MARREL Amandine, Ingénieur de Recherche	CEA	Examinatrice
BRENNER Renald, Directeur de recherche	Sorbonne Université	Examinateur
BACCOU Jean, Ingénieur de Recherche	IRSN	Examinateur
LE GOUIC Thibaut, Maître de conférences	ECM	Examinateur
MONERIE Yann, Professeur	Université de Montpellier	Invité
GINSBOURGER David, Professeur	Université de Bern	Invité
PERALES Frédéric, Ingénieur de Recherche	IRSN	Invité

Le prolongement de la durée d'exploitation des centrales nucléaires françaises soulève de nombreuses questions de recherche sur le vieillissement des ouvrages de génie civil nucléaire. Les phénomènes intervenant lors de ce vieillissement sont susceptibles en particulier de dégrader le béton et de conduire à l'apparition de fissures dans les structures touchées. Afin d'étudier leurs conséquences sur la structure, des simulations numériques à l'aide de codes de calcul complexes sont réalisées. Cependant, chaque simulation est coûteuse en temps calcul, ce qui

est un frein dans les applications industrielles nécessitant un grand nombre de simulations. Pour limiter les coûts, on propose dans ce travail la construction d'un modèle mathématique à base de chaîne de Markov rapide à évaluer pour la prédiction de chemins de fissuration afin d'éviter un appel au code de calcul. Une analyse des performances est ensuite faite et montre la cohérence entre les informations fournies par le modèle et les fissures simulées par le code de calcul (code XPER dans notre étude). De plus, le temps de calcul de l'étude est significativement réduit par rapport à une simulation XPER. Le nouveau modèle est enfin appliqué avec succès sur une expérience classique dans le domaine des matériaux cimentaires, une poutre en flexion trois points. La mise en œuvre de cette étude nécessite le couplage avec un code mécanique Éléments Finis.

MATÉRIAUX NUMÉRIQUES

Soutenance de thèse le mardi 15 décembre 2020 à l'École Centrale de Nantes

Mécanique numérique en grandes transformations pilotée par les données : de la génération de données sur mesure à une stratégie adaptative de calcul multiéchelle

Auriane PLATZER

Jury :

Prof. Marc-André Keip	University of Stuttgart	Rapporteur
Prof. Julien Yvonnet	Université Gustave Eiffel	Rapporteur
Dr Piotr Bretikopf	Université Technologique de Compiègne	Examineur
Prof. Michael Ortiz	California Institute of Technology	Examineur
Prof. Stefanie Reese	RWTH Aachen University	Examinatrice
Prof. David Ryckelynck	Mines Paris Tech	Examineur
Prof. Laurent Stainier	École Centrale de Nantes	Directeur de thèse
Dr. Adren Leygue	École Centrale de Nantes	Encadrant

La mécanique numérique est aujourd'hui au cœur d'un important flux de données. D'un côté, l'identification des lois de comportement utilisées dans les simulations éléments finis repose sur de riches données expérimentales (mesures de champs). D'un autre côté, les calculs multiéchelles fournissent un très grand nombre de valeurs discrètes de champs de déplacement, déformation et contrainte, dont on extrait des connaissances sur la réponse effective du matériau. Entre ces données, la loi de comportement apparaît comme un goulot contraignant le champ des possibles.

En rupture avec cette approche, Kirchdoerfer et Ortiz (*Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 304, 81-101) ont proposé un paradigme de mécanique numérique sans modèle, appelé *data-driven computational mechanics*. La réponse matériau y est uniquement représentée par une base de données (couples déformation-contrainte). Le problème mécanique est alors reformulé comme une minimisation sous contrainte de la distance entre (i) l'état déformation-contrainte mécanique de la structure, et (ii) la base de données matériau.

Ces travaux de thèse se concentrent sur la question de la couverture de l'espace par les données matériau, notamment dans le cadre des grandes transformations. Ainsi, l'approche data-driven est d'abord étendue à la mécanique non linéaire : nous considérons deux formulations différentes et proposons pour chacune d'elles un solveur éléments finis. Nous explorons ensuite la génération de base de données sur mesure, grâce à une méthode d'échantillonnage mécaniquement motivée. Nous évaluons l'approche au moyen d'analyses éléments finis de structures complexes en grandes déformations. Enfin, nous proposons une première stratégie de calcul multiéchelle pilotée par les données, qui permet d'enrichir de façon adaptative la base de données matériaux.

