

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2010 du Programme MATETPRO

ACRONYME et titre du projet	Page
ASAP - Une rupture technologique au service du développement d'un nouveau pvdc présentant des propriétés accrues et une innocuite maximale.....	3
ASPOME - Adhesion de structures en polymère et métal.....	5
FLUOTI - Fluotournage du titane ta6v a froid	7
HYPERCAMPUS - Matériaux piezoelectriques sans plomb haute performance (composites et céramiques texturées) pour des applications ultrasonores	9
IDEFFAAR - Influence des défauts de fonderie sur la fatigue des alliages aéronautiques	11
MEMFIS - Membranes fonctionnalisées innovantes pour la séparation de radioelements	13
OPTIPRO-INDUX - Optimisation multi echelle du procédé de renforcement par induction de pièces de géometrie complexe.....	15
PEPS - Electronique imprimée pour l'emballage sécurise du futur	17
PLATFORM - Maitrise de la planeite des toles métalliques formées par laminage ...	19
PREVISIA - Approche multiphysique du vieillissement sous contrainte des aciers inoxydables martensitiques et de ses conséquences sur la propagation des fissures en fatigue.....	21

PRINCIPIA - Procédés industriels de coulée innovants pour l'industrie aéronautique	23
PROFEM - Influence du procédé de fabrication sur les propriétés à la fatigue des matériaux elastomères	25
RTMPLAST - RTM thermoplastique	27
VIRMIL - Nanoparticules de mofs pour le traitement des infections par le vih et infections bacteriennes associées	29

Programme MATETPRO

Edition 2010

Titre du projet	ASAP - Une rupture technologique au service du développement d'un nouveau PVDC présentant des propriétés accrues et une innocuité maximale
Résumé	<p>Le Poly(chlorure de vinylidene) (PVDC) est largement utilisé dans l'emballage alimentaire et de médicaments, en raison de ses excellentes propriétés barrières à la vapeur d'eau et à l'oxygène. Le PVDC est vendu soit sous la forme de résine extrudable, soit d'une dispersion aqueuse (latex) pour enduction sur un support. Ces applications, et aussi la législation liée à ces produits, requièrent que le niveau de dégradation des produits soit minimisé, et que la migration des additifs et / ou sous-produits soit mieux comprise et contrôlée. Les propriétés de ce polymère peuvent comprendre certaines limites ; comme la migration des additifs, qui est un problème commun à tout polymère industriel synthétisé par polymérisation hétérogène, et la résistance aux conditions de stockage et à certains traitements. Ces limitations peuvent être maîtrisées si les propriétés suivantes peuvent être améliorées :</p> <ul style="list-style-type: none">• Résistance aux rayons UV et à la lumière visible ;• Résistance au rayonnement Beta au cours du traitement d'un film multi-couches• Stabilité thermique du PVDC au cours du procédé d'extrusion• Stabilité thermique de films enduits ;• Réduction de la migration des sous-produits et additifs <p>Le projet de recherche industrielle ASAP a pour objectif de comprendre les mécanismes de dégradation, d'identifier les différentes espèces issues de ces dégradations, et développer des solutions adaptés pour limiter ces phénomènes de migrations à la fois des espèces désirées (comme les tensio-actifs ou les additifs) et non désirées (comme les sous-produits pouvant provenir d'une dégradation). La bonne compréhension de ces phénomènes implique une analyse préliminaire des films coextrudés ou enduits par du PVDC. De ce fait, le programme de recherche portera sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">• Connaître les longueurs d'onde critiques entraînant une dégradation du PVDC ;• Connaître l'impact du rayonnement β lors de la mise en œuvre de films multi-couches• De mieux comprendre la contribution relative à la fois des unités monomères utilisées et des groupes finaux présents dans la structure du PVDC à la dégradation thermique des produits PVDC ;• De comparer des latex utilisant des tensio-actifs moléculaires (méthode utilisée, aux latex sans tensio-actifs moléculaires. <p>Les résultats du projet de recherche conduiront</p>

au développement d'une nouvelle génération de PVDC. Pour atteindre cet objectif, il y a un besoin évident de rupture technologique, en utilisant des procédés innovants, basés sur des études de hautes qualités menées au niveau académique, qui ont démontrées de réels avantages tant au niveau des propriétés de polymères que de procédés. L'équipe de recherche multidisciplinaire qui réalisera le projet ASAP comprend des acteurs industriels et académiques de renom, afin d'assurer l'amélioration de l'état de l'art dans le domaine et de satisfaire aux spécifications futures des industriels et du marché. SOLVIN SA, en tant que coordinateur scientifique du projet, conduira cette équipe en gardant à l'esprit les besoins des industriels et du marché. Les partenaires académiques UPMC, C2P2, ICG, LCP et Tue Eindhoven, contribueront avec leurs expériences, connaissances et savoir-faire spécifiques, et développeront es compétences spécifiques dans ces domaines.

