Laboratoire de Mécanique des Solides
UMR 7649 CNRS
École Polytechnique ParisTech
École des Mines ParisTech

Rapport d'Activité

2014 - 2015

Laboratoire de Mécanique des Solides

Sommaire

I. PRESENTATION DU LMS 3

II. FAITS MARQUANTS 2014 - 2015 5

III. FORMATION 7

IV. POLE « COMPORTEMENT DES MATERIAUX ET ANALYSES MULTI-ECHELLES » 8

V. POLE « COMPORTEMENT ET DURABILITE DES STRUCTURES 11

VI. POLE « MECANIQUE MULTIDISCIPLINAIRE » 14

VII. BILAN BUDGETAIRE 19

VIII. BILAN SOCIAL 22

IX. PUBLICATIONS 29

I. Présentation du LMS

Le LMS est un UMR (Unité Mixte de Recherche) sous tutelle de l'École Polytechnique, du CNRS et de l'École des Mines. Le laboratoire rassemble un peu plus de 80 personnes. Son domaine de recherche porte sur la Mécanique des Milieux Continus, étudiée à des échelles multiples du triple point de vue théorique, expérimental et numérique. Le laboratoire se structure autour de trois pôles de compétence.

Le pôle « Comportement des matériaux et analyses multi-échelles » s'intéresse à la formulation de lois de comportement ou de critères d'endommagement des matériaux, à l'optimisation de leur microstructure, tout comme à l'évaluation de l'impact des procédés d'élaboration sur leur tenue mécanique. Cette activité s'appuie sur la caractérisation des microstructures et de leur hétérogénéité, l'étude expérimentale et la modélisation, aux échelles pertinentes (souvent multiples) de leurs mécanismes de déformation, d'endommagement et de rupture ainsi que la mise en œuvre de techniques de changement d'échelle.

Le Pôle « Comportement et durabilité des structures» s'intéresse à la modélisation de structures complexes et à l'étude de leur comportement. Cette activité est motivée par des applications industrielles (notamment via des collaborations dans les domaines du transport et de l'énergie). Dans ce cadre, des sujets tels que la fatigue et l'usure, l'analyse dynamique et la stabilité des structures, l'identification de comportements et l'inversion de données, l'étude des stockages souterrains connaissent de forts développements.

Le pôle « problèmes multidisciplinaires » s'intéresse aux nouveaux enjeux de la Mécanique des Solides : nouvelles stratégies de modélisation, étude de milieux complexes qu'ils soient granulaires, amorphes ou actifs avec couplages thermo-mécaniques, mécanique-électromagnétiques, mécanique-chimiques, biologiques, et leurs multiples applications aux actionneurs, cellules photovoltaïques, biomécanique des cellules et des tissus, pour citer juste quelques exemples.

Ces activités ne sont possibles que grâce au support scientifique et technique et à l'activité de développement et de recherche de trois plateformes expérimentales, la plateforme Moyens d'essais statiques et dynamiques, la plateforme Microscopie, Mesure de Champs et Analyses et la plateforme Modélisation et Calcul.

Le laboratoire est enfin présent sur trois domaines d'application principaux (énergie, transport et mécanique des systèmes vivants) grâce à des collaborations à long terme avec de grands industriels (TOTAL, EDF, PSA, SNCF, Michelin, SAFRAN, Schlumberger), avec des organismes de recherche tournés vers les secteurs de l'énergie (CEA, IFP, Andra), et par sa participation à l'action mécanique du vivant du département de Mécanique. Hors contrats publics, les ressources propres annuelles du laboratoire sont de plus d'un million d'euros, faisant l'objet en permanence d'une cinquantaine de contrats actifs.

En termes de stratégie, l'objectif général du laboratoire est de proposer, construire, analyser et valider expérimentalement et numériquement des modèles thermodynamiquement consistants permettant de répondre à de grands enjeux scientifiques et techniques. En particulier, le laboratoire se veut un acteur majeur en conception, fabrication, calcul et analyse de fiabilité des milieux et matériaux hétérogènes micro ou nanostructurés, des couches minces et nano-objets, ou des tissus biologiques. Il s'agit d'étudier et de comprendre les aspects de fabrication et de comportement mécanique à long terme de ces objets, aspects qui sont de plus en plus fortement liés.

Pour réaliser cet objectif, la première priorité est de pouvoir attirer et recruter au niveau international des chercheurs, enseignants chercheurs et ingénieurs de recherche, postdoctorants et doctorants créatifs, entreprenants et à fort potentiel. Le laboratoire est plongé dans un environnement très dynamique avec sa montée en puissance internationale et le développement du plateau de Saclay. Au-delà d'une intense activité de formation doctorale commençant dès la première année de master, la stratégie d'action du laboratoire s'organise autour de deux axes principaux :
- un axe « méthodes », avec trois composantes (essais originaux, imagerie et mesures de champs, techniques d'identification et d'inversion de données) ;

- un axe par thématique avec cinq thèmes majeurs (interfaces et comportement des matériaux, fiabilité et endommagement, matériaux architecturés, matériaux et systèmes actifs, biologie et tissus biologiques) ;
Ces axes orientés en termes d'application vers les secteurs de l'énergie, du transport, et de la mécanique pour le vivant rentrent dans les axes stratégiques, *énergie transport environnement*, *développement de nouveaux matériaux* et *biologie santé* mis en avant à la fois par l'Ecole Polytechnique et le CNRS. En particulier, le laboratoire porte la chaire André Citroën et participe à la Chaire Energies Durables.

L'accompagnement expérimental des recherches sur les interfaces, sur les microarchitectures, sur les matériaux actifs ou biologiques exige le développement et la mise au point d'essais complexes à diverses échelles, le plus souvent in situ avec plusieurs axes de chargement en simultané et une interaction temps réel avec l'analyse des déformations par imagerie à des échelles de plus en plus fine. Dans un parc expérimental qui se développe par une action propre et en coopération, le laboratoire participe avec ses partenaires de Paris Saclay à la plateforme de caractérisation micro-mécanique in-situ mise en place dans le cadre de l'equipex Matmeca. Ce projet vient en complément de la mise en place des essais de nano objets sous environnement dans le cadre de la plateforme PLATINE construite et opérée en commun avec le LPICM et l'IFSSTAR.

L'autre action prioritaire en termes d'équipement concerne les techniques de fabrication additive. Il est en effet nécessaire de pouvoir imaginer, développer et fabriquer ses propres échantillons matériaux et microstructures. Au-delà de l'imprimante 3D haut de gamme partagée entre le LMS et le laboratoire d'Alembert de l'Université Pierre et Marie Curie livrée en 2015 pour l'impression de matériaux micro-architecturés et à gradients de propriété, le laboratoire s'est équipé d'une imprimante polymères multimatériaux pour l'étude et la fabrication de matériaux microarchitecturés souples et actifs dans le cadre de l'ERC MAGNETO. Par ailleurs, il a procédé début 2016 à l'achat d'une imprimante 3D métallique en commun avec l'ENSTA, dans le cadre d'un projet soutenu par la DGA et en coopération avec le fabricant.

Le laboratoire veut enfin rester présent sur les aspects de stockage souterrain avec en particulier l'étude du comportement à long terme et faible charge des géomatériaux concernés. Cet axe est très important dans le secteur de l'énergie que ce soit pour du stockage de déchet, la captation de CO2, ou du stockage de gaz. Un nouveau contrat de recherche pluriannuel vient d'être signé avec l'ANDRA.

II. Faits marquants 2014 - 2015

- Lancement de l'ERC Magneto sous la responsabilité de Kostas Danas

Active Magnetorheological Elastomers: from Hierarchical Composite Materials to Tailored Instabilities - 2015 -2020

In recent years, there has been an increased effort by scientists to obtain new composite materials with extreme properties. In the present subject, the interest is in magneto-mechanical coupling and tailored instabilities. Hierarchical materials, such as magnetorheological elastomers (MREs) which combine magnetic particles (at the scale of nanometers and micrometers) embedded in a soft polymeric non-magnetic matrix, give rise to a coupled magneto-mechanical response at the macroscopic (order of millimeters and centimeters) scale when they are subjected to combined magneto-mechanical external stimuli. These composite materials can deform at very large strains due to the presence of the soft polymeric matrix without fracturing. From an unconventional point of view, a remarkable property of these materials is that while they can become unstable by combined magneto-mechanical loading, their response is well controlled in the post-instability regime. This, in turn, allows us to try to operate these materials in this critically stable region, similar to most biological systems. These instabilities can lead to extreme responses such as wrinkles (for haptic applications), actively controlled stiffness (for cell-growth) and acoustic properties with only marginal changes in the externally applied magnetic fields. Unlike the current modeling of hierarchical composites, MREs require the development of novel experimental techniques and advanced coupled nonlinear magneto-mechanical models in order to tailor the desired macroscopic instability response at finite strains, which is the purpose of this project.

- Lancement de la plate forme expérimentale PLATINE avec les équipes concernées du LMS, du LPICM, du LPMC, du LSI à Polytechnique et l'IFSTTAR à Marne la Vallée

PLATINE : Plateforme multi-sollicitations pour l'évaluation in-situ de la fiabilité des nanocomposants

Pour atteindre le plein potentiel des nanotechnologies, il est indispensable de construire des procédures performantes pour évaluer la fiabilité des composants électroniques à base de nanomatériaux, afin de permettre leur transfert industriel. Le projet PLATINE a donc pour objectif de fournir des procédures adéquates en enrichissant les méthodes classiques de la nanoélectronique (imagerie, caractérisation, modélisation) grâce aux méthodes de fiabilité développées en mécanique. Le cœur du projet PLATINE est une plateforme expérimentale permettant de solliciter des nanocomposants par des chargements multiphysiques (électrique, mécanique, thermique, gaz, fluide) tout en mesurant leur réponse electro-thermo-mécanique à différentes échelles. La plateforme fournit également des outils pour l'analyse ex-situ des micro- et nano-mécanismes responsable de l'amorçage de la rupture.

- Soutenance de 3 Habilitations à Diriger des Recherches : Jean Marc Allain, Dirk Mohr et Alexandre Dimanov.
- Deux lauréats 2014 du prix de thèse Pierre Londe du Comité Français de Mécanique des Roches *Wang Linlin* (Analyse expérimentale et modélisation micromécanique de la déformation et de l'endommagement des argilites sous chargements hydrique et mécanique combinés *Louis Zinsmeister* (Étude de l'évolution hydromécanique d'un carbonate après altération chimique. Application des méthodes de corrélation d'images 2D et 3D à la mesure des champs locaux de déformation lors d'essais mécaniques à différentes échelles).

- Conférence plénière prononcée par Patrick Le Tallec au World Congress on Computational Mechanics en 2014 sur *Polymer modelling: From macroscopic hyperelasticity to strain induced crystallisation*

- Article reconnu par la communauté internationale.
  Werner Koester Award for the year 2014 for the paper entitled : L. Bodelot and G. Ravichandran: Experimental determination of a representative texture and insight into the range of significant neighbouring grain interactions via orientation and misorientation statistics, IJMR 105(2014), 117-129.

III. Formation

En termes de formation, outre sa participation importante aux enseignements de l'École Polytechnique, en particulier dans les programmes d'approfondissement de Mécanique, Innovation Technologique, et Energies, le laboratoire est un centre de formation doctorale en mécanique des solides connu à l'échelle internationale, se trouvant au cœur du triangle enseignement-recherche-entreprise.

L'année 2015 a vu la mise en place du parcours de master M4S (Multiscale and Multiphysics Modeling of Materials and Structures) de la mention mécanique des masters de recherche de l'Université Paris Saclay. Ce programme, suivi la première année par une dizaine d'étudiants, est principalement piloté par des professeurs du laboratoire. Il s'intéresse à la description fine à échelles multiples de la réponse mécanique des matériaux et des structures. Sur ce sujet, le parcours M4S se propose comme un point de rencontre entre disciplines (mécanique, physique et mathématique), avec une formation poussée sur les aspects fondamentaux de la mécanique des matériaux et des structures, une attention marquée vers les aspects multiéchelle et multiphysique de la recherche dans ce domaine et une approche résolument mathématique. Il vient compléter le parcours MAGIS auquel le laboratoire collabore de longue date

Le laboratoire forme environ une dizaine de doctorants par an (6 soutenances en 2014 et 10 soutenances en 2015). Les 25 à 30 doctorants présents en moyenne sont issus des grandes écoles ou grandes universités françaises et étrangères. On dénombre 10 nationalités différentes parmi les doctorants et les post-doctorants (Chine, Viêt-Nam, Brésil, Croatie, Inde, Togo, Russie, Grèce, Italie, et France). La moitié des doctorants accueillis au LMS est de nationalité étrangère. Leur financement est assuré par des bourses ministérielles ou ANR, par des programmes de coopération internationaux et par des financements industriels (CIFRE ou contrats directs).