Soutenance de thèse le vendredi 18 décembre en vidéoconférence

Système de traitement d'images temps réel dédié à la mesure de champs denses de déplacements et de déformations

Seyfeddine BOUKHTACHE

Jury :

François BERRY, Prof. des Universités	Université. Clermont Auvergne	Co-directeur de thèse
Benoît BLAYSAT, Maître de conférences	Université Clermont Auvergne	Co-directeur de thèse
Virginie FRESSE Maître de conférences	Université Jean Monnet	

Dominique GINHAC, Prof. des Universités	Université de Bourgogne	
Michel GREDIAC, Prof. des Universités	Université Clermont Auvergne	Co-directeur de thèse
Jean-Charles PASSIEUX, Prof. des Universités	INSA Toulouse	
Frédéric SUR, Prof. des universités	Université de Lorraine	

Ce travail comprend deux parties principales. La première est une étude de faisabilité sur l'implémentation d'un algorithme de Corrélation d'Images Numériques (CIN) sur cible FPGA. Elle porte surtout sur la partie interpolation des images. La seconde partie présente un réseau de neurones convolutif dédié à l'extraction de champs de déplacements à partir de paires d'images de mouchetis de référence et déformés. Les performances de ce réseau de neurones sont comparées à celles d'un programme de CIN classique.

Soutenance de thèse le vendredi 18 décembre 2020 au Campus de Villetaneuse

Sur un estimateur micromécanique de type Eshelby, général et explicite, pour l'élasticité, la thermique et la thermoélasticité : application aux inclusions multicouches

Housseem BOUSOURA

Jury :

M. George CHATZIGEORGIOU	CNRS, LEM3	Rapporteur
M. Issam DOGHRI	École Polytechnique de Louvain	Rapporteur
M. Samuel FOREST	Mines ParisTech CNRS	Examinateur
M. Jean-François GANGHOFFER	Université de Lorraine	Examinateur
M. Sofiane GUESSASMA	INRAE Nantes	Examinateur
M. Hocine KEBIR	Université de Technologie de Compiègne	Examinateur
M. Brahim Elkhaili HACHI	Université de Djelfa	Invité
Mme Salma BARBOURA	Université Sorbonne Paris Nord	Encadrante
M. Mohamed HABOUSSI	Université Sorbonne Paris Nord	Directeur de thèse

Ce travail porte sur le développement d'un nouvel estimateur à champs moyens de type Eshelby, appelé GEEE (General Explicit Eshelby type Estimator), pour évaluer les tenseurs effectifs de rigidité, de conductivité thermique et de dilatation thermique d'inclusions ellipsoïdales multicouches et multiphases, présentant un nombre de couches et des symétries matérielles quelconques. Cet estimateur se présente sous la forme d'une équation tensorielle explicite pour une inclusion ellipsoïdale à deux phases. Il se généralise aux inclusions à N phases ($N > 2$) par une procédure récursive de balayage et remplacement. Pour valider numériquement GEEE et montrer ses capacités prédictives, il a été comparé à plusieurs estimateurs micromécaniques à champs moyens classiques de la littérature, de types Eshelby et non Eshelby, implémentés dans Matlab au même titre que GEEE. Ce dernier a également été comparé à des calculs d'homogénéisation par éléments finis à champs complets, réalisés sur des composites renforcés avec des inclusions enrobées, distribuées selon un arrangement cubique ou hexagonal. À l'occasion des simulations numériques effectuées, les effets du contraste entre phases, de leurs fractions volumiques, et de leurs rapports de forme ont été examinés. Enfin, la capacité prédictive de GEEE en élasticité, thermique et thermoélasticité a été démontrée en reproduisant correctement des mesures expérimentales.