Partenaires

SOLVIN SA
UPMC – Laboratoire de Chimie des Polymères
UCBL – Chimie, Catalyse, Polymère et Procédés
Université de Provence – Laboratoire Chimie Provence
Institut Charles Gerhardt

Coordinateur

Jérôme VINAS – SOLVIN SA
Jerome.vinas@solvay.com

Aide de l'ANR

1 226 140 €

Début et durée

Janvier 2011 – 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-005

Label pôle

AXELERA

Résumé

La technologie hybride plastique-métal permet de combiner les avantages des métaux (rigidité, résistance, ductilité, coût compétitif) et des plastiques (intégration de fonction, faible densité). La technologie est employée dans l'automobile mais elle est actuellement limitée aux applications semi structurelles telles que les façades avant techniques. La technologie hybride standard consiste à placer un insert en métal dans un moule d'injection et de le surmouler avec du plastique. Le plastique passe à travers de trous prévus dans le métal et enveloppe les bords de l'insert. Le lien entre le métal et le plastique est principalement mécanique et la tenue en cisaillement est inférieure à 2 MPa. Dans le cas de pièces structurelles, de l'acier à haute limite élastique est utilisé et il n'est pas souhaitable de faire des trous dans une structure porteuse. Pour ces deux raisons, la technologie hybride n'est pas actuellement employée pour les structures porteuses. L'objectif du projet ASPOME est d'étendre l'utilisation de la technologie hybride aux pièces structurelles. Pour cela, l'adhérence directe du thermoplastique injecté sur un substrat métal ou composite sera développée. La surface du substrat sera traitée par plasma froid à pression atmosphérique. Le plasma atmosphérique est actuellement employé principalement pour les nettoyages de surface, l'activation des surfaces, et le traitement anti-corrosion mais n'est pas encore employé pour les objectifs du projet. Le traitement de surface sera développé par l'ENSCP et adapté au substrat (acier, aluminium, composites à fibres continues polyamide) et au plastique de surmoulage pour atteindre la force d'adhérence entre le plastique injecté et l'insert d'au moins 20 MPa. Pour atteindre cette cible, le traitement plasma sera couplé si nécessaire avec le dépôt d'une couche mince d'un primaire adapté au substrat. L'effet du traitement physique du substrat (chauffage avant injection, grenailage) sera également évalué sur la qualité de l'interface. L'effet du chargement mécanique et le vieillissement de la structure sur la qualité de l'interface entre le polymère injecté et le substrat traité seront évalués par les Mines De Paris. Un modèle mécanique de l'interface entre le thermoplastique et le substrat traité en surface sera développé pour permettre une meilleure simulation des structures. Deux études de cas seront développées par les associés industriels (FAS et FAE). La première concerne un élément de structure de siège soumis à des charges statique, de crash et de fatigue. La structure et l'interface seront également évaluées pour le vieillissement à long terme pour selon les conditions d'intérieur véhicule. Le recyclage des structures hybrides métal/plastique sera évalué, ainsi que d'analyse du cycle de vie du composant. La deuxième est une façade avant technique avec des sollicitations statique, de fatigue et de vibration. La structure et l'interface seront évaluées pour le

vieillessement à long terme pour dans les conditions de sous capot moteur (température, humidité, et résistance aux fluides). En conclusion, ASPOME a les objectifs suivants

1. Force d'adhérence de 20 MPa minimum entre le polymère et le métal par injection directe du polymère
2. Développement des traitements de surface adaptés au substrat et au thermoplastique de surmoulage
3. Evaluation de l'effet du chargement mécanique et du vieillissement sur la qualité de l'interface
4. Simulation des structures pour des charges statique et en crash et modélisation de l'interface
5. Développement d'un procédé économique pour l'adhérence directe de thermoplastique injecté sur un substrat en métal et de l'application à des structures de grandes séries
6. Remplacement des structures de siège faites en métal par des structures hybrides (métal/plastiques/composite)
7. Evaluation du recyclage de structures hybrides et analyse du cycle de vie

Partenaires

Faurecia Sièges d'Automobile
ENS Chimie de Paris
Faurecia Automotive Exteriors
ARMINES (CDM)