IV. Pôle « comportement des matériaux et analyses multi-échelles »

Chercheurs participants :

Véronique Doquet
Laurence Bodelot
Emmanuelle Chabert
Kostas Danas
Alexandre Dimanov
Gérard Gary
Dirk Mohr
Jean Raphanel
Nicolas Triantafyllidis

Ingénieurs de Recherche :
Eva Héripré
Alexandre Tanguy

Viscoplasticité cristalline

Bassem Barkia a soutenu le 13 Octobre 2014 sa thèse sur la viscoplasticité à l'ambiante du titane en relation avec ses teneurs en oxygène et hydrogène, co-encadrée par V. Doquet et I. Guillot (ICMPE) dans le cadre du projet ANR Fluti. L'influence de l'oxygène et de l'hydrogène, ainsi que l'anisotropie du comportement ont été analysés par des essais de sauts de vitesse en traction, relaxation et fluage, traction sous microscope optique ou sous MEB et observations MET des dislocations. Il a montré qu'en plus d'un fort durcissement, l'oxygène provoque un accroissement de sensibilité à la vitesse et un vieillissement dynamique aux faibles vitesses de déformation qui freine le fluage à basse contrainte. Si à basse vitesse, l'hydrogène écrante les interactions des dislocations avec les atomes d'oxygène, abaissant le seuil de fluage et accélérant celui-ci, à forte vitesse, il provoque à son tour du vieillissement dynamique et durcit le matériau. Un modèle de viscoplasticité cristalline en champ moyen rendant compte du comportement anisotrope en traction, relaxation et fluage a pu être identifié en utilisant les cissions critiques des divers systèmes de glissement déterminées expérimentalement.
Le stage de master 2 de J. Janowickz a permis d'approfondir l'analyse des mécanismes et de la contribution du glissement aux joints de grains à la déformation plastique du titane, par l'usage combiné de l'AFM (pour la mesure des discontinuités de déplacement hors plan) et du MEB (pour celle des discontinuités dans le plan), ainsi que par de simulations par éléments finis en plasticité cristalline.
Alexandre Dimanov a soutenu le 9 décembre 2015 à l'Université de Lille 1 son Habilitation à Diriger des Recherches intitulée : « Du Sel au Diamant: Minéraux en fluage à tous les étages» devant P. Cordier, L. Jolivet, D. Mainprice, M. Pichavant, Y Gueguen, J. Ingrin, V.Sautter

David Picard a fini son post-doctorat financé par la chaire Energies Durables et prolongé sur des financements ANR (MicroNaSel) et GDR Needs (Mipor). Il a établi les lois de comportement plastique du monocristal de sel entre 20°C et 400°C, avec support de mesures de champs multi-échelles. Ces données se révèlent essentielles pour l'interprétation des résultats de déformation plastique du polycristal de sel, et notamment de la nécessité du glissement aux joints. Il a également fourni les premiers résultats d'essais mécaniques combinés aux mesures de champs multi-échelles sur des argilites synthétiques et naturelles, polies à l'abrasion ionique, permettant de réduire la base de mesure jusqu'à l'échelle de la particule d'argile.

Ababacar Gaye a soutenu sa thèse le 20 mars 2015, sous la co-direction de Michel Bornert, Alexandre Dimanov et Karam Sab. Dans le cadre de cette thèse, financée par l'ANR MicroNaSel, ont été obtenues 1) la première comparaison réussie des champs mécaniques de surface (mesures Optique et MEB) et de volume (mesures RX-MCT) sur polycristal plastiquement déformé, 2) la première comparaison de microstructures cristallines 2D (mesures EBSD) et 3D (mesures RX-DCT) sur

polycristal de sel, 3) la première quantification précise du glissement aux joints de grains d'un polycristal plastiquement déformé.

Une étude des mécanismes de déformation et du comportement en fluage et en fatigue d'un alliage d'aluminium à grains ultra-fins obtenu par déformation plastique sévère a démarré dans le cadre de la thèse d'A. Goyal, dirigée par V. Doquet. La filière coudée développée au laboratoire devrait permettre d'obtenir par le procédé ECAP, du métal ayant une taille de grains de 100 à 800nm, aux propriétés mécaniques notablement accrues en traction et fatigue à grand nombre de cycles, l'effet sur le fluage restant à explorer, mais certainement très lié à l'activation du glissement aux joints de grains.

A. El Sabbagh a commencé, sous la direction d'A. Dimanov, M. Bornert et J. Raphanel une thèse sur le comportement viscoplastique à haute température de métaux utilisés dans l'industrie nucléaire grâce à un financement partiel par la Chaire Energies Durables EDF-Ecole Polytechnique. Il s'agit en particulier d'étudier le glissement aux joints de grain, qui devient prépondérant à haute température.

Dans le cadre d'un programme d'échange entre l'Académie des Sciences de Chine et le CNRS, Haokun Yang, doctorant au Shenyang National Laboratory for Materials Science est accueilli pour un an au laboratoire. Sous la direction de V. Doquet, il étudie, au moyen d'essais sous MEB, de mesures des champs de déformation par corrélation d'images, d'observations et de mesures à l'AFM, le rôle du maclage dans le comportement mécanique d'aciers TWIP à la fois très résistants et très ductiles.

Endommagement, fissuration et rupture

Dirk Mohr a obtenu le 19 Décembre 2014 son HDR de l'Université Pierre et Marie Curie en présentant devant J. Hutchinson, S. Kyriakides, J.B. Leblond, A Molinari, T. Pardoen, D. Rittel, J. Besson et G. Gary, ses travaux intitulés "Effet de l'état de contrainte sur la rupture ductile".

Armel Mbiakop-Ngassa a soutenu le 15 Septembre 2015 sa thèse menée sous la direction d'A. Constantinescu et K. Danas et intitulée : « Homogénéisation non linéaire des matériaux poreux monocristallins: Modélisation, implémentation numérique et applications au fluage et à la fatigue ». Il a développé un modèle constitutif viscoplastique pour monocristaux poreux à structure cristalline arbitraire et microstructures ellipsoïdales prenant en compte l'évolution de la microstructure et l'anisotropie induite par des déformations finies.

La fissuration sous-critique du titane sous charge constante a été étudiée lors du stage de master 1 de X. Yang, par des essais sous MEB accompagnés de mesures du champ de déformation en pointe de fissure qui ont mis en évidence une compétition entre l'accroissement par fluage de la déformation et de l'endommagement devant la pointe et un émoussement croissant qui tend au contraire à différer la propagation.
Dans le cadre de sa thèse menée en partenariat avec IFPEN sur la fatigue et la fatigue-corrosion en tension biaxiale des connecteurs de risers de forage pétrolier offshore, Vidit Gaur a montré que l'effet d'une tension cyclique biaxiale sur la durée de vie en fatigue dépend de façon non linéaire du taux de biaxialité et peut être bénéfique ou néfaste. Il a formulé un critère d'endurance permettant d'en rendre compte, ainsi que de l'effet, également non linéaire, d'une tension moyenne. Il a mis en évidence et analysé par des simulations numériques le passage d'un amorçage superficiel des fissures à un amorçage interne à partir de défauts, suivi d'une propagation « sous vide » lorsque la contrainte moyenne sur le cycle augmente. Il a par ailleurs montré qu'en corrosion libre, l'eau salée réduit fortement les durées de vie à cause de la formation de piqûres de corrosion, responsables d'un amorçage précoce de fissures, alors qu'une protection cathodique annule l'effet néfaste de l'eau salée sur les durées de vie, en dépit d'un net accroissement de la fragilisation par l'hydrogène des joints de grains. Contrairement à ce que l'on pouvait craindre, la biaxialité positive du chargement n'aggrave pas les effets d'un environnement corrosif.

La température au cœur des colis de déchets radioactifs vitrifiés restant élevée pendant une longue période, ceci laisse espérer une cicatrisation au moins partielle des multiples fissures qu'ils

contiennent, également envisageable lors d'un contact prolongé avec l'eau souterraine, une fois la température redescendue. Une étude expérimentale et numérique de la cicatrisation thermiquement ou hydriquement induite de fissures, éventuellement assistée par une compression, a donc été menée par V. Doquet sur un verre borosilicate. La formation de ponts de matière très souples entre les lèvres des fissures a été mise en évidence lors d'essais sous MEB et modélisée via des éléments d'interface, ce qui a permis notamment d'estimer la résistance des ponts. La cicatrisation s'avère d'autant plus complète qu'elle s'effectue sous compression normale, à une température élevée et en présence d'humidité. Le stage de master de S. Yoon a en outre montré qu'un séjour dans l'eau à 90°C est tout aussi efficace qu'un recuit à plus de 400°C pour la cicatrisation des fissures.

Fabrication additive

Dans le cadre d'une collaboration du LMS avec le MIT et l'université de Sheffield, Thomas Tancogne-Dejean (X2012) a complété une étude exploratoire sur la rupture ductile des structures de titan Ti-6Al-4V issues de la fabrication additive (selective laser melting) dans le cadre de son stage de troisième année. Les résultats montrent clairement les défis en mécanique des matériaux liés à cette nouvelle technique de fabrication à grand potentiel. Thomas Tancogne-Dejean a ensuite continué ses travaux sur la fabrication additive et l'optimisation des matériaux micro architecturés dans le cadre d'un stage de master. Avec l'aide d'E. Héripré, il a mis au point une méthode d'essai *in situ* à rupture en cisaillement plan sur des feuilles métalliques monocristallines micro-usinée par FIB.

L'absorption d'énergie par des nids d'abeilles conçus en fabrication additive a été optimisé dans le cadre du postdoctorat de Borja Erice.

Nouveaux équipements

Un microscope à force atomique performant et polyvalent (Dimension Icon Bruker) a été acquis conjointement par le LMS et le LSI grâce à des financements de la Chaire André Citröen et de l'Ecole Polytechnique. Il permettra l'étude à échelle fine des mécanismes de déformation et d'endommagement de matériaux divers, notamment des alliages nano-structurés, qui pourront à terme être sollicités *in situ*, ainsi que l'étude de phénomènes électrochimiques de surface.

Un appareil pour polissage ionique plan et coupe transverse de matériaux a été acquis grâce à des financements du GDR Needs Mipor et de l'ANR (projet microNaSel). Il facilite notamment les mesures d'orientations cristallines par EBSD.

V. Pôle « comportement et durabilité des structures

Chercheurs participants
Andréi Constantinescu
Pierre Bérest
Xavier Boutillon
Kostas Danas
Giuseppe Geymonat
Thien Nga Lê
Patrick Le Tallec
Jean-Jacques Marigo
Nick Triantafyllidis
Quoc Son Nguyen
Daniel Weisz-Patrault

Ingénieurs de Recherche
Vincent de Greef
Hakim Gharbi
Pierre Valli

Le Pôle « comportement et durabilité des structures » s'intéresse à la modélisation de structures complexes et à l'étude de leur comportement. Les travaux sont le plus souvent théoriques ou numériques et comportent dans certains cas l'analyse des campagnes expérimentales.

Géostructures et stockage souterrain

Dans le domaine du comportement rhéologique du sel gemme, des essais mettant en évidence le fluage inverse sous faible charge ont été conduits et une loi empirique prenant en compte deux mécanismes ont été proposés. Des essais de fluage sous faible charge, conduits dans une galerie minière pour bénéficier d'une température constante au centième de °C près, ont été poursuivis sur trois sels distincts dans le cadre d'un contrat avec le Solution Mining Research Institute. On a mis en évidence la longueur du régime transitoire initial. Les vitesses de déformation observées, très lentes (10^{-13}-10^{-12} s^{-1}), sont néanmoins bien plus rapides qu'attendu et le comportement semble proche de celui d'un liquide newtonien.

Pour le comportement des cavités de stockage de gaz dans le sel, on a proposé des règles pour les pressions maximales ; l'article a été cosigné par les trois entreprises françaises actives dans ce domaine. Les effets thermiques pendant les essais d'étanchéité ont été étudiés ; on a mis en œuvre une méthode permettant de suivre avec une résolution du centimètre l'évolution d'une interface liquide-liquide à plusieurs centaines de mètres de profondeur. Les effets thermodynamiques et mécaniques d'une détente rapide dans un stockage de gaz ont été étudiés, ainsi que le cas d'une éruption suite à la rupture de la tête de puits.

On a proposé pour décrire la formation des cratères au-dessus de vides karstiques ou de cavités naturelles une distinction entre deux mécanismes, dits du piston et du sablier, dont l'apparition dépend de la nature de la couverture de la cavité.
Une thèse avec Total, consacrée à une méthode de mesure des très faibles perméabilités en forage, a commencé à la fin de 2015.

Méthodes inverses

D.Weisz-Patrault a contribué au développement de plusieurs solutions efficaces pour l'estimation des contraintes et des déformations dans les laminoirs à chaud et à froid, méthodes actuellement utilisées dans un contexte industriel. Les méthodes inverses sont fondées sur des solutions analytiques combinant de l'analyse complexe, des potentiels des champs mécaniques et du contrôle optimal.

Acoustique musicale et mécanique non régulière des contacts

Xavier Boutillon à contribué à différents sujets en acoustique musicale et en mécanique non-régulière des contacts avec des applications haptiques. En collaboration avec A. Thorin (postdoctant, Ecole Polytechnique, V. Roggerone (Doctorant, Ecole Polytechnique), Y. Li et H. Li il a étudié trois structures : la touche de piano (mécanique non-régulière des chocs et frottement, modélisation nonlinéaire des liaisons, simulation numérique), la table d'harmonie de piano (vibrations et rayonnement, localisation et moyennes fréquences) et le haut-parleur monté dans une enceinte acoustique (vibration et contrôle du rayonnement). Comme pour toute structure vouée à la musique, l'étude doit être menée à un fort degré de précision, en liaison avec leur perception (acoustique ou haptique) par les auditeurs ou les utilisateurs.

Fatigue et de la rupture des matériaux

QS Nguyen à propose des solutions quasi-statiques et des théorise de plasticité à gradient et applique les résultats en fatigue en collaboration avec H.Maitournam (ENSTA-Palaiseau).

Pour l'estimation de durée de vie, plusieurs critères de fatigue à faible ou à grand nombre de cycles ont été développés ou généralisé par A. Constantinescu, notamment en collaboration avec R.Guerchais ou G. Scalet. Les travaux permettent de décrire le comportement en zone à fort gradient des contraintes et ont été utilisée pour l'estimation de la durée de vie de stents cardiovasculaires.

Une série d'expériences de fatigue à grand nombre des cycles sur des alliages à mémoire de forme a aussi été conduite au laboratoire par A. Constantinescu en collaboration avec G. Scalet et C. Menna (Université de Naples, Frederico Due). Les premiers résultats permettent d'étendre le critère de fatigue de Dang-Van-Papodopoulos à ce type de matériaux et de caractériser le comportement du NiTinol dans le cycle de changement de phase.

Etudes de comportement des structures complexes.