Soutenance de thèse le vendredi 8 janvier par vidéoconférence

Détection d'endommagement dans les tours d'éoliennes terrestres par corrélation d'images numériques

Jordan CURT

Jury :

Evelyne Toussaint / PU	Université Clermont Auvergne / IP	Rapporteuse
Jean-Charles Passieux / PU	INSA Toulouse / ICA	Rapporteur
Véronique Aubin / PU	CentraleSupélec / MSSMAT	
Sylvain Calloch / PU	Ensta Bretagne / IRDL	
Jan Neggens / MCF	CentraleSupélec / MSSMAT	
Mathieu Corus	Ingénieur chercheur expert / EDF R&D	
Stéphane Roux / DR CNRS	ENS Paris-Saclay / LMT	Directeur de thèse
François Hild / DR CNRS	ENS Paris-Saclay / LMT	Co-directeur

La technologie des éoliennes est mature et le marché est avec le temps devenu compétitif. Un levier pour diminuer les coûts de l'exploitation des éoliennes réside dans l'optimisation de la maintenance des turbines. Dans ce contexte, cette étude se focalise sur l'état de la tour de l'éolienne. La durée de vie de la tour est influencée par des paramètres incertains liés à l'environnement et les aléas matériaux. Ceci rend très difficile la prédiction de la durée de vie d'un mât et des marges importantes sont prises lors de son dimensionnement. Cependant des éoliennes se sont déjà effondrées dans le monde, à chaque fois lors d'épisodes climatiques violents. Les deux phénomènes de ruine identifiés sont le flambement local de la tour et l'arrachement de sa partie supérieure. Des sources académiques ou industrielles ont également rapporté la découverte de fissures sur quelques turbines aux interfaces soudure-matériau. Une réflexion concernant la criticité d'une fissure vis à vis du flambement et de sa propagation brutale a été menée dans le cas où la tour est soumise à des chargements violents. Des simulations éléments finis ont permis de montrer que la propagation brutale de fissure était le phénomène dimensionnant pour la prolongation de durée de vie d'une tour d'éolienne fissurée. Pour s'assurer de l'intégrité des structures des techniques de suivi de santé ont été développées. Celles-ci sont en général réalisées à partir de capteurs extrapolant un état de santé global à partir de données locales (accéléromètres, jauges de déformations). Le risque est qu'un défaut reste invisible mais soit tout de même critique pour la structure. Il est donc essentiel de revisiter les outils de prédiction à partir de données de sites relatives à l'endommagement de la tour et des structures les supportant. Dans le cadre de ce travail de thèse des méthodes basées sur l'imagerie et plus particulièrement la Corrélation d'Images Numériques (CIN) ont été développées. Pour aborder le problème, deux approches à différentes échelles ont été considérées. La première, à l'échelle structurale, consiste à reconstruire le champ de déplacement de l'éolienne vue comme une structure unidimensionnelle. La présence d'un défaut induira une perte de raideur latérale, et donc une (quasi-)discontinuité dans le champ de rotation. Les défis relatifs à cette partie sont doubles : l'absence de contraste sur la tour et la prise de photos en extérieur sur une grande structure. Une technique de CIN intégrée a été utilisée afin de diminuer le nombre d'inconnues du problème et réduire les incertitudes de mesures. Il a été montré que l'influence d'un défaut, plus particulièrement d'une fissure, serait trop faible par rapport aux incertitudes de mesures. Cependant, suivant cette approche, une méthode innovante d'analyse modale de tour d'éolienne a été développée et les deux premières fréquences propres ont pu être déterminées avec précision. La seconde est une stratégie de contrôle de la structure à l'échelle mésoscopique. Celle-ci se base sur un dispositif de caméras bon marché à l'intérieur de l'éolienne couvrant les soudures circonférentielles au niveau des zones de plus fortes contraintes. L'idée est d'établir pour chaque caméra lorsque la structure est considérée comme saine une base modale de déplacement caractéristique de cet état grâce à des techniques de réduction de modèle. Au cours du temps, si un défaut sous-jacent ou traversant apparaît, celui-ci induira une perturbation du champ de déplacement qui pourra être détectée à l'aide d'indicateurs globaux tels que l'écart en déplacement ou les résidus de corrélation. Afin de déterminer si la détection d'un défaut aux deux échelles est faisable ou non, la prise en compte de l'incertitude de mesure en regard de l'influence d'un défaut est primordiale. Alors, un cadre mathématique de la CIN optimale à N champs a été proposé et validé.