Coordinateur

Thierry Renault – Faurecia sieges d'Automobile
thierry.renault@faurecia.com

Aide de l'ANR

712 177 €

Début et durée

Janvier 2011 – 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-008

Label pôle

MOV'EO

L'objectif principal du projet FLUOTI est la simulation de l'opération de fluotournage à température ambiante du TA6V pour produire par écrouissages successifs, un tube long et fin avec de grandes précisions géométriques à partir d'un cylindre épais. Ces tubes sont principalement destinés à l'aéronautique (bielles de poussée). Le comportement de la structure $\alpha+\beta$ du TA6V sous grande déformation à froid représente la plus grosse difficulté. Cependant, et c'est là toute l'originalité de ce projet, le procédé de fluotournage pourrait permettre, par déformations incrémentales successives, de repousser les limites de formabilité du matériau. En effet, au cours d'essais préliminaires chez ROXEL, un taux de rétreint de 30% a déjà été obtenu mais l'intérêt industriel se situe au delà de 70%. Malgré cela, il n'existe aucune certitude qu'une solution industrielle existe et il n'y a pas de tubes fluotournés à froid à l'échelle industrielle en TA6V à l'heure actuelle. Pourtant, la température ambiante est certes moins favorable à la déformation mais elle permet une meilleure reproductibilité et moins de distorsions et d'oxydation au cours des opérations. La qualité des tubes sera ainsi mieux assurée au cours d'un cycle plus simple et moins onéreux. Par ailleurs l'état du tube en fin de processus doit être connu dans toute sa longueur et son épaisseur car nombre de pièces seront des pièces de classe 1 pour l'aéronautique. C'est pourquoi la société ROXEL souhaite poursuivre ces 1ères investigations et mettre en oeuvre les moyens nécessaires à l'obtention d'un 1er prototype de tube en TA6V fluo tourné à froid. Si l'on combine, au coût élevé du matériau, les multiples réglages des conditions de fluotournage et les nombreuses possibilités des traitements thermiques, on s'aperçoit très vite que, le nombre d'essais erreur serait rédhibitoire pour ROXEL. C'est pourquoi la simulation numérique du procédé est alors envisagée pour essayer de minimiser le nombre d'essais sur site industriel en déterminant et en optimisant les conditions opératoires et l'état du tube après les opérations. La simulation devra également intégrer l'évolution du comportement du matériau de la fourniture à la pièce finale. Un point bloquant de la simulation numérique et de l'optimisation du fluotournage reste le temps de calcul. En effet comme tous les procédés de formage incrémental dont il fait partie, le fluotournage est un procédé instationnaire très gourmand en temps de calcul. Les zones de déformation sont localisées au contact des molettes et sont toujours en mouvement. Il faut donc adapter le maillage pour éviter d'avoir des éléments finis trop petits dans les zones peu concernées et raffiner le maillage au niveau des déformations. La gestion fine des surfaces libres et du contact est également un enjeu numérique important. De plus la représentation exacte de la cinématique des outils (mandrins et molettes) est complexe. Son influence sur la qualité des résultats de simulation est très importante. De nombreux paramètres

entrent alors en jeu lorsqu'il s'agit d'évaluer la formabilité du tube au cours du fluotournage à froid. Il y a bien sûr l'influence des conditions opératoires (cinématiques et géométries des outils) et des géométries (initiale, intermédiaire et finales) du tube sur l'écoulement et le comportement du matériau. Il y a également l'influence des étapes de traitements thermiques entre deux passes de fluotournage qui vont permettre de pousser le matériau à ses limites de déformation. Améliorer la formabilité à froid du TA6V passe par une étape d'analyse et de caractérisation de l'influence des trajets de déformation sur l'évolution de ses caractéristiques mécaniques et microstructurales.

Partenaires ROXEL France SA
ARMINES (CEMEF)
TIMET Savoie
TRANSVALOR S.A

Coordinateur Aurélie BUISSON – ROXEL France SA
a.buisson@roxelgroup.com

Aide de l'ANR 598 038 €

Début et durée Janvier 2011 – 48 mois

Référence ANR-10-RMNP-015

Titre du projet**HYPERCAMPUS - Matériaux piézoélectriques sans plomb haute performance (composites et céramiques texturées) pour des applications ultrasonores****Résumé**

Les céramiques piézo-électriques sont commercialisées depuis plusieurs décennies et leurs utilisations ne cessent d'augmenter. Aujourd'hui, ces matériaux sont intégrés dans une large gamme de dispositifs et en particulier pour les applications ultrasonores. Depuis la découverte dans les années 50 du zircono-titanate de plomb (PZT), de nombreuses compositions dérivées ont été développées pour optimiser l'efficacité de ces matériaux. Grâce à l'utilisation de dopants/additifs et des procédés de fabrication efficaces, les PZT sont aujourd'hui les matériaux les plus utilisés. Ce succès croissant des PZT est malheureusement associé à des problèmes sanitaires et environnementaux en raison du plomb que ces matériaux contiennent. En conséquence l'U.E en 2003, mais aussi plusieurs pays à travers le monde, ont inclus les PZT dans leur législation comme substances dangereuses et devant être remplacés par d'autres matériaux inoffensifs pour la santé et l'environnement. La réglementation européenne sera réexaminée tous les quatre ans, et lorsque des matériaux de remplacement seront viables, les dérogations seront annulées. Avec un consortium français d'équipes complémentaires, nous proposons dans le projet HYPERCAMPUS d'élaborer et d'optimiser des matériaux piézo-électriques sans plomb. Plusieurs prototypes seront fabriqués pour des applications sous-marines, CND et imagerie médicale (entre 500 kHz et 20 MHz pour ces transducteurs ultrasonores). Ce consortium est composé de six partenaires, avec quatre laboratoires publics (Univ. François-Rabelais de Tours (U930), Univ. de Limoges (SPCTS), Chimie-ParisTech (LCMCP), I.E.M.N. Lille) et deux sociétés (Thales R&T, VERMON SA). Les objectifs scientifiques et techniques, qui concernent essentiellement des développements expérimentaux, sont multiples et couvrent les caractéristiques nécessaires à plusieurs applications, mais avec toujours le même but final : obtenir des matériaux piézo-électriques sans plomb à hautes performances. Le développement de ces matériaux se fera suivant trois axes. Premièrement, la fabrication de céramiques denses et reproductibles de composition de base KNN sera réalisée. Deuxièmement, des céramiques texturées par la méthode « TGG » seront aussi fabriquées avec un fort degré de texturation. Pour cela, deux compositions de base seront étudiées (titanate de barium ($BaTiO_3$) et KNN ($K_{1-x}Na_xNbO_3$)). Enfin, des composites piézo-électriques de connectivité 1-3 seront élaborés avec des monocristaux sans plomb (KNN) en utilisant une nouvelle méthode de fabrication « par lamination ». Cette nouvelle méthode permet d'obtenir de grandes surfaces de composites