La modélisation du comportement viscoélastique d'un élastomère fortement chargé sous sollicitations multiaxiales a été étudiée dans le cadre des travaux de thèse de D. Jalocha (CIFRE DGA/Safran-Herakles). Ils ont permis de décrire le comportement viscoélastique avec pré-déformation observés lors des essais, et prédire ensuite le comportement dynamique et la réponse fréquentielle des structures complexes incluant ces élastomères.

En 2015, deux nouvelles thèses ont été lancées sur le comportement de joints. A. Jouan (Cifre Schlumberger, encadrement A. Constantinescu) étudie la fatigue des joints conducteurs et A. Janin (Cifre Safran-Composite, encadrement A. Constantinescu et D. Weisz-Patrault) étudie le comportement dynamique des colles.

Dans le cadre du travail de thèse de Houda Attia, encadré par P. Le Tallec, a été développé en collaboration avec l'Ecole Centrale un modèle de câbles à deux échelles pour la modélisation mécanique de câblés à très grand nombre de brins. Le modèle, développé pour des câbles contenant plusieurs milliers de fils, utilise une notion de macrofibre et de plan séparateur, pour permettre le passage de l'échelle macroscopique du câble à l'échelle élémentaire du brin et la détermination de l'état de contraintes local à cette échelle. Ebauché en 2012, ce modèle a été complètement analysé en 2014. Le pôle a aussi travaillé à la Modélisation mécanique des assemblages de combustible pour réacteurs à eau pressurisée. Le travail de thèse de Fang Yao, sous la direction de P. Le Tallec, en liaison avec la Direction des Etudes Nucléaires au CEA, a développé et implémenté un modèle à deux

échelles pour prendre en compte les contacts frottant avec changement de géométrie au niveau des assemblages entre grille et crayon.

Nouveaux projets

Deux nouveaux projets étendent le domaine d'activité du pôle. Le comportement mécanique et en fatigue des nano-échafaudages obtenus par lithographie à deux photons est étudié par A.Constantinescu dans le cadre du projet ANR MechNanoTruss en collaboration avec l'équipe du Prof. Chiara Daraio (ETH Zurich Suisse / Caltech, Pasadena, USA). Le comportement cyclique des capteurs à base de nanotubes de carbone est étudié en collaboration avec le laboratoire LPICM par L.Pavic (Post doctorant, DGA) , L. Bodelot et A. Constantinescu.

VI. Pôle « mécanique multidisciplinaire »

Chercheurs participants
Nick Triantafyllidis
Jean-Marc Allain
Laurence Bodelot
Xavier Boutillon
Andrei Constantinescu
Kostas Danas
Michel Jabbour
Giuseppe Geymonat
Patrick Le Tallec
Jean-Jacques Marigo
Lev Truskinovsky

Le Pôle « Problèmes multidisciplinaires » s'intéresse aux nouveaux enjeux de la Mécanique des Solides : nouvelles stratégies de modélisation, étude de milieux complexes qu'ils soient granulaires, amorphes, actifs ou fonctionnels avec couplages thermomécaniques, mécanique-électromagnétiques, mécanique-chimiques, biologiques, et leurs multiples applications aux actionneurs, cellules photovoltaïques, biomécanique des cellules et des tissus, pour citer juste quelques exemples. Les aspects multidisciplinaires ont été développés dans trois axes.

Le premier axe concerne la plasticité et l'endommagement, avec l'étude des interactions entre défauts multiples et leur auto-organisation pour former des structures régulières ou fractales. L'originalité est de ne pas regarder le comportement individuel des défauts, mais au contraire d'apporter des techniques rigoureuses de passage entre les aspects mésoscopiques (fissures, dislocations) et macroscopiques (avec les aspects de dissipation inélastique).

Le deuxième axe de recherche sur les couplages électro- and magnéto-mécaniques étudie le comportement de ces matériaux qui sous forme solide ou fluide répondent aux champs extérieurs par mise en place de microstructures internes complexes, dont on étudie la stabilité. Ceci conduit à toute une gamme d'applications industrielles allant des matériaux magnétorhéologiques aux systèmes photovoltaiques.

L'objectif du troisième axe de recherche portant sur les systèmes actifs et sur la biomécanique est de comprendre les principes fondamentaux gouvernant le fonctionnement mécanique des cellules vivantes et des tissus. Cela inclut des aspects de mécanotransduction, d'élasticité active des muscles, de motilité cellulaire, ou de segmentation vertébrée.

Auto organisation des défauts et criticalité

Le recours à des méthodes asymptotiques est quasi-systématique dans toutes nos modélisations car les modèles de comportement ou les structures étudiées comportent des petits paramètres géométriques ou matériels. Nous présentons ici quelques activités de recherche dans lesquelles le développement de ces méthodes constituait le coeur de la problématique.

J.J. Marigo et ses doctorants ont étudié le comportement mécanique des aciers dans une structure en béton armé. Deux modèles asymptotiques ont été proposés, tous deux basés sur l'approche développée dans le cadre de l'ANR « epsilon ». Le premier permet de décrire le comportement effectif d'hétérogénéités périodiquement réparties sur une surface. Il combine un comportement d'interface élastique et un comportement de membrane. Le second modèle est plus spécifiquement adapté à la modélisation de fibres rigides réparties sur une surface et susceptibles de glisser par rapport au volume environnant.

Dans le même ordre d'idée, citons les travaux de G. Geymonat sur l'homogénéisation des structures à matériaux composites, sur l'homogénéisation des interfaces, et sur le développement de modèles pour matériaux intelligents en présence d'effets thermiques.

En plasticité, il a été démontré pour la première fois que le taux hystérésis indépendant peut apparaître comme un résultat de l'homogénéisation temporelle et spatiale dans un modèle avec un comportement dépendant de la vitesse. L. Truskinovsky présente une première explication détaillée de la loi de puissance de l'émission acoustique et de la criticité en plasticité cristalline des cristaux fcc et hcp. Le modèle contient une nouvelle méthode sans discontinuité de représentation des dislocations cristallines et il reproduit qualitativement toutes les observations expérimentales essentielles y compris les fluctuations de flux et leur statistique. Pour retrouver ces fluctuations, un modèle mésoscopique minimal a été développé pour élucider l'origine de ce comportement « sans échelle » en plasticité. Il a été montré qu'un modèle bidimensionnel est déjà suffisant pour décrire la loi de puissance statistique des avalanches et le caractère fractal des modes des dislocations. En plus des valeurs réalistes des exposants critiques, le modèle 2D minimaliste génère des fonctions de forme qui sont en accord avec les observations.

L. Truskinovsky a également étudié les statistiques d'avalanches dans les transformations martensitiques. Il est démontré que la compétition entre la rigidité élastique qui favorise les évènements de transformation synchronisée, et la plasticité qui favorise l'évolution du désordre joue un rôle crucial dans les statistiques des avalanches. Les distributions à queues épaisses de taille d'avalanche sont reproduites par le modèle dans une vaste région de l'espace des paramètres, en accord avec les expériences. Le but de projet A. Constantinescu and L. Truskinovsky est d'observer la criticité dans des modélisations numériques concrètes, ce qui donne des informations sur la structure statistique des fluctuations pouvant être utilisées pour prédire la durée de vie d'une structure.

Matériaux et problèmes en multi-physique

La recherche sur des matériaux actifs, et plus précisément de l'influence des sollicitations mécaniques sur les propriétés électromagnétiques ou électroniques des solides est une activité récente au LMS. La recherche comporte trois axes : a) élastomères et fluides magnétorhéologiques, b) élastomères nématiques et cristaux liquides et c) effets des contraintes sur les semi-conducteurs avec application aux couches photovoltaïques flexibles. Cette dernière recherche implique une collaboration – la première entre les deux laboratoires – entre le LMS et le LPICM

Élastomères et fluides magnétorhéologiques

Les élastomères magnétorhéologiques (MREs) sont des gommes élastiques (caoutchouc, silicones) imprégnées de particules ferromagnétiques et dont les propriétés mécaniques sont altérées par l'application d'un champ magnétique externe. En utilisant le cadre théorique pour les MREs en déformation finie, proposée par Kankanala et Triantafyllidis, Tobias POSSINGER a soutenu sa thèse (en co-tutelle avec le CEA) en Juin 2015. Basé sur des essais couplés (en sollicitation mécanique dans un champ magnétique) il a proposé une fonction de densité d'énergie qui est capable de reproduire l'aimantation expérimentalement mesurée et la magnétostriction.

Son modèle macroscopique donne un excellent accord avec les expériences à des champs magnétiques relativement modérés, mais a également été étendu de manière satisfaisante pour inclure des champs magnétiques proches de la saturation. Les travaux continuent avec un autre doctorant, J. P. Voropaieff, qui modélise le problème aux limites de l'échantillon dans le champ magnétique basé sur un logiciel aux éléments finis qui a été développé avec l'aide de K. Danas. Les essais couplés perfectionnés, mis au point par L. Bodelot, ont nécessité une nouvelle forme d'échantillon qui a été breveté. Les applications dans le domaine des MRE font l'objet d'une ERC (Magneto), obtenu par K. Danas.

Une autre propriété intéressante des élastomères et notamment des caoutchoucs naturels est de pouvoir cristalliser sous contrainte, ce qui a des impacts importants sur la stabilité des fissures. Avec T.N. Le et dans le cadre de la thèse de J. Guilié en collaboration avec la Société Michelin, un modèle de cristallisation anisotrope sous contrainte a été développé, validé d'un point de vue thermodynamique et implémenté dans un cadre industriel. Ce travail est complété par la mise en œuvre d'une nouvelle

technique d'analyse et de calcul de la distribution microscopique des élongations à l'échelle des chaines de polymères.

Élastomères nématiques et cristaux liquides

Les élastomères nématiques sont des solides formés par les chaînes polymères de réticulation qui incluent des molécules de cristaux liquides. L'interaction entre l'élasticité du polymère du réseau et l'alignement des molécules de cristaux liquides conduit à des propriétés particulières qui rendent les élastomères nématiques un matériau prometteur pour des applications comme les actionneurs souples rapides et des muscles artificiels. La modélisation des phénomènes de stabilité présentés par les dispositifs électromécaniques ci-dessus en utilisant le mécanisme de la théorie de la bifurcation pour des problèmes aux limites en mécanique des milieux continus non linéaires a fait l'objet de travaux de N. Triantafyllidis en collaboration avec K. Danas, G. Sfyris et G. Wen. La théorie est adaptée en aux cristaux liquides nématiques et plus précisément à l'étude de la stabilité d'un bloc rectangulaire infini d'un cristal liquide nématique confiné entre deux plaques et soumis à un champ électrique perpendiculaire aux plaques (Twisted Nematic Devise) qui est la cellule fondamentale des écrans aux cristaux liquides. Les résultats ont fait l'objet d'une publication a Physics Review E.

Couplages multiphysiques : mécanique-électrique-électronique ou mécanique neutronique

Un développement récent dans l'industrie photovoltaïque implique le dépôt de couches minces photovoltaïques sur des couches flexibles. Suite à une collaboration de N. Triantafyllidis avec les laboratoires de recherche de Dupont en Suisse sur les films photovoltaïques flexibles, on a mis en évidence l'effet des déformations mécaniques sur le rendement des cellules PV. L'origine du phénomène est liée à l'influence des contraintes sur la mobilité électronique des semi-conducteurs. Suite à ces travaux, N. Triantafyllidis a commencé une collaboration avec P. Roca-i-Cabarrocas du laboratoire PICM de l'Ecole Polytechnique. Dennis LANGE a soutenu sa thèse le 4 Septembre 2015 en étudiant la résistivité des semiconducteurs en couche mince sous contrainte. Le travail sur la modélisation continue du couplage mécanique-électrique-électronique des semi-conducteurs a considérablement avancé avec la collaboration de M. Jabbour et d'un nouveau doctorant L. Guin en s'appuyant sur la thermodynamique de ces systèmes dissipatifs, avec application aux jonctions p-n sous contrainte.

Dans le cadre de la thèse d'Alexandre Targa dirigée par P. Le Tallec, une modélisation multiphysique d'un cœur de réacteur en situation accidentelle a été mise en place, couplant neutronique, thermohydraulique, et thermomécanique des crayons de combustible. Les couplages forts se font par l'évolution du champ de température, qui par effet Döppler affecte la neutronique, et qui est fortement dépendant de l'état mécanique du fluide caloporteur et des crayons de combustible.

Mécanique et systèmes vivants

Mécanique et morphogénèse des tissus biologiques.

Une étude réalisée par J.M. Allain avec le service de Neurochirurgie de l'hôpital Lariboisière a porté sur les propriétés mécaniques de la dure-mère, avec une attention particulière sur l'effet d'une hétérogénéité de composition dans l'épaisseur du tissu. Un dispositif original pour l'étude multi-échelle des tissus a été mis au point, qui combine un système de traction (uni- ou multi-axial) avec un microscope optique non-linéaire permettant d'imager en volume et sans marquage les fibres de collagène constituant le tissu. En biologie des tissus, l'intérêt majeur de ce type de projet est de mieux comprendre l'effet des modifications locales du tissu sur son comportement global : lors de cicatrisations, lors de modifications pathologiques du tissu et pour la fabrication de tissus de remplacement.

Dans le cadre du projet ANR Senzo, une étude a été menée par C. der Loughian (doctorante) avec B. Moulia (UMR Piaf, INRA), E. de Langre (LadHyX) et J.M. Allain, sur la modification de croissance des arbres due à des sollicitations mécaniques. En particulier, l'effet de la fréquence de sollicitation en flexion a été étudié, pour reproduire l'effet du vent sur une plante. Nous avons aussi développé un

modèle macroscopique de la plante qui permet de reproduire quantitativement la modification de croissance de la plante lors d'une sollicitation mécanique. De plus, nous développons un modèle de la perception à l'échelle d'une cellule unique de l'arbre, basée sur la réponse de canaux ioniques sensibles à la tension membranaire.