tout en gardant des propriétés homogènes. Avec ces nouveaux matériaux, plusieurs prototypes seront conçus et fabriqués. Des transducteurs ultrasonores mono et multi-éléments (barrette linéaire HF et matrice 2D) seront réalisés. Le développement de cette nouvelle génération de matériaux sans plomb à hautes performances, au moins équivalentes à celles des matériaux contenant du plomb en termes de propriétés requises, confirmera ainsi le possible remplacement de ces derniers. Des modèles numériques spécifiques seront développés pour aider l'optimisation des matériaux piézo-électriques et la conception des transducteurs. Pour les deux industriels participant au projet, les résultats escomptés sont primordiaux pour leurs futures activités. Pour le premier, posséder en interne le savoir-faire et la production de céramiques piézo-électriques sans plomb sera l'opportunité de conforter sa position parmi les acteurs majeurs des applications sous-marines (sonars). Par ailleurs, le second industriel se doit aussi d'être présent, dès le stade précoce, dans le développement de ces nouveaux matériaux pour rester compétitif en cas de non prolongation de l'exemption. Avec ce projet, on peut imaginer qu'une nouvelle gamme de transducteurs « écologiques » pourra être commercialisée et viendra se substituer à l'état de l'art actuel.

Partenaires

Université François-Rabelais de Tours
Thales Research & Technology
Science des Procédés Céramiques et de traitement de surface
Institut d'Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologie
LCMCP
VERMON SA

Coordinateur

Franck Levassort – Université François Rabelais de Tours
levassort@univ-tours.fr

Aide de l'ANR

771 987 €

Début et durée

Janvier 2011 - 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-006

Label pôle

CERAMIQUE – Pôle Européen de la Céramique

Titre du projet

IDEFFAAR - Influence des DEfauts de Fonderie sur la Fatigue des Alliages AéRonautiques

Résumé

L'objectif du projet IDEFFAAR est de construire des outils pour évaluer la nocivité des défauts vis-à-vis de la fatigue dans les alliages d'aluminium moulés. Ce projet est centré sur les applications aéronautiques mais le rôle central du CTIF permettra d'étendre les résultats à d'autres domaines. La complémentarité et l'expertise des partenaires doivent permettre d'apporter des réponses quantitatives à la définition des critères d'acceptation des défauts de fonderie. Par ailleurs des outils de dimensionnement utilisables sur structure vont permettre de réaliser des calculs nécessaires aux bureaux d'études dans le cas de la justification des dérogations (acceptation d'une pièce présentant un défaut plus grand que spécifié dans le cahier des charges). Les partenaires industriels (Fonderie MESSIER, HISPANO SUIZA- groupe SAFRAN et AIRBUS) auront la tâche de valider les outils proposés dans un contexte industriel et sur pièce réelle. Leur implication guidera les choix sur les techniques et outils à développer, ce qui amènera à réaliser des compromis entre pertinence scientifique des paramètres à prendre en compte et utilisation dans les outils de calculs industriels actuellement utilisés par chaque partenaire. Le projet IDEFFAAR envisage le programme de travail suivant pour lever les verrous scientifiques identifiés sur cette problématique.

- Produire des éprouvettes représentatives des défauts rencontrés sur pièce mais aussi contenant des défauts volontairement accentués et reproductibles (en surface et à cœur) afin de bien définir les critères d'acceptation de ces défauts.
- Etudier les mécanismes d'endommagement 3D par Tomographie X à partir des défauts identifiés. Une attention particulière sera portée sur la compétition entre défaut de surface et défaut interne vis-à-vis des effets d'environnement.
- Etudier l'effet de l'environnement sur la tenue en fatigue à partir des défauts de sorte à déterminer l'environnement représentatif des défauts internes (supposé différent de celui des défauts de surface).
- Déterminer une notion de défaut équivalent vis à vis de la tenue en fatigue. Ce défaut équivalent doit intégrer autant que possible des paramètres physiques pertinents (morphologie et microstructure) mais aussi répondre aux contraintes d'implantation dans une chaîne de calcul en fatigue industrielle.
- Proposer une méthodologie de calcul en fatigue utilisable sur structure et intégrant la notion de défaut équivalent. Cette méthodologie doit reposer sur un traitement analytique en post traitement du calcul de structure réalisé par éléments finis dans le but de permettre une implémentation souple et un temps de calcul réaliste.
- Validation expérimentale de la chaîne complète (fonderie / CND / fatigue) sur un démonstrateur pièce réelle qui sera testé sur banc de fatigue. Le passage au banc de pièces comportant volontairement des défauts va permettre de