Les lézards et insectes peuvent s'attacher fortement puis se détacher en appliquant une force supplémentaire négligeable. L. Truskinovsky en collaboration avec F. Maddalena, G. Puglisi, U. Bari, Italy; D. Parsivale, U. Genova, Italy propose un simple modèle mécanique de ce phénomène ce qui implique un contrôle musculaire actif. Nous avons montré que la force de détachement pouvait dépendre non seulement des propriétés des unités adhésives, mais également de l'interaction élastique entre ces unités. La possibilité de l'adhésion des trajets multiples réconcilie une forte liaison avec une désunion facile ce qui représente la base de l'agilité observée des lézards et insectes courants sur des surfaces inclinées. Le mécanisme proposé a une structure sans échelle hiérarchique, ce qui est typique des systèmes biologiques à tous niveaux d'organisation.

La segmentation est une caractéristique d'un vertébré. Le paradigme dominant pour son origine est le modèle « clock and wave-front », dans lequel un oscillateur génétique interagit avec un gradient de morphogènes qui se déplace pour définir les limites spatiales des segments. G. Vitale (postdoc LMS) en collaboration avec L. Truskinovsky, T. Smit, FU Amsterdam, Pays-Bas, ont proposé un modèle mécanique alternatif de segmentation des vertébrés qui implique une instabilité mécanique d'un matériau adoucissant soumis à une charge de traction. La formation de motifs périodiques est induite par la croissance différentielle du mésoderme tendu en tenant compte de la matrice environnante.

Perception humaine

Dans le cadre d'une collaboration avec le LMSI et sonic emotion, M. Rébillat (doctorant puis maître de conférences, ENSAM Paris) et X. Boutillon ont mis en évidence l'effet d'ancrage dans la perception de la distance de la source de stimuli audio-visuels d'origine virtuelle : pour des stimuli rendus quasi-semblables (par holophonie et vision 3D) à ceux qui proviendraient d'une source réelle arbitrairement éloignée, les lois de perception visuelle et sonore sont analogues à celles observées pour l'émission par un objet réel. Toutefois, l'ancrage dans la réalité matérielle se manifeste par le fait que l'un des paramètres principaux de ces lois de perception prend pour valeur la distance entre le sujet et le dispositif matériel (écran et hauts-parleurs) qui génère les stimuli.

L'étude de la touche de piano menée par X. Boutillon avec J. Lozada (Laboratoire d'Interfaces Sensorielles et Ambiantes, CEA-LIST) vise à élaborer un nouveau type de clavier semi-actif pour les synthétiseurs musicaux au dont le retour d'effort sur les doigts soit identique à celui du piano traditionnel (contrôle haptique). Une étape-clé consiste en la simulation numérique de la force ressentie par le pianiste pour tout mouvement qu'il impose à la touche. La dynamique de la touche de piano est non-régulière et sa simulation a été réalisée avec succès par A. Thorin (doctorant) grâce à une coopération avec le Laboratoire de Simulation Interactive (CEA-LIST).

Mécanique des cellules

Une étude a été menée par P. Le Tallec et C. Dupont (dans le cadre de sa thèse) sur la modélisation et la simulation des déformations de microcapsules en écoulement, avec prise en compte de géométries tridimensionnelles complexes et analyse des phénomènes de plissement des capsules induits par l'écoulement. Une méthode numérique originale a été développée avec l'INRIA et l'UTC (Compiègne). Le modèle initialement membranaire a été enrichi par des études avec prise en compte d'une résistance à la flexion des membranes de capsules.

M. Caruel (doctorant LMS) en collaboration avec L. Truskinovsky, L. Marcucci U. Osaka, Japan; J.-M. Allain, LMS a trouvé que la réponse mécanique passive des muscles squelettiques des échelles de temps rapide est dominée par des interactions à longue portée induisant un comportement coopératif. Il est montré que cela conduit à des propriétés inhabituelles des matériaux telles que rigidité négative à l'équilibre ou comportements différents sous force ou sous déplacements contrôlé. Une étude minutieuse des données expérimentales suggère qu'un « matériau muscle » est finement réglé pour fonctionner près d'un point critique.

R. Shechka (doctorant LMS) en collaboration avec L. Truskinovsky, L. Marcucci U. Osaka, Japan a proposé le modèle mécanique complet de génération de force dans des muscles. Le modèle fournit la description non-chimique la plus simple des étapes principales du cycle biochimique de Lymn-Taylor et peut être utilisé pour recréer de manière micromécanique artificielle le mécanisme de contraction musculaire. Ce modèle est fondé sur l'idée que l'ATP lié à l'énergie est libérée dans le mécanisme de la course de puissance et non pas dans des filaments d'actine. Ce modèle utilise une dynamique de Langevin dans un espace de configurations de grande dimension. Un élément innovant consiste à activer le mouvement le long du filament d'actine à travers la polarisation périodique de l'élément bistable.

Les cellules eucaryotes possèdent des mécanismes de la motilité leur permettant non seulement de s'auto-propulser mais également d'exercer des efforts sur des obstacles (à pousser) et pour transporter des cargaisons (à tirer). P. Recho (doctorant LMS) en collaboration avec L. Truskinovsky, montré que le « pousser » est contrôlé entièrement par la protubérance qui est responsable de la concavité de la relation force vitesse. Par ailleurs, le « tirer » est entraîné « par saillie » uniquement à de petites valeurs de la force de traction et est remplacé par la contraction lorsque la force de traction est suffisante. Ils ont ensuite étudié un mécanisme de motilité cellulaire fondé sur la contraction qui ne requiert pas de saillie.

VII. Bilan budgétaire

Le **Laboratoire de Mécanique des Solides** est une Unité Mixte de Recherche sous la tutelle de 3 établissements (l'École Polytechnique - tutelle hébergeante, le CNRS et l'École des Mines) dont la gestion des crédits est assurée par 5 organismes différents rattachés à ces tutelles (l'École Polytechnique, sa Fondation et FX Conseil, le CNRS, et Armines pour l'Ecole des Mines).

Suivi budgétaire - principes de fonctionnement :

- Suivi du budget consolidé par tutelle, par type de crédit et par pôle/plateforme (entités dépensières)
- Mutualisation des ressources (hors contrats/projets à justifier)
- Etablissement d'un budget prévisionnel (recensement besoins par projet et plateforme) et suivi exécution budgétaire par trimestre.

Les crédits

Les sources de crédit - hors salaires des permanents - sont issues des subventions d'état accordées par nos tutelles et des ressources propres (RP) du laboratoire.

Les ressources propres sont issues des contrats de collaboration avec nos partenaires industriels, de la Chaire André Citroën, des grands projets tels que le projet européen ERC MAGNETO, le projet PLATINE et des contrats de l'Agence Nationale de Recherche. Le nombre de partenariats actifs est stable et le nombre de contrats en augmentation mais les montants de ces contrats sont plus modestes (contrats de courte durée : prestations, essais, études préliminaires…).

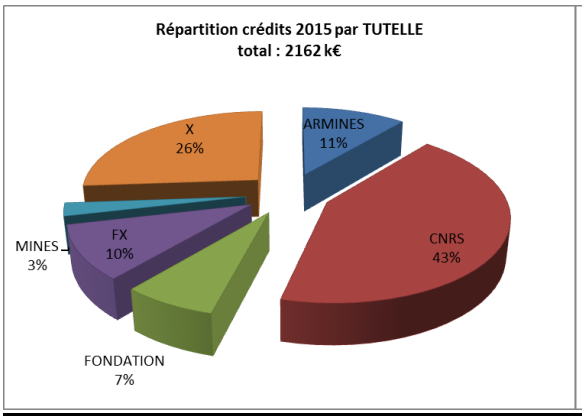
Les crédits disponibles sur 2015 (reports inclus) sont en hausse versus 2014 (+20 %) principalement en raison des grands projets (ERC Magneto, Platine, et de la subvention exceptionnelle pour la remise en état de la presse MTS (via les Mines). La Chaire André Citroën qui se termine en septembre 2016, a encore été un grand contributeur pour le laboratoire.

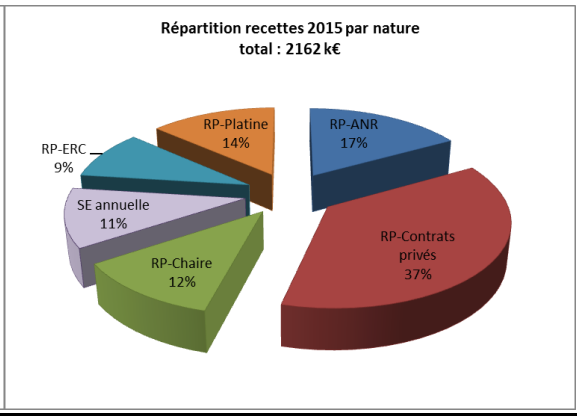
La part des ressources propres du laboratoire augmente et représente maintenant 90% des crédits disponibles.

Les contrats :

NOMBRE CONTRATS ACTIFS	TOTAL	CNRS	ECOLE	FX	ARMINES
ERC/Sesame/L	3	1	2	0	0
ANRs	9	9	0	0	
CHAIRE	2	0	2	0	0
Contrats	35	6	2	16	11
TOTAL	49				

Les crédits:



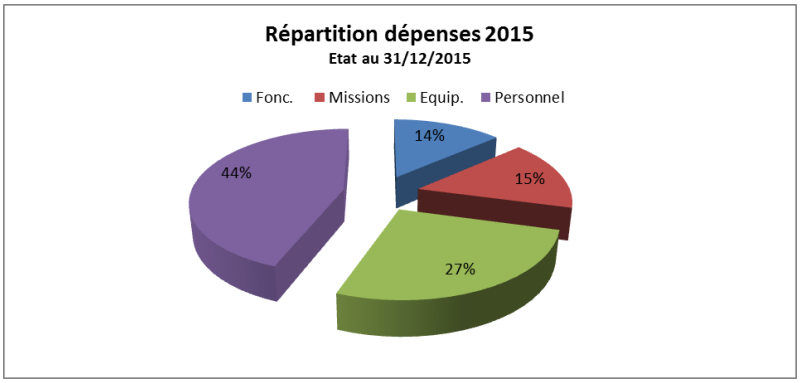


Les dépenses

Un budget prévisionnel est établi en début d'année afin de recenser les besoins de chaque entité dépensière (les 3 plateformes, les pôles de recherche et les dépenses générales du laboratoire), et s'assurer que les recettes prévues pourront couvrir ces besoins qui doivent être en conformité avec les projets engagés la stratégie et les priorités du laboratoire.

Ce budget prévisionnel est présenté et validé en conseil de laboratoire chaque début d'année.

Les dépenses sont suivies par tutelle, par nature et par pôle/plateforme.



Sur l'année 2015, on note moins d'achat de gros équipements mais plus de dépenses en personnel. Le laboratoire a dû assurer plus de recrutements directs (via ses tutelles) financés sur projets, dont un ITA financé sur RP et plus de dépenses en gratifications de stage (montant mensuel en augmentation) :

Le budget consacré aux missions est en hausse sur 2015. Ceci est à mettre en relation avec une politique active de formation de doctorants les incitant à participer à des conférences internationales.

Organisation budgétaire par plateforme et pôle :

Pôles		Référent
MATERIAUX	Pôle Matériaux	V. Doquet
STRUCTURES	Pôle Structures	A. Constantinescu
MULTIDISCIPLINAIRE	Pôle Mécanique multidisciplinaire	N. Triantafyllidis
MECANIQUE DU VIVANT	Pôle Mécanique du vivant	J.M. Allain
Dépenses générales/Plateformes		**Référent**
MIMECA	Plateforme MIMECA Microscopie	A. Tanguy
STADY	Plateforme Moyens d'essais STAtiques et Dynamiques	V. de Greef
MODEL	Plateforme MODEL Modélisation, calculs, informatique	E. Guigné
REAL	Atelier, conception, réalisation	F. Lelong
GENLAB	Fonctionnement général/administration	V. Jamet

Tous les besoins 2015 par plateforme et par pôle ont été couverts. Les dépassements de budget sur les pôles sont principalement issus de coûts de personnel, non prévus lors du recensement des besoins et généralement financés par des contrats/projets complémentaires.

Bilan général

La totalité de nos subventions d'Etat est non reportable et a été consommée en 2015.

Les crédits non dépensés sont issus de nos ressources propres (contrats privés, ERC, Platine, ANR et CHAIRE) et sont reportables sur 2016.

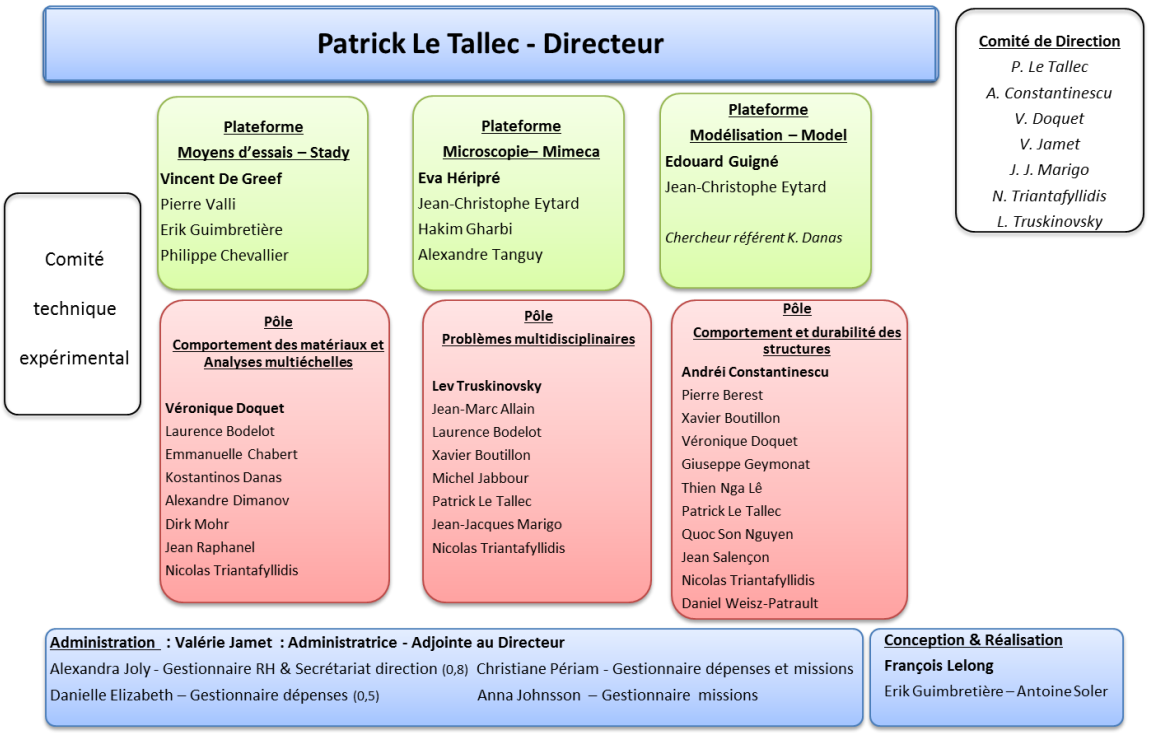
Ces reports sont dus à l'existence de contrats pluriannuels dont les dépenses peuvent être décalées par rapport aux recettes. Ils feront fonction de fond de roulement permettant d'assurer le fonctionnement du laboratoire (dépenses de personnel, contrats de maintenance…) dès le démarrage du nouvel exercice et avant la mise en place des nouveaux crédits.

VIII. Bilan social

BILAN SOCIAL 2014

Laboratoire de Mécanique des Solides

Organigramme 2014



L'effectif du LMS au 31 décembre 2014 est de 80 personnes dont 34 permanents (18 chercheurs, 16 ITA), 3 chercheurs émérites, 23 doctorants et 8 post-doctorants, stagiaires et visiteurs.

La masse salariale du LMS représente 3.3 M€ (dont 2.2 M€ sur subvention d'état, 0.5 M€ pour les CDD financés sur les ressources propres du laboratoire et le reste financé via les bourses et les recrutements directs par les industriels).

L'effectif global est stable mais la composition a évolué : le laboratoire a augmenté son effectif de permanents de 2 personnes (+ 1 chercheur et +1 Technicien) mais a accueilli légèrement moins de doctorants.

Le laboratoire accueille aujourd'hui 11 chercheurs CNRS (+1 arrivée en 2014), 7 enseignants-chercheurs employés par l'Ecole Polytechnique, 1 chercheur employé par le Ministère de l'Industrie et 3 chercheurs émérites.

L'effectif des permanents ITA (Ingénieurs-Techniciens-Administratifs) a augmenté de 1 personne (recrutement sur concours d'1 technicien CNRS) et la majorité est employée par l'Ecole Polytechnique (10 sur 16). Cinq ITA sont dédiés à l'activité administrative (soit 4.3 en ETPT - Equivalent Temps Plein).

A noter, 1 employé ITA Armines et 1 ITA, Ingénieur en science des matériaux pour la plateforme MIMECA, en CDD au CNRS.

Effectif par tutelle au 31/12/14

LMS - Effectif au 31/12/14	CNRS	ECOLE	ARMINES	AUTRES	TOTAL
Permanents Chercheurs e	11	6	0	1	18
Permanents ITA	5	10	1		16
Emérites				3	3
Doctorants	4	5	1	13	23
Post-doctorants	5	2	0	1	8
CDD ITA	2				2
Stagiaires				3	3
Visiteurs chercheurs				7	7
TOTAL	**27**	**23**	**2**	**28**	**80**

Effectif par fonction au 31/12/2014

LMS - Effectif au 31/12/14	
Chercheurs CNRS	11
Chercheurs Non CNRS	1
Enseignant-Chercheurs	6
Emérites	3
ITA CNRS	5
ITA non CNRS	11
Doctorants	23
Post-doc	8
Non permanents (ITA)	2
Stagiaires*	3
Visiteurs	7
Total général	**80**

*25 stagiaires accueillis sur l'année 2014

Le LMS continue de maintenir une importante activité de **formation** et a accueilli jusqu'à 26 doctorants et 25 stagiaires tout au long de l'année 2014 mais nous constatons, pour la 2è année consécutive, une baisse du nombre de doctorants entrants (7 à la rentrée scolaire 2014) comparé aux années précédentes. Cette tendance a été corrigée en 2015. Les doctorants représentent un tiers de l'effectif total.

Les mouvements de personnel et visiteurs :

Départs :

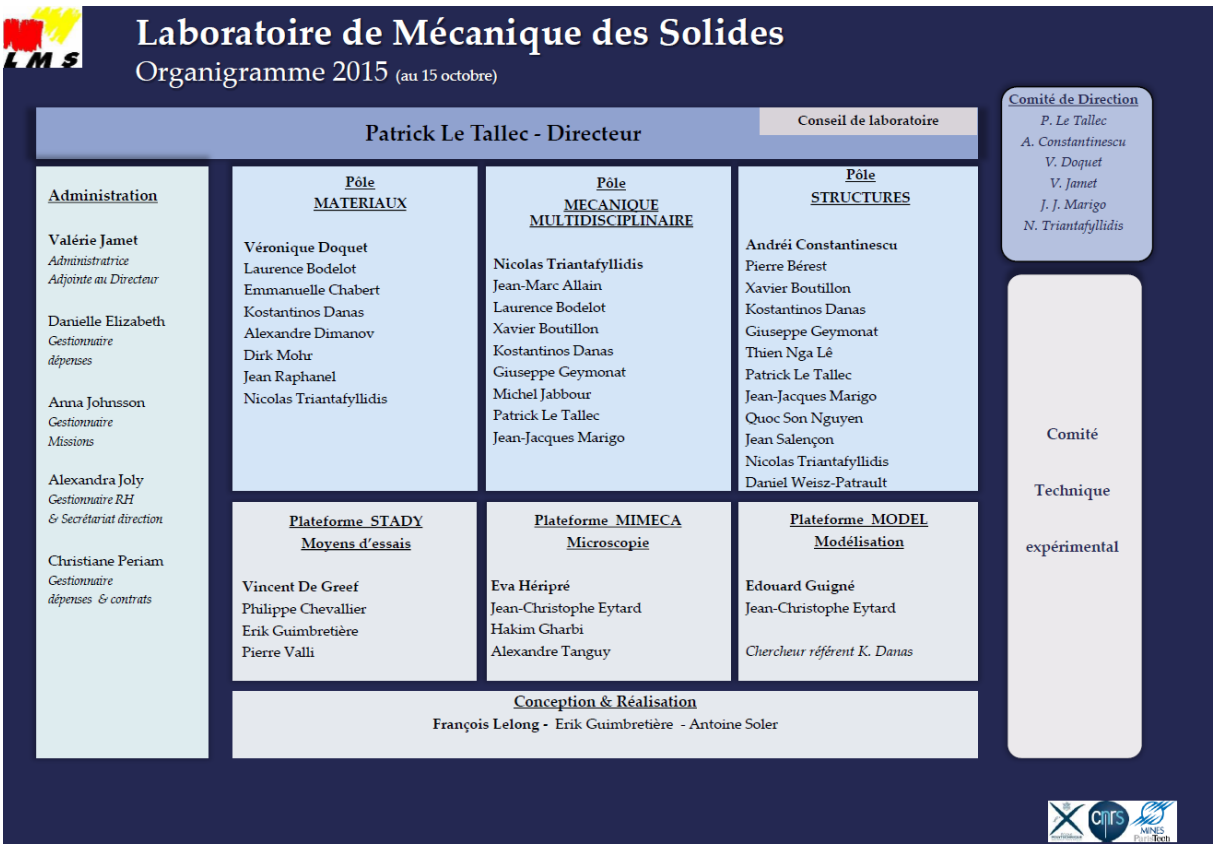
- Départ du Professeur Habibou Maitournam (au 1er janvier 2014), Enseignant-chercheur au LMS qui, après 28 années au LMS, a rejoint l'ENSTA en tant que directeur de l'UME (Unité de Mécanique).

Arrivées :

- Professeur Michel Jabbour, enseignant-chercheur au LMS depuis le 1er juin 2014
- Antoine Soler passé du statut de CDD à permanent en tant que technicien au sein de l'atelier en fabrication mécanique après sa réussite au concours du CNRS.
- Daniel Weiz-Patrault arrivé au 1er octobre 2014 en tant que Chercheur CNRS (Chargé de Recherche).

Dans le cadre des échanges internationaux, le LMS a accueilli Le Professeur Joe Goddard de l'Université de Californie pendant deux mois et demi (mai – juillet 2014) pour une collaboration avec Lev Truskinovsky ainsi que le Professeur Stelios Kyriakides de l'Université du Texas reçu pendant un mois (avril 2014) par Nick Triantafyllidis.

BILAN SOCIAL 2015



L'effectif du LMS au 31 décembre 2015 est de 70 personnes dont 35 permanents (17 chercheurs, 16 ITA, 2 chercheurs émérites), 24 doctorants et 4 post-doctorants, stagiaires et visiteurs.

La masse salariale du LMS représente 3.6 M€, se décomposant ainsi **:**

- 2.4 M€ sur subvention d'état (salaires permanents)
- 0.7 M€ sur ressources propres du laboratoire (salaires CDD, stagiaires, +financement 1 CDI)
- 0.5 M€ financés via bourses doctorales et recrutements directs par les industriels

Le laboratoire accueille 9 chercheurs CNRS (2 départs ont eu lieu en octobre 2015), 7 enseignants-chercheurs employés par l'Ecole Polytechnique (1 arrivée en septembre 2015), 1 chercheur employé par le Ministère de l'Industrie et 2 chercheurs émérites.

L'effectif des permanents ITA (Ingénieurs-Techniciens-Administratifs) est stable et la majorité est employée par l'Ecole Polytechnique (10 sur 16). Cinq ITA sont dédiés à l'activité administrative (soit 4.3 en ETPT - Equivalent Temps Plein).

A noter, le laboratoire emploie 1 ITA Armines (CDI) et 1 ITA, Ingénieur en science des matériaux pour la plateforme MIMECA, en CDD au CNRS, financés sur les ressources propres du LMS.

Effectif par tutelle au 31/12/15

BILAN AU 31/12/2015

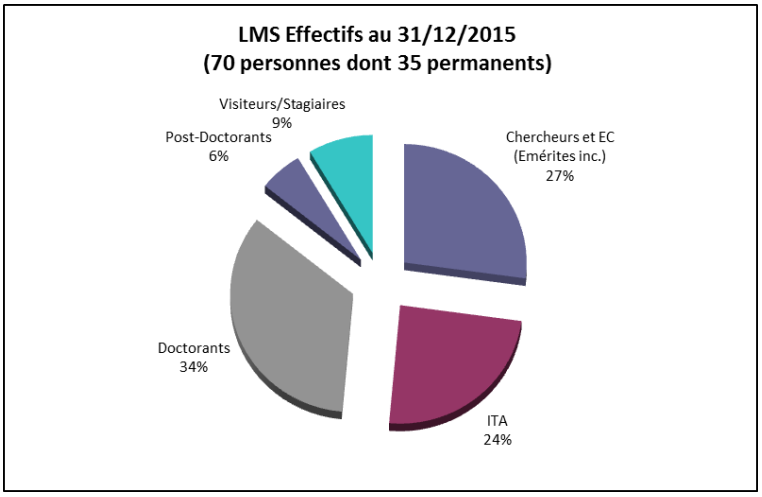
LMS - Effectif au 31/12/15	CNRS	ECOLE	ARMINES	AUTRES	TOTAL
Permanents Chercheurs et EC	9	7	0	1	17
Permanents ITA	5	10	1	0	16
Emérites				2	2
Doctorants	3	8	1	12	24
Post-doctorants	3	1	0	0	4
CDD ITA	1				1
Stagiaires				4	4
Visiteurs chercheurs				2	2
TOTAL	**21**	**26**	**2**	**21**	**70**

Effectif par fonction au 31/12/2015

LMS - Effectif au 31/12/15	
Chercheurs CNRS	9
Chercheurs Non CNRS	1
Enseignant-Chercheurs	7
Emérites	2
ITA CNRS	5
ITA non CNRS	11
Doctorants	24
Post-doc	4
Non permanents (ITA)	1
Stagiaires*	4
Visiteurs	2
Total général	**70**

*22 stagiaires accueillis sur l'année 2015

33 Doctorants accueillis sur l'année



Le LMS continue de maintenir une importante activité de **formation** et a accueilli jusqu'à 33 doctorants et 22 stagiaires tout au long de l'année 2015. De plus, la rentrée 2015 a été une très bonne année de recrutement puisque 13 nouveaux doctorants viennent de rejoindre le laboratoire. Les thésards représentent 35% de l'effectif total.

Les mouvements de personnel :

Départs :

. Lev Truskinovsky : DR CNRS, départ en octobre 2015 pour une affectation à l' ESPCI ParisTech

Mouvements/Mobilité :

. Dirk Mohr : CR CNRS, détachement pour 2 ans à l'ETH Zurich (sept 2015 – 2017)

. Eva Héripré : Ingénieur de Recherche CNRS : accueillie à mi-temps au MSSMAT/CENTRALE CACHAN dans le cadre de sa mission d'animation de la plateforme commune MATMECA

Arrivées :

. Arrivée de Martin Genet, Maître de conférences, au 1er septembre 2015

. 13 nouveaux doctorants arrivés à la rentrée 2015 au LMS

Mission longue durée :

. Andréi Constantinescu : DR CNRS, séjour en tant que visiteur chercheur à l'ETH Zurich pour 12 mois (2015-2016)

A noter :

. 2 DR CNRS accueillis au 1er janvier 2016 (Julie Diani et Basile Audoly) et 1 DR CNRS arrivera au 1er septembre 2016 (Eric Charkaluk).

Un effectif « international » :

Un effectif global permettant à 15 nationalités différentes de se côtoyer.