valider les critères d'acceptation. - Validation de la méthodologie de calcul proposée dans le cas à chaud (150 °C) sur éprouvette. - Définition des règles de réparation des pièces après CND par le biais d'une étude de l'influence du CIC et du CIC + réparation soudage TIG sur la tenue en fatigue sur éprouvette. L'ensemble du projet doit permettre de réaliser des expériences et des simulations de haut niveau scientifique tout en ayant pour objectif une simplification de la physique pour en extraire des données permettant une utilisation réaliste en contexte industriel.

Partenaires

ENSMA – Institut PPRIME
Centre Technique des Industries de la Fonderie
AIRBUS Opérations SAS
HISPANO SUIZA
CNRS – MATEIS
Fonderie MESSIER SAS

Coordinateur

Yves NADOT – ENSMA – Institut PPRIME
Yves.nadot@lmpm.ensma.fr

Aide de l'ANR

874 292 €

Début et durée

Janvier 2011 - 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-016

Label pôle

ASTECH Aerospace Valley

Titre du projet**MEMFIS - Membranes Fonctionnalisées Innovantes pour la Séparation de Radioéléments****Résumé**

Quel que soit le secteur d'application, les règlements en matière de rejets d'eaux usées sont de plus en plus sévères et nécessitent de mettre en pratique des techniques de retraitement innovantes pour tenir compte des préoccupations environnementales de notre société. Peut être encore plus que toute activité industrielle, une forte exigence de l'industrie nucléaire est de parvenir à des rejets radioactifs aussi bas que le permettent les meilleures technologies disponibles à un coût économiquement acceptable. En France, l'activité de ces rejets est très inférieure aux normes en vigueur, et en constante diminution ces dernières années. Néanmoins, pour l'amener à un niveau proche de zéro, objectif ambitieux, il est nécessaire de faire appel à des techniques de traitement innovantes. Les besoins de l'industrie nucléaire en épuration d'eau concernent (i) les installations fixes (réacteurs de puissance et stations de traitement des effluents liquides) et (ii) des prestations ponctuelles plus ciblées sur des déchets spécifiques, et souvent à l'étranger. D'une manière générale, le traitement d'effluent nécessite une filtration des particules et l'extraction d'une série de radionucléides tels que le césium, strontium, cobalt, nickel, etc, par des sorbents sélectifs. Les procédés actuels d'extraction, simples et robustes présentent chacun des inconvénients à résoudre : par exemple, dans le cas des résines échangeuses d'ions classiques, d'une part leur capacité est limitée, et l'eau conserve une certaine activité essentiellement due au ^{60}Co . D'autre part le caractère irradiant des éléments extraits peut dans certains entraîner une détérioration des résines en conditions de stockage. Dans le cas des procédés de co-précipitation, la quantité d'effluents ainsi générés est élevée et la récupération des particules après précipitation reste une étape limitante. L'objectif de ce projet est de proposer un procédé de filtration-complexation membranaire pour la décontamination des effluents radioactifs, concurrentiel par rapport aux procédés actuels. L'utilisation de membrane est effectivement intéressante dans un souci d'une part de limiter les effluents et d'autre part de considérer le devenir du radioélément extrait. L'originalité de ce projet tient du fait qu'en plus du pouvoir extractant des éléments solubles par les composés inorganiques greffés dans la porosité, les membranes choisies en fonction de la taille de leurs macropores permettront également la filtration des particules présentes dans les solutions. Le développement de techniques membranaires fonctionnalisées implique un champ de recherches interdisciplinaires regroupant chimistes, pour la synthèse de nouveaux matériaux et de leur complexant spécifiques, physico-chimistes, pour la caractérisation de ces matériaux et la description de leurs propriétés de transport, mais aussi spécialistes du génie chimique pour l'optimisation de la mise en œuvre des procédés à l'échelle industrielle. Le savoir faire et l'expérience des différentes équipes partenaires permet ainsi de réaliser cette mixité des différentes disciplines : du point de vue « académique » une équipe de chimistes sera en charge des synthèses de matériaux et de leur fonctionnalisation, la seconde équipe de recherche de ce consortium suivra leur caractérisation ; du côté industriel, un industriel spécialiste des membranes de filtration ainsi qu'un industriel de la décontamination des effluents radioactifs font partie intégrante de ce projet. Les récents développements apportés par nos équipes dans l'étude expérimentale de l'utilisation de supports solides fonctionnalisés

par des groupements d'échangeurs ioniques spécifiques du Cs, nous permettent d'envisager à l'issu de ce projet leur transposition à une échelle industrielle, à l'aide des équipes industrielles partenaires du projet. La généralisation de ce concept à d'autres radioéléments sera un challenge scientifique et technologique à relever si ce projet est accepté.

Partenaires

CEA - ICSM
Institut Charles Gerhardt
ONECTRA
Céramiques Techniques Industrielles

Coordinateur

Agnès GRANDJEAN – CEA - ICSM
Agnes.grandjean@cea.fr

Aide de l'ANR

763 121 €

Début et durée

Janvier 2011 - 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-003

Label pôle

TRIMATEC

Titre du projet**OPTIPRO-INDUX - OPTimisation multi échelle du PROcédé de renforcement par INDUction de pièces de géométrie complexe****Résumé**

L'objectif du projet est de mettre en œuvre une démarche d'analyse, de contrôle et d'optimisation d'un procédé de traitement thermique superficiel par induction suivi d'une trempe. La pièce prise en exemple dans ce projet est le vilebrequin automobile, qui est une des pièces les plus critiques dans les futures motorisations imposées par les normes EURO 6. Cette pièce peut être renforcée dans ces parties les plus sollicitées par galetage ou par induction. Si l'induction est largement utilisée dans les gros moteurs, tels que poids lourds, son utilisation pour l'automobile est beaucoup plus rare, essentiellement pour des raisons de robustesse de process et de coût. En effet, les petits vilebrequins sont plus sensibles à la déformation après trempe induction de part leur géométrie (plus faible massivité). Cette déformation rend délicate l'utilisation de la trempe induction et augmente le coût global de la pièce (lié au downsizing). La démarche d'analyse, d'étude et les résultats de ce projet ne se limiteront pas à la production de vilebrequin mais l'ensemble pourra être appliqué et réutilisé pour l'étude du renforcement par trempe après induction de toutes pièces de géométries complexes et sensibles aux distorsions. On peut citer comme exemple des arbres, pignons, crémaillères, etc.... L'approche scientifique sera basée sur la conjonction d'approches complémentaires pour atteindre les objectifs fixés :

- la compréhension fine du comportement du matériau en situation de chauffage rapide
- la modélisation des couplages multiphysiques entre comportement électromagnétique, thermique, mécanique et transformations de phases métallurgiques
- la résolution numérique et l'optimisation
- la validation expérimentale des solutions optimisées obtenues

La complémentarité du partenariat (laboratoires en modélisation numérique des procédés et sciences des matériaux, industriel automobile, aciériste, expert en ingénierie électrique) permettra de mener à bien ce projet. Les retombées du projet sont de plusieurs ordres :

- Scientifiques : améliorer la connaissance du comportement métallurgique du matériau en chauffage rapide, analyser finement les couplages thermiques-mécaniques-métallurgiques, progresser dans l'optimisation des procédés grâce à une modélisation numérique multiphysique prédictive.
- Optimisation du procédé et du matériau (structure, dureté, contraintes résiduelles, déformation...) à l'aide de la modélisation (aspect prédictif) pour permettre aussi une meilleure prise en compte dans le dimensionnement de la pièce.
- Technologiques : le traitement par induction est un traitement économique facilement implantable sur une nouvelle ligne de fabrication, et pouvant potentiellement donner une très bonne

tenue en service. - Economiques: Permettre la fabrication de petits vilebrequins automobiles à déformation minimale et reproductible. Rappelons que le redressage de vilebrequins traités par induction n'est pas possible, car générant au mieux des contraintes résiduelles défavorables, et au pire de la casse. - Environnementaux: la réduction de la consommation d'énergie lors de la mise en œuvre des procédés contribue aux objectifs de développement durable

Partenaires

ARMINES (CEMEF)
Ascometal CREAS
EDF SA
EFD Induction
Peugeot Citroën Automobiles SA
Institut Jean Lamour – Institut National Polytechnique de Lorraine
Transvalor SA

Coordinateur

François BAY – ARMINES (CEMEF)
Francois.bay@mines-paristech.fr

Aide de l'ANR

1 043 377 €

Début et durée

Janvier 2011 – 48 mois

Référence

ANR-10-RMNP-011

Label pôle

Materialia

Titre du projet**PEPS - Electronique imprimée pour l'emballage sécurisé du futur****Résumé**