5 nationalités différentes parmi les chercheurs. 10 nationalités différentes parmi les doctorants et les post-doctorants (Chine, Viêt-Nam, Brésil, Croatie, Inde, Togo, Russie, Grèce, Italie, et France). La moitié des doctorants accueillis au LMS est de nationalité étrangère.

HDR 2014 & 2015 :

. HDR Jean-Marc Allain, Enseignant Chercheur Ecole Polytechnique - Décembre 2014

. HDR Dirk Mohr, Chercheur CNRS - Décembre 2014

. HDR Alexandre Dimanov, Chercheur CNRS - Décembre 2015

Thèses soutenues 2014 & 2015 :

2014

Titre de la Thèse	Date et lieu de soutenance	Nom de l'auteur	Nom du Directeur de thèse
Etude expérimentale et numérique de la rupture ductile sous chargement multiaxial.	16/01/2014 à l'EP	Jessica PAPASIDERO	V. DOQUET/ D. MOHR
Etude expérimentale et numérique en 3 dimensions du développement d'une fissure déversée dans une tôle mince.	21/01/2014 à l'EP	Jean-Baptiste ESNAULT	V. DOQUET
Comportement à la rupture et caractérisation mécanique des caoutchoucs cristallins sous contrainte.	31/03/2014 à l'EP	Joachim GUILIE	P. LE TALLEC
Viscoplasticité à l'ambiante du titane en relation avec ses teneurs en oxygène et hydrogène.	13/10/2014 à l'EP	Bassem BARKIA	V. DOQUET
Biomécanique de capsules en écoulement.	18/12/2014 à l'EP	Claire DUPONT	P. LE TALLEC
Stabilité mécanique d'une cavité saline soumise à des variations rapides de pression - Application au stockage souterrain de gaz naturel, d'air comprimé et d'hydrogène.	19/12/2014 à l'EP	Hippolyte DJIZANNE DJAKEUN	P. BEREST

2015

Titre de la Thèse	Date et lieu de soutenance	Nom de l'auteur	Nom du Directeur de thèse
A contribution to static and dynamic isogeometric analysis of structures.	26/01/2015 à l'EP	Cédric ADAM	Habibou MAITOURNAM
Modélisation multi-échelles du comportement mécanique des câbles textiles.	12/02/2015 à l'ECP	Houda ATTIA	Patrick LE TALLEC
Experimental and numerical investigation of ductile fracture initiation at low, intermediate and high strain rates.	16/03/2015 à l'EP	Christian ROTH	Dik MOHR
Analyse multi-échelle des mécanismes de déformation du sel gemme par mesures de champs surfaciques et volumiques.	20/03/2015 à l'Ecole des Ponts ParisTech	Ababacar GAYE	BORNERT/ DIMANOV
Caractérisation expérimentale, modélisation et simulation des elastomères magnéto-rhéologiques.	22/06/2015 à l'EP	Tobias POSSINGER	Nicolas TRIANTAFYLLIDIS
Effets du chargement mécanique sur la conductivité des couches-minces semi-conductrices : Application à des cellules photovoltaïques.	04/09/2015 à l'EP	Dennis LANGE	Nicolas TRIANTAFYLLIDIS
Biomécanique multi-échelles de la peau : étude expérimentale du rôle de l'organisation microstructurale du collagène.	07/09/2015 à l'EP	Barbara LYNCH	Jean-Marc ALLAIN
Modélisation du comportement viscoélastique d'un élastomère fortement chargé sous sollicitations multiaxiales.	08/09/2015 à l'EP	Dimitri JALOCHA	Andréi CONSTANTINESCU
Homogénéisation non linéaire des matériaux poreux moncristallins : Modélisation, implémentation numérique et applications au fluage et à la fatigue.	15/09/2015 à l4EP	Armel Brice MBIAKOP NGASSA	Andréi CONSTANTINESCU
Modélisation multi-échelle de structures hétérogènes non linéaires avec contact frottant. Applications aux réacteurs nucléaires.	25/11/2015	Fang YAO	Patrick LE TALLEC

IX. Publications

Nombre de publications dans des Revues à comité de lecture :

- parutions 2014= 41,
- parutions 2015 = 49.

Nombre de « Proceedings » :

- parutions 2014 = 10,
- parutions 2015 = 14.
-

Annexe 1 : liste détaillée par année.

ANNEXE 1

Liste publications

(Source HAL)

Publications 2014

Bassem Barkia, Véronique Doquet, Jean-Philippe Couzinie, and Ivan Guillot. Room-temperature creep and stress relaxation in commercial purity titanium– Influence of the oxygen and hydrogen contents onincubation phenomena and aging-induced rejuvenation of thecreep potential. *Materials Science and Engineering: A*, A 624:78–89, December 2014. doi: 10.1016/j.msea.2014.11.073. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01091841.

V. Vardakastani, Dominique Saletti, Wafa Skalli, Pierre Marry, Jean-Marc Allain, and C. Adam. In- creased intra-cortical porosity reduces bone stiffness and strength in pediatric patients with osteogene- sis imperfecta. *BONE*, December 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01276528.

Andrei Constantinescu, Olivian Simionescu, and Alexandru Stanciu. Revisiting the identification of distributed elastic coefficients in anisotropic media. *Annals of the University of Bucharest. Mathematical series*, November 2014. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/ hal-01282124.

L.L. Wang, A. Pouya, Michel Bornert, and B. Halphen. Modelling the internal stress field in argilla- ceous rocks under humidification/desiccation. *International Journal for Numerical and Analyti- cal Methods in Geomechanics*, 38(16):1664–1682, November 2014a. doi: 10.1002/nag.2267. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01086491.

F. Auricchio, A. Constantinescu, and G. Scalet. Fatigue of 316L stainless steel notched. *International Journal of Fatigue*, 68:231–247, November 2014. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2014.04.013. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01219711.

V Doquet, N. Ben Ali, E Chabert, and F Bouyer. Experimental and numerical study of crack healing in a nuclear glass. *Mechanics of Materials*, 80:145–162, October 2014. doi: 10.1016/j.mechmat.2014.09.003. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01082803.

Daniel Weisz-Patrault, S. Bock, and K. Gürlebeck. Three-dimensional elasticity based on quaternion- valued potentials. *International Journal of Solids and Structures*, 51(19):3422–3430, October 2014. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2014.06.002. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01275173.

Linlin Wang, Michel Bornert, Eva Héripré, S. Chanchole, and Alexandre Tanguy. Full-Field Mea- surements on Low-Strained Geomaterials Using Environmental Scanning Electron Microscopy and Digital Image Correlation: Improved Imaging Conditions. *Strain*, 50(5):370–380, October 2014b. doi: 10.1111/str.12076. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01116752.

Clément Roux, Xavier Lorang, Habibou Maitournam, and Mac Lan NGUYEN TAJAN. Fatigue design of railway wheels: a probabilistic approach. *Fatigue and Fracture of Engineering Ma- terials and Structures*, 37(10):1136–1145, October 2014. doi: 10.1111/ffe.12194. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01216187.

L. Wang, Michel Bornert, S. Chanchole, E. Héripré, and D. Yang. Micromechanical experimental investigation of mudstones. *Géotechnique Letters*, 4(October–December):306–309, September 2014c. doi: 10.1680/geolett.14.00056. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01134859.

Eric Charkaluk, Rian Seghir, Laurence Bodelot, Jean-François Witz, and Philippe Dufrénoy. Mi- croplasticity in Polycrystals: A Thermomechanical Experimental Perspective. *Experimental Me- chanics*, September 2014a. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01276741.

Cédric Adam, Salim Bouabdallah, Malek Zarroug, and Habibou Maitournam. Improved numerical in- tegration for locking treatment in isogeometric structural elements, Part I: Beams. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 279:1–28, September 2014. doi: 10.1016/j.cma.2014.06.023. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01214738.

Linlin Wang, Michel Bornert, Eva Héripré, Diansen Yang, and S. Chanchole. Irreversible deformation and damage in argillaceous rocks induced by wetting/drying. *Journal of Applied Geophysics*, 107:108–118, August 2014d. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01116748.

Aurélie Azoug, Robert Nevière, Rachel-Marie Pradeilles-Duval, and Andrei Constantinescu. In- fluence of fillers and bonding agents on the viscoelasticity of highly filled elastomers. *Jour- nal of Applied Polymer Science*, 131(16), August 2014a. doi: 10.1002/app.40664. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01219758.

Jessica Papasidero, Véronique Doquet, and Sebastien Lepeer. Multiscale investigation of duc- tile fracture mechanisms and strain localization under shear loading in 2024-T351 aluminum alloy and 36NiCrMo16 steel. *Materials Science and Engineering: A*, July 2014a. doi: 10.1016/j.msea.2014.05.032. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01227265.

Aurelie Azoug, Robert Nevière, Rachel-Marie Pradeilles-Duval, and Andrei Constantinescu. Influence of crosslinking and plasticizing on the viscoelasticity of highly filled elastomers. *Journal of Applied Polymer Science*, 131(12), June 2014b. doi: 10.1002/app.40392. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219754.

Jean-Baptiste Esnault, Véronique Doquet, and Patrick Massin. A three-dimensional analysis of fatigue crack paths in thin metallic sheets. *International Journal of Fatigue*, 62:119–132, May 2014a. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00958586.

Duy-Hao Luu, Habibou Maitournam, and Q. S. Nguyen. Formulation of gradient multiaxial fatigue cri- teria. *International Journal of Fatigue*, 61:170–183, April 2014. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2013.11.014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01216167.

Dan Soto, Aurélie Borel De Larivière, Xavier Boutillon, Christophe Clanet, and David Quéré. The force of impacting rain. *Soft Matter*, 27(july):4929–4934, April 2014. doi: 10.1039/C4SM00513A. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01057759.

Giuseppe Geymonat, Sofiane Hendili, Francoise KRASUCKI, and Marina Vidrascu. Matched asymp- totic expansion method for an homogenized interface model. *Mathematical Models and Meth- ods in Applied Sciences*, 24(3):573–597, March 2014a. doi: 10.1142/S0218202513500607. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00757005.

Laurence Bodelot and Guruswami Ravichandran. Experimental determination of a representative texture and insight into the range of significant neighboring grain interactions via orientation and misorientation statistics. *International Journal of Materials Research*, February 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01276740.

Jessica Papasidero, Véronique Doquet, and Dirk Mohr. Determination of the effect of stress state on the onset of ductile fracture through tension torsion experiments. *Experimental Mechanics*, 54(2):137–151, February 2014b. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00958597.

Thi Bach, Tuyet Dang, Laurence Halpern, and Jean-Jacques Marigo. Asymptotic analysis of small defects near a singular point in antiplane elasticity, with an application to the nucleation of a crack at a notch. *Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, 2(2):141–179, 2014. doi: 10.2140/mem- ocs.2014.2.141. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01152441.

Kostas Danas and Nicolas Triantafyllidis. Instability of a magnetoelastic layer resting on a non- magnetic substrate. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 69:67–83, 2014. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-00995717.

Claire Lartigue, Yann Quinsat, Charyar Mehdi-Souzani, Alexandre Zuquete Guarato, and Shadan Tabibian. Voxel-based path planning for 3D scanning of mechanical parts. *Computer-Aided Design and Applications*, pages 220–227, 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal−01092685.

Mbiakop Armel, A. Constantinescu, and K. Danas. On void shape effects of periodic elasto-plastic materials subjected to cyclic loading. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 49:481–499, 2014. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01079880.

L. L. Wang, Michel Bornert, E. Héripré, S. Chanchole, Ahmad Pouya, and B. Halphen. The Mecha- nisms of Deformation and Damage of Mudstones: A Micro-scale Study Combining ESEM and DIC. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, page s.p., 2014e. doi: 10.1007/s00603-014-0670-1. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01117686.

B. D. Btatkeu-K, H. Olvera-Vargas, J. B. Tchatchueng, C. Noubactep, and Sabine Caré. Determining the optimum Fe0 ratio for sustainable granular Fe0/sand water filters. *Chemical Engineering Journal*, 247:265–274, 2014. doi: 10.1016/j.cej.2014.03.008. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes. fr/hal-01157341.

Daniel Weisz-Patrault. Inverse Cauchy method with conformal mapping : application to latent flatness defect detection during rolling process. *International Journal of Solids and Structures*, pages 1–33, 2014. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2014.11.017. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01092127.

Camille Chateau, Lionel Gélébart, Michel Bornert, Jérôme Crépin, Daniel Caldemaison, and Cédric Sauder. Modeling of damage in unidirectional ceramic matrix composites and multi-scale experimen- tal validation on third generation SiC/SiC minicomposites. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 63:298–319, 2014. doi: 10.1016/j.jmps.2013.09.001. URL https://hal.archives-ouvertes. fr/hal-00903466.

Anders Thorin, Xavier Boutillon, and José Lozada. Modelling the dynamics of the piano action: is apparent success real? *Acta Acustica united with Acustica*, page 10, 2014. doi: 10.3813/AAA.918795. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01193708.

Aurélie Benoit À La Guillaume, Luc Rémy, Alain Koster, Habibou Maitournam, and F. Oger. Experimental investigation of the behavior and the low cycle fatigue life of a welded structure. *Materials Science and Engineering: A*, 595:64–76, 2014. doi: 10.1016/j.msea.2013.11.082. URL https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00941722.

T Pössinger, Christian Bolzmacher, Laurence Bodelot, and Nicolas Triantafyllidis. Influence of interfacial adhesion on the mechanical response of magnetorheological elastomers at high strain. *Microsystem Technologies*, 20:803–814, 2014. doi: 10.1007/s00542-013-2036-0. URL https:// hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01230976.

Paul Sicsic, Jean-Jacques Marigo, and Corrado Maurini. Initiation of a periodic array of cracks in the thermal shock problem: a gradient damage modeling. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 63:256–284, 2014. doi: 10.1016/j.jmps.2013.09.003. URL https://hal.archives-ouvertes. fr/hal-00843625.