La lutte contre la contrefaçon est une priorité Nationale majeure pour le Ministère du Budget, le comité Colbert, mais également Internationale avec le nouveau plan douanier Européen de mars 2009. Les enjeux sont d'importance considérable, liés aux pertes financières des entreprises, aux pertes d'emploi et à la dégradation de l'image de marque des sociétés. En effet, les produits contrefaits, très souvent basés sur des matériaux et procédés de piètre qualité ne sont jamais soumis aux tests légaux de conformité. Indépendamment de la robustesse, ceux ci peuvent gravement mettre en danger les utilisateurs. Les composants utilisés dans les articles contrefaits posent également des problèmes de recyclage, liés à la non prise en compte du cycle de vie des produits lors de la phase de conception. Les dernières statistiques douanières de 2009 montrent que ce phénomène est en pleine expansion. La protection des marques est aujourd'hui prise au sérieux, et doit être intégrée dès le début du cycle de vie du produit, lors de sa phase de conception. Tous les acteurs s'accordent à dire que seule la technologie est en mesure de fournir des outils permettant de détecter les contrefaçons. La solution idéale serait basée sur une technologie difficile à mettre en œuvre pour les contrefacteurs, peu coûteuse et dont le dispositif serait très facilement identifiable par les autorités lors des contrôles, mais également par les particuliers. La démonstration de la faisabilité scientifique d'un tel dispositif est la ligne directrice de notre projet de recherche. Elle est basée sur la réalisation d'un concept en électronique imprimée à travers la juxtaposition de composants directement imprimés sur les emballages des produits. Ce dispositif consiste en un afficheur qui va s'activer grâce à l'énergie apportée par un téléphone portable mis dans l'environnement proche du système. Hormis la zone de l'afficheur, l'ensemble de l'électronique imprimée pourra être caché par une couche masquante réalisée en impression traditionnelle. Chaque brique fonctionnelle, ainsi que leur assemblage, comportent un ensemble de difficultés à résoudre, ce qui constitue une garantie de fiabilité du dispositif de protection envisagé. La solution est donc difficile à reproduire, bas coût et grâce à l'usage du téléphone portable, ne nécessite pas de lecteur particulier, contrairement aux techniques utilisant la RFID ou l'ADN. D'une façon générale, le consortium aura à travailler sur les matériaux et les procédés pour assurer une robustesse suffisante des composants produits par des techniques de dépose rapide des « encres fonctionnelles » sur papier, Jet d'encre et Flexographie, ainsi que de leur connectique au cours du temps. Les matériaux choisis et leur mise en œuvre feront l'objet d'une analyse de cycle de vie, de

façon à minimiser dès la conception du produit l'impact sur l'environnement et s'assurer de sa recyclabilité. Les premières applications visées touchent tous les domaines des produits manufacturés avec l'intégration du dispositif directement sur l'emballage. Bien évidemment ce dispositif ne saurait être limité au secteur de l'emballage mais pourrait également être utilisé pour les papiers fiduciaires, les ordonnances sécurisées... Cependant, l'impact de ce projet est beaucoup plus large que sur les applications citées, puisqu'il va permettre de doter les substrats celluloseux des caractéristiques barrières et d'état de surface nécessaires à l'impression de composants en électronique imprimée. Il permettra de démontrer la faisabilité technique et industrielle de l'électronique imprimée sur papier aux donneurs d'ordre et aux PME de toute la filière papetière. A terme, il devra permettre à l'industrie papetière avale (transformation, imprimeurs) de se doter des outils et du savoir faire pour intégrer dans leurs productions l'électronique imprimée et offrir à leurs clients de nouveaux produits et services.

Partenaires

Centre Technique du Papier
 Institut de Microélectronique Electromagnétisme et
 photonique et de Laboratoire d'hyperfréquences et de
 Caractérisation
 Papeteries Luquet & Duranton
 PYLOTE SAS
 CNRS – Institut de Chimie de la matière et de la chimie
 condensée

Coordinateur

Guy Eymin Petot Tourtollet – Centre Technique du Papier
dgept@webctp.com

Aide de l'ANR

1 053 911 €

**Début
et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

Référence

ANR-10-RMNP-002

Label pôle

SCS

Titre du projet

PLATFORM - Maîtrise de la PLANéité des Tôles métalliques FORMées par laMinage

Résumé

Livrer des tôles de caractéristiques mécaniques croissantes et au meilleur coût est l'un des enjeux majeurs de l'industrie métallurgique. D'où, pour le lamineur, des difficultés accrues de réaliser les tôles géométriquement parfaites qu'exige l'emboutisseur et in fine maîtriser les défauts de planéité par flambage. Pour aider à l'industrialisation de nouveaux formats de bandes et de nouvelles nuances tant d'aluminium que d'acier de très hautes performances, nous proposons de développer des méthodes innovantes de mesure et des modèles prédictifs de la planéité de bandes métalliques laminées. Le projet comporte deux volets en interaction :

- 1) une amélioration des dispositifs de mesure :
 - i) de la planéité latente grâce à des fibres optiques noyées en sub-surface d'un rouleau de mesure, pour une meilleure résolution spatiale ainsi qu'une compensation intrinsèque des effets thermiques, et
 - ii) de la planéité manifeste via une appréhension globale en ligne, par laser, des contraintes et de la géométrie.
- 2) la construction de modèles prédictifs. Deux voies de modélisation seront empruntées :
 - i) l'une « intégrée », où le flambage est transcrit par une modification de la loi de comportement dans un logiciel de type éléments finis 3D de laminage ;
 - ii) l'autre « hybride » couplant par la méthode Arlequin ce logiciel de laminage avec un modèle de coques.