Eric Charkaluk, Andrei Constantinescu, Fabien Szmytka, and Shadan Tabibian. Probability density functions: From porosities to fatigue lifetime. *International Journal of Fatigue*, 63:127–136, 2014b. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2014.01.017. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00961217.

Jean-Baptiste Esnault, V Doquet, and Patrick Massin. A three-dimensional analysis of fatigue crack paths in thin metallic sheets. *International Journal of Fatigue*, 62:119–132, 2014b. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2013.03.015. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01302566.

Yahya Berrehili and Jean-Jacques Marigo. The homogenized behavior of unidirectional fiber-reinforced composite materials in the case of debonded fibers. *Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, 2(2):181–207, 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01152443.

Christelle Der Loughian, Loïc Tadrist, Jean-Marc Allain, Julien Diener, Bruno B. Moulia, and Emmanuel De Langre. Measuring local and global vibration modes in model plants. *Comptes*

rendus de l'Académie des sciences. Série IIb, Mécanique, 342(1):1–7, January 2014. doi: 10.1016/j.crme.2013.10.010. URL https://hal.inria.fr/hal-00903232.

Maximilian Richly, Silvan Türkcan, Cédric Bouzigues, Michel R. Popoff, Jean-Baptiste Masson, Jean- Marc Allain, and Antigoni Alexandrou. Investigating the Cell Membrane via Single Particle Tracking, Bayesian Inference and Hydrodynamic Force Application. *Biophysical Journal*, 106(2):p633a, January 2014. doi: 10.1016/j.bpj.2013.11.3504. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01048723.

Antoine Gloria, Patrick Le Tallec, and Marina Vidrascu. Foundation, analysis, and numerical investi- gation of a variational network-based model for rubber. *Continuum Mechanics and Thermodynam- ics*, 26(1):1–31, 2014. doi: 10.1007/s00161-012-0281-6. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/ hal-00673406.

Giuseppe Geymonat, Sofiane Hendili, Françoise Krasucki, and Marina Vidrascu. Numerical validation of an Homogenized Interface Model. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 269: 356–380, 2014b. doi: 10.1016/j.cma.2013.11.009. URL https://hal.inria.fr/hal-00839616.

Christian Soize, Christophe Desceliers, Johann Guilleminot, M.T. Nguyen, J.-M. Allain, and H. Gharbi. Statistical inverse method for the multiscale identification of the apparent random elasticity field of heterogeneous microstructures. In Ecole des Ponts ParisTech, editor, *Workshop on Inverse problems for multiscale and stochastic problems*, pages Pages: 1–1, Champs-sur-Marne, Marne-la-Vallée, France, October 2014. URL https://hal-upec-upem.archives-ouvertes.fr/ hal-01066582.

Houda Attia, Damien Durville, and Patrick Le Tallec. Multi-scale Modelling of the Mechanical Be- haviour of Textile Reinforcements. In *11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI)*, Barcelona, Spain, July 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01083765.

M.-T. Nguyen, Christophe Desceliers, Christian Soize, J.-M. Allain, and H. Gharbi. Identification of the mesoscale model of a microstructure in using experimental measurements with an image field method and one specimen. In IACM, editor, *11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI), 5th European Conference on Computational Mechanics (ECCM V), 6th European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECFD VI)*, pages 1–2, Barcelona, Spain, July 2014. URL https://hal-upec-upem.archives-ouvertes.fr/hal-00989431.

Gaye Ababacar, Michel Bornert, Alexandre Dimanov, W. Ludwig, M. Bourcier, H. Gharbi, Eva Héripré, D. Picard, Jean Raphanel, and Karam Sab. 3D strain patterning in polycristalline halite. In *16th International conference on experimental mechanics*, Cambridge, United Kingdom, July 2014a. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01139924.

Michel Bornert, Nicolas Lenoir, J.-F. Bruchon, Jean-Michel Pereira, Matthieu Vandamme, Pierre Delage, Sabine Caré, C. Chateau, and T.T. Nguyen. Microtomographie, essais in situ et mesures de champs volumiques. In *Séminaire GERI END/IFSTTAR*, Marne-la-Vallée, France, June 2014. ENPC. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01139971.

Gaye Ababacar, Michel Bornert, Nicolas Lenoir, Karam Sab, A. Dimanov, M. Bourcier, E. Héripré, Jean Raphanel, H. Gharbi, Picard D., and W. Ludwig. Micromechanicals of halite investigated by 2D and 3D multiscale full field measurements, 48th US Rock Mechanics. In *48th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium*, Minneapolis, United States, June 2014b. URL https://hal-enpc. archives-ouvertes.fr/hal-01135067.

A. Dimanov, L. Zinsmeister, J. Dautriat, N. Gland, Michel Bornert, and J. Raphanel. Hydro- mechanical properties of chemically altered limestones using 2D and 3D full-field multi-scale in- vestigations. In *10th Euroconference on Rock Physics and Rock Mechanics*, Aussois, France, May 2014. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01140078.

Frederic Pellet and S. Maiolino. Shear strength of rock discontinuities reinforced by passive rock- bolt, Proc. International Conference on Rock Slope Stability (RSS 2014), Marrakech, Morocco. In *Rock Slope Stability*, Marrakech, Morocco, April 2014. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/ hal-01267237.

L. Wang, Michel Bornert, S. Chanchole, and Eva Héripré. Couplages hydromécaniques dans les roches argileuses : analyse par microscopie électronique environnementale et corrélation d'images. In *Imagerie quantitative pour la*

caractérisation des matériaux et des structures du génie civil, Clermont- Ferrand, France, March 2014f. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01140092.

L. Gélébart, Fabien Bernachy-Barbe, Michel Bornert, and J. Crépin. Experimental study and modeling of the mechanical behavior of SiC/SiC composite tubes. In *Advanced Ceramics and Composites for Sustainable Nuclear Energy and Fusion Energy*, Daytona Beach, United States, January 2014. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01140093.

Publications 2015

Francesco Bonaldi, Giuseppe Geymonat, and Francoise KRASUCKI. MODELING OF SMART MATERIALS WITH THERMAL EFFECTS: DYNAMIC AND QUASI-STATIC EVOLUTION. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 25(14):2633–2667, December 2015. doi: 10.1142/S0218202515500578. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01167897.

Mbiakop Armel, Andrei Constantinescu, and Kostas Danas. An analytical model for porous single crystals with ellipsoidal voids. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 84:436–467, November 2015. doi: 10.1016/j.jmps.2015.07.011. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01219387.

Carine Douarche, Jean-Marc Allain, and Eric Raspaud. Bacillus subtilis Bacteria generate an In- ternal Mechanical Force within a Biofilm. *Biophysical Journal*, November 2015. URL https: //hal.archives-ouvertes.fr/hal-01276518.

Gauthier Folzan, Patrick Le Tallec, and Jean-Philippe Perlat. Modelling complex high speed mul- timaterial evolutions using a single mesh multivelocity strategy. *International Journal for Nu- merical Methods in Engineering*, 104(7):539–565, November 2015. doi: 10.1002/nme.4827. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01275358.

Benoit Théckès, Xavier Boutillon, and Emmanuel De Langre. On the efficiency and ro- bustness of damping by branching. *Journal of Sound and Vibration*, 357, November 2015. doi: 10.1016/j.jsv.2015.07.018. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/ hal-01224783.

E. Charkaluk, Gildas Guillemot, Fabien Szmytka, Shadan Tabibian, and Andrei Constantinescu. Influence of process-induced microstructure on hardness of two Al–Si alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 646:190–200, October 2015a. doi: 10.1016/j.msea.2015.08.051. URL https: //hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01219391.

Shadan Tabibian, Eric Charkaluk, Andrei Constantinescu, Gildas Guillemot, and Fabien Szmytka. Influence of process-induced microstructure on hardness of two Al-Si alloys . *Materials Sci- ence & Engineering, AStructural Materials: Properties, Microstructure and Processing*, 646:190–200, October 2015a. doi: 10.1016/j.msea.2015.08.051. URL https://hal-mines-paristech. archives-ouvertes.fr/hal-01253000.

Ferdinando Auricchio, Scalet Giulia, Michele Conti, and Andrei Constantinescu. Fatigue of Metallic Stents: From Clinical Evidence to Computational Analysis. *Annals of Biomedical Engineering*, pages 1–15, October 2015a. doi: 10.1007/s10439-015-1447-8. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219403.

B Barkia, V Doquet, E Héripré, and I Guillot. Characterization and analysis of deformation hetero- geneities in commercial purity titanium. *Materials Characterization*, (108):94–101, October 2015a. doi: 10.1016/j.matchar.2015.09.001. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01227164.

Shadan Tabibian, Eric Charkaluk, Andrei Constantinescu, Gildas Guillemot, and Fabien Szmytka. Influence of process-induced microstructure on hardness of two Al–Si alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 464:190–200, October 2015b. doi: 10.1016/j.msea.2015.08.051. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01233458.

D. Lange, P.Roca i Cabarrocas, N. Triantafyllidis, and D. Daineka. Piezoresistivity of thin film semiconductors with application to thin film silicon solar cells. *Solar Energy Materials and So- lar Cells*, October 2015. doi: 10.1016/j.solmat.2015.09.014. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01230428.

Cédric Adam, Salim Bouabdallah, Malek Zarroug, and Habibou Maitournam. Stable time step estimates for NURBS-based explicit dynamics. *Computer Methods in Applied Mechanics andEngineering*, 295:581–605, October 2015a. doi: 10.1016/j.cma.2015.03.017. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01215790.

Jessica Papasidero, Véronique Doquet, and Dirk Mohr. Ductile fracture of aluminum 2024- T351 under proportional and non-proportional multi-axial loading: Bao–Wierzbicki results re- visited. *International Journal of Solids and Structures*, 69-70:459–474, September 2015. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2015.05.006. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01227222.

D. Jalocha, A. Constantinescu, and R. Neviere. Revisiting the identification of generalized Maxwell models from experimental results. *International Journal of Solids and Structures*, 67-68(August): 169–181, August 2015a. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2015.04.018. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219740.

Aurélie Azoug, Robert Nevière, and Andrei Constantinescu. Molecular Origin of the Influence of the Temperature on the Loss Factor of a Solid Propellant. *Propellants, Explosives, Pyrotech- nics*, 40(4), August 2015a. doi: 10.1002/prep.201400060. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219725.

Aurelien Tidu, Djida Ghoubay-Benallaoua, Barbara Lynch, Bernard Haye, Corinne Illoul, Jean- Marc Allain, Vincent M. Borderie, and Gervaise Mosser. Development of human corneal ep- ithelium on organized fibrillated transparent collagen matrices synthesized at high concentration. *Acta Biomaterialia*, 22:50–58, August 2015a. doi: 10.1016/j.actbio.2015.04.018. URL https: //hal.archives-ouvertes.fr/hal-01274330.

Joachim Guilie, Thien-Nga Lê, and Patrick Le Tallec. Microsphere model for strain-induced crystal- lization and three dimensional applications . *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 81: 58–74, August 2015. doi: 10.1016/j.jmps.2015.05.004. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/ hal-01281600.

D. Jalocha, A. Constantinescu, and R. Neviere. Prestrain-dependent viscosity of a highly filled elastomer: experiments and modeling. *Mechanics of Time-Dependent Materials*, 19(3), August 2015b. doi: 10.1007/s11043-015-9262-z. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01219736.

Tianyi LI, Jean-Jacques Marigo, Daniel Guilbaud, and Serguei Potapov. Variational Approach to Dynamic Brittle Fracture via Gradient Damage Models. *Applied Mechanics and Materials*, 784:334–341, August 2015. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.784.334. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01225237.

L.L. Wang, Michel Bornert, D.S. Yang, E. Héripré, S. Chanchole, B. Halphen, A. Pouya, and D. Caldemaison. Microstructural insight into the nonlinear swelling of argillaceous rocks. *En- gineering Geology*, 193:435–444, July 2015a. doi: 10.1016/j.enggeo.2015.05.019. URL https: //hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01286263.

A. Mbiakop, A. Constantinescu, and K. Danas. A model for porous single crystals with cylindri- cal voids of elliptical cross-section. *International Journal of Solids and Structures*, 64-65(July): 100–119, July 2015a. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2015.03.017. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219747.

Laurence Bodelot, Juan P. Escobedo-Diaz, Carl P. Trujillo, Daniel T. Martinez, Ellen K. Cerreta, George T. Gray III, and Guruswami Ravichandran. Microstructural changes and in-situ observation of localization in OFHC copper under dynamic loading. *International Journal of Plasticity*, June 2015. doi: 10.1016/j.ijplas.2015.06.002. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01276739.

Bassem Barkia, Véronique Doquet, Jean-Philippe Couzinie, Ivan Guillot, and Eva Héripré. In situ monitoring of the deformation mechanisms in titanium with different oxygen contents. *Materials Science and Engineering: A*, 636:91–102, June 2015b. doi: 10.1016/j.msea.2015.03.044. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01227185.

F. Auricchio, A. Constantinescu, M. Conti, and G. Scalet. A computational approach for the life- time prediction of cardiovascular balloon-expandable stents. *International Journal of Fatigue*, 75 (June):69–79, June 2015b. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2015.02.002. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01219744.

Linlin Wang, Michel Bornert, Eva Héripré, Serge Chanchole, Ahmad Pouya, and Bernard Halphen. Microscale insight into the influence of humidity on the mechanical behavior of mudstones. *Journal of Geophysical Research*, 120(5):3173–3186, May 2015b. doi: 10.1002/2015JB011953. URL https: //hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01286311.

Aurélie Azoug, Andrei Constantinescu, Robert Nevière, and Guy Jacob. Microstructure and defor- mation mechanisms of a solid propellant using 1H NMR spectroscopy. *Fuel*, 148(May):39–47, May 2015b. doi: 10.1016/j.fuel.2015.01.074. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01219721.

D. Jalocha, A. Constantinescu, and R. Nevière. Prestrained biaxial DMA investigation of vis- coelastic nonlinearities in highly filled elastomers. *Polymer Testing*, 42:37–44, April 2015c. doi: 10.1016/j.polymertesting.2015.01.005. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01219730.

K. Ravi-Chandar and N. Triantafyllidis. Dynamic stability of a bar under high loading rate: Re- sponse to local perturbations. *International Journal of Solids and Structures*, 58:301–308, April 2015. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2014.09.015. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes. fr/hal-01281649.

E. Charkaluk, Rian Seghir, Laurence Bodelot, Jean-Francois Witz, and Philippe Dufrenoy. Microplas- ticity in Polycrystals: A Thermomechanical Experimental Perspective. *Experimental Mechanics*, 55 (4):741–752, April 2015b. doi: 10.1007/s11340-014-9921-z. URL https://hal.archives-ouvertes. fr/hal-01235785.

Minh Ngoc Vu, Samuel Geniaut, Patrick Massin, and Jean-Jacques Marigo. Numerical investigation on corner singularities in cracked plates using the G-theta method with an adapted theta field. *Theo- retical and Applied Fracture Mechanics*, 77:59–68, February 2015. doi: 10.1016/j.tafmec.2015.02.003. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01246477.

Hichème Ferdjani and Jean-Jacques Marigo. Application of the Dugdale model to a mixed mode loading of a semi infinite cracked structure. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 53:1–9, February 2015. doi: 10.1016/j.euromechsol.2015.02.006. URL https://hal-polytechnique. archives-ouvertes.fr/hal-01246347.

WANG Wenlong, Nicolas Roubier, Guillaume Puel, Jean-Marc Allain, Ingrid C.Infante, Jean-Pierre Attal, and Elsa Vennat. A New Method Combining Finite Element Analysis and Digital Image Correlation to Assess Macroscopic Mechanical Properties of Dentin. *Dental Materials*, 8(2):535–550, February 2015. doi: 10.3390/ma8020535. URL https://hal-ecp.archives-ouvertes.fr/ hal-01114552.

J Tong, B Lin, Y.-W Lu, Kamel Madi, and V Doquet. Near-tip strain evolution under cyclic loading: In situ experimental observation and numerical modelling. *International Journal of Fatigue*, 71:45–52, February 2015. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2014.02.013. URL https://hal.archives-ouvertes. fr/hal-01227246.

Cédric Adam, T.R.J. Hughes, Salim Bouabdallah, Malek Zarroug, and Habibou Maitournam. Selective and reduced numerical integrations for NURBS-based isogeometric analysis. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 284:732–761, February 2015b. doi: 10.1016/j.cma.2014.11.001. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01214741.

Wenlong Wang, Nicolas Roubier, Guillaume Puel, Jean-Marc Allain, Ingrid C.Infante, Jean-Pierre Attal, and Elsa Vennat. A New Method Combining Finite Element Analysis and Digital Image Cor- relation to Assess Macroscopic Mechanical Properties of Dentin. *Materials*, 8(2):535–550, February 2015c. doi: 10.3390/ma8020535. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257728.

Philippe G. Ciarlet, Giuseppe Geymonat, and Francoise KRASUCKI. Nonlinear Donati compatibility conditions and the intrinsic approach for nonlinearly elastic plates. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées*, 103(1):255–268, January 2015. doi: 10.1016/j.matpur.2014.04.003. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00959793.

T Charignon, P Lloveras, D Chatain, L Truskinovsky, E Vives, D Beysens, and Vadim S. Nikolayev. Criticality in the slowed-down boiling crisis at zero gravity. *Physical Review E* , 91:053007, 2015. doi: 10.1103/PhysRevE.91.053007. URL https://hal-cea.archives-ouvertes.fr/cea-01366768.

A. Mbiakop, A. Constantinescu, and K. Danas. On void shape effects of periodic elasto-plastic materials subjected to cyclic loading. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 49(January– February):481–499, January 2015b. doi: 10.1016/j.euromechsol.2014.09.001. URL https:// hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01219714.

Trong-Son Cao, Matthieu Mazière, K. Danas, and Jacques Besson. A model for ductile damage prediction at low stress triaxialities incorporating void shape change and void rotation. *International Journal of Solids and Structures*, 63:240–263, 2015. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2015.03.003. URL https: //hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01165304.

Matthieu Caruel, Jean-Marc Allain, and Lev Truskinovsky. Mechanics of collective unfolding. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 76:237 – 259, 2015. doi: 10.1016/j.jmps.2014.11.010. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01100823.

Stéphane Bancelin, Barbara Lynch, Christelle Bonod-Bidaud, Guillaume Ducourthial, Sotiris Psilodimitrakopoulos, Petr Dokládal, Jean-Marc Allain, Marie-Claire Schanne-Klein, and Florence Ruggiero. Ex vivo multiscale quantitation of skin biomechanics in wild-type and genetically-modified mice using multiphoton microscopy. *Scientific Reports*, 5:17635, 2015. doi: 10.1038/srep17635. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01252023.

Manh-Tu Nguyen, Christophe Desceliers, Christian Soize, Jean-Marc Allain, and H. Gharbi. Mul- tiscale identification of the random elasticity field at mesoscale of a heterogeneous microstruc- ture using multiscale experimental observations. *International Journal for Multiscale Compu- tational Engineering*, 13(4):281–295, 2015. doi: 10.1615/IntJMultCompEng.2015011435. URL https://hal-upec-upem.archives-ouvertes.fr/hal-01162147.

Daniel Weisz-Patrault, Alain Ehrlacher, Nicolas LEGRAND, and Elliette Mathey. Non-linear nu- merical simulation of coiling by elastic finite strain model. *Key Engineering Materials*, 651-653:1060–1065, 2015a. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.651-653.1060. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01275176.

Daniel Weisz-Patrault, Laurent Maurin, Nicolas LEGRAND, Anas Ben Salem, and Abdelkebir Ait Bengrir. Experimental evaluation of contact stress during cold rolling process with optical fiber Bragg gratings sensors measurements and fast inverse method. *Journal of Materials Pro- cessing Technology*, 223:105–123, 2015b. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2015.03.047. URL https: //hal.archives-ouvertes.fr/hal-01275175.

Alexandre Martin, J.-B Esnault, and Patrick Massin. About the use of standard integration schemes for X-FEM in solid mechanics plasticity. *Comput.methods Appl.Mech.Engrg*, 283:551–572, 2015. doi: 10.1016/j.cma.2014.09.028. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal–01226356.

Cédric Adam, Salim Bouabdallah, Malek Zarroug, and Habibou Maitournam. Improved numer- ical integration for locking treatment in isogeometric structural elements. Part II: Plates and shells. *Comput.methods Appl.Mech.Engrg*, 2015c. doi: 10.1016/j.cma.2014.07.020. URL https: //hal.archives-ouvertes.fr/hal–01214737.

Fulvio MICHELIS, Laurence Bodelot, Yvan Bonnassieux, and Bérengère Lebental. Highly re- producible, hysteresis-free, flexible strain sensors by inkjet printing of carbon nanotubes. *Car- bon*, 95:pp 1020–1026, January 2015a. doi: 10.1016/j.carbon.2015.08.103. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01217246.

Claire Dupont, Anne-Virginie Salsac, Dominique Barthes-Biesel, Marina Vidrascu, and Patrick Le Tal- lec. Influence of bending resistance on the dynamics of a spherical capsule in shear flow. *Physics of Fluids*, 27:17, 2015. doi: 10.1063/1.4921247. URL https://hal.inria.fr/hal-01160157.

Maya De Buhan, Antoine Gloria, Patrick Le Tallec, and Marina Vidrascu. Reconstruction of a constitutive law for rubber from in silico experiments using Ogden's laws. *International Jour- nal of Solids and Structures*, page 16, 2015. doi: 10.1016/j.ijsolstr.2015.02.026. URL https: //hal.inria.fr/hal-00933240.

Aurelien Tidu, D. Ghoubay-Benallaoua, C. Teulon, B. Lynch, Bernard Haye, Corinne Illoul, Jean- Marc Allain, V. Borderie, Marie-Claire Schanne-Klein, and G. Mosser. Synthesis of an Artificial Cornea Allowing In Vitro Colonization of the Host Cells. In *2015 4th TERMIS World Congress*, volume 21 of *Tissue engineering part A*, pages S142–S142, Boston, United States, September 2015b. URL https://hal-polytechnique.archives-ouvertes.fr/hal-01222850.

Daniel Weisz-Patrault and Alain Ehrlacher. Curvature of an elasto-plastic strip at finite strains : application to fast simulation of coils. In *Congrès Français de Mécanique*, Procédés de mise en forme, Lyon, France, August 2015. Association Française de Mécanique. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01275177.

Elizabeth Chaumun, Jérôme Crépin, Cecilie Duhamel, Catherine Guerre, Eva Heripre, Mohamed Sennour, and Ian De Curières. SCC crack initiation in nickel based alloy welds in hydrogenated steam at 400C. In *17th international conference on environmental degradation of materials in nuclear power systems - water reactors*, page 19 p., Ottawa, Canada, August 2015. URL https://hal. archives-ouvertes.fr/hal-01236330.

Matthieu Caruel and Lev Truskinovsky. HUXLEY-SIMMONS MODEL REVISITED. In *4th Interna- tional Conference on Computational and Mathematical Biomedical Engineering - CMBE2015*, Paris, France, June 2015. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01180003.

Christian Soize, Christophe Desceliers, Johann Guilleminot, Thinh-Tien Le, Manh-Tu Nguyen, Guil- laume Perrin, Jean-Marc Allain, H. Gharbi, Denis Duhamel, and Christine Funfschilling. Stochastic representations and statistical inverse identification for uncertainty quantification in computational mechanics. In *(Plenary Lecture) UNCECOMP 2015, 1st ECCOMAS Thematic International Con- ference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering*, Proceedings of UNCECOMP 2015, M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou Eds., pages 1–26, The Island of Crete, Greece, May 2015. M. Papadrakakis. URL https://hal-upec-upem.archives-ouvertes. fr/hal-01158252. Invited Plenary Lecture.

Fulvio MICHELIS, Laurence Bodelot, Jean Marc LAHEURTE, Fadi ZAKI, Yvan Bonnassieux, and Bérengère Lebental. Wireless nanosensors for embedded measurement in concrete structures. In *NICOM 5 - Fifth International Symposium on Nanotechnology in Construction*, page 6p, CHICAGO, United States, May 2015b. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01217259. NICOM 5 - Fifth International Symposium on Nanotechnology in Construction, CHICAGO, ETATS-UNIS, 24-/05/2015 - 26/05/2015.

Frederic Pellet and Siegfried Maiolino. Full scale lab testing for the determination of rock bolt contri- bution to reinforced joint shear strength. In *13th International Congress of the International Society for Rock Mechanics* , Proceedings 13th International Congress ISRM 2015, Montreal, Canada, May 2015. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01259172.

Michel Bornert, Ababacar Gaye, A. Dimanov, Mathieu Bourcier, Jean Raphanel, Eva Heripre, W. Lud- wig, and A. King. Micro-macro tracking of the deformation field. Application to halite rock. In *Work- shop of the ESF project Micro-Dice : Microstructural evolution during HT deformation : advances in the characterization techniques and consequences to physical properties*, Montpellier, France, March 2015a. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01308342.

Michel Bornert, Alexandre Dimanov, Jean Raphanel, Ababacar Gaye, Mathieu Bourcier, Eva Heripre, Picard D., and W. Ludwig. Micromécanismes actifs dans le sel gemme : quantifications expérimentales pour une modélisation pertinente. In *Comité Français de Mécanique des Roches, '' Avancées récentes sur les approches multi-échelles en mécanique des roches ''*, Paris, France, March 2015b. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01310835.

Jean Raphanel, Alexandre Dimanov, Michel Bornert, Mathieu Bourcier, Ababacar Gaye, and Picard D. Two coexisting mechanisms of irreversible deformation : crystal plasticity and grains boundary sliding - the case of sodium chloride.

In *International Symposium on Plasticity and its Current Applications*, Montego Bay, Jamaica, January 2015. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes. fr/hal-01310901.

A. Dimanov, Michel Bornert, Mathieu Bourcier, Ababacar Gaye, Picard D., H. Gharbi, W. Ludwig, J. Raphanel, and Karam Sab. Viscoplasticity and grain boundary damage in rock salt investigated by 2D and 3D full field measurements. In *General Assembly of the European Geosciences Union*, Vienna, Austria, 2015a. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01310794.

Alexandre Dimanov, Michel Bornert, Mathieu Bourcier, Ababacar Gaye, Picard D., Eva Héripré, H. Gharbi, W. Ludwig, Jean Raphanel, and Karam Sab. Interactions between interfacial sliding, diffuse micro cracking and crystal plasticity in polycrystalline rock salt investigated by 2D and 3D digital imagecorrelation. In *General Assembly of the European Geosciences Union*, Vienna, Austria, 2015b. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01310816.

Alexandre Dimanov, Jean Raphanel, Michel Bornert, Mathieu Bourcier, Ababacar Gaye, and W. Lud- wig. Ductile shear zone rheology : the viewpoint of experimentally crept lower crustal rocks and analogues. In *General Assembly of the European Geosciences Union*, Vienna, Austria, 2015c. URL https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-01310805.

S. Maiolino and Frederic Pellet. Full scale lab testing for the determination of rock bolt contribution to reinforced joint shear strength. In *13th International Conference on Rock Mechanics (ISRM Congress 2015)*, Montreal, Canada, 2015. URL https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01231751.

Cédric Adam, Salim Bouabdallah, Malek Zarroug, and Habibou Maitournam. A Reduced Integration for Reissner-Mindlin Non-linear Shell Analysis Using T-Splines. In Bernd Simeon Bert Jüttler, editor, *Isogeometric Analysis and Applications 2014*, volume Lecture Notes in Computational Science and Engineering, pages 103–125. Springer International Publishing, December 2015d. doi: 10.1007/978-3-319-23315-4 5. URL https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01378186.