Les résultats numériques seront confrontés aux résultats expérimentaux, permettant une validation fine et inaccessible à ce jour, notamment en rives où de forts gradients de contraintes résiduelles sont observés. Le projet conjugue les savoir-faire complémentaires de sept partenaires expérimentés. Les principaux points novateurs sont :

- 1) au plan expérimental, la mise en œuvre d'une mesure de planéité latente en ligne par fibres optiques à réseaux de Bragg, offrant une bien meilleure résolution que l'existant, et la mise en œuvre de dispositifs expérimentaux pour étudier le lien entre flambage et contraintes résiduelles,
- 2) des méthodes numériques avancées pour analyser de manière couplée la mécanique de l'emprise et celle des instabilités de flambage hors emprise.

Ces recherches sont stratégiques pour les industriels français du secteur du laminage avec une attente de retombées économiques importantes à court terme. Il s'agit là de garantir la compétitivité des usines de production en maintenant un niveau d'excellence sur les outils de régulation de la planéité des tôles minces, pour leur fournir des relais de croissance. Ces recherches aideront à garantir l'industrialisation d'alliages plus durs, plus larges et plus fins afin de répondre aux demandes actuelles et futures du marché, donc à la ré-industrialisation de notre pays.

Partenaires	CNRS Laboratoire de Physique et Mécanique des Matériaux CEA LIST ARCELORMITTAL MAIZIERES RESEARCH SA ALCAN Centre de recherche de Voreppe Laboratoire de Mécanique des Sols Structures et Matériaux Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale Armines (CEMEF)
Coordinateur	Hamid ZAHROUNI - LPMM zahrouni@univ-metz.fr
Aide de l'ANR	996 386 €
Début et durée	Janvier 2011 - 48 mois
Référence	ANR-10-RMNP-019
Label pôle	Materialia

Titre du projet	PREVISIA ApPРоche multiphysique du Vieillissement sous contrainte des aciers inoxydables martenSitiques et de ses conséquences sur la propagation des fIssures en fAtigue
Résumé	<p>Ce projet doit permettre de réaliser des innovations en matière de prévision du comportement mécanique des pièces de mât réacteur en acier inoxydable martensitique à durcissement structural. Il veut en effet démontrer qu'une modélisation multi-échelle permettra d'optimiser le dimensionnement en statique et en tolérance aux dommages des pièces structurales en acier 15-5PH traitées au niveau 1200MPa en tenant compte de leurs conditions de fonctionnement très sévères. Il s'inscrit dans une démarche plus générale concernant les pièces de mât-réacteur fabriquées à partir des matériaux à haute résistance tels que les alliages de titane ou aciers et répondant à des cas de chargement élevé et d'exposition longue en température (température de service comprise entre 120°C et 325°C), pour lesquels les bureaux d'études veulent adapter les outils de prévision développés sur d'autres matériaux métalliques et pour des conditions moins sévères. Les verrous scientifiques et techniques concernent le vieillissement du 15-5PH sous contrainte entre 275°C et 325°C pour les longues durées d'utilisation envisagées et les effets de spectre de charges sur la propagation de fissure par fatigue en relation avec le vieillissement du matériau et l'oxydation des faciès de fissuration car ils empêchent l'utilisation de cet acier pour ces nouvelles applications. Le projet propose de compléter nos connaissances métallurgiques et mécaniques sur le matériau utilisé dans ces conditions sévères de chargement en température. La démarche consistera à étudier tout d'abord les mécanismes de vieillissement et à les modéliser afin de prédire l'évolution en service des propriétés statiques et de fatigue de l'acier. Il s'agira ensuite d'étudier les mécanismes de fissuration en relation avec le vieillissement et les phénomènes d'oxydation pour élargir l'application des modèles retenus. Enfin, les résultats des outils mis en place dans PREVISIA seront confrontés aux résultats d'un essai représentatif de sollicitation en fatigue en température d'un élément de structure d'aéronef civil. L'organisation envisagée pour mener à bien cette démarche est de mettre en place successivement les étapes de compréhension depuis l'échelle nanométrique, en passant par les échelles microscopique et macroscopique jusqu'aux essais sous spectres sur élément représentatif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Echelle nanométrique de la microstructure pour caractériser le vieillissement à partir d'observation des mécanismes métallurgiques. - Echelle microscopique pour caractériser et modéliser l'évolution des lois de comportement en fonction de la température et du vieillissement et pour décrire les mécanismes

de fissuration. - Echelle millimétrique pour caractériser les effets de spectre en fissuration en relation avec les lois de comportement, les effets d'oxydation de faciès et les mécanismes de fissuration. - Echelle de la pièce pour validation des outils prévisionnels. Les partenaires sont : - Partenaires académiques : SIMAP, CIRIMAT, INSTITUT P', LMT Cachan. - Partenaires industriels : Aubert & Duval, Airbus, EADS IW. Les tâches définies sont : - Tâche 1 : Définition du domaine d'étude à partir des cas de chargement réel, dirigée par Airbus. - Tâche 2 : Etude et modélisation des microstructures en vieillissement sous charge. Il s'agit de la thèse 1 dirigée par SIMAP avec le partenaire industriel Aubert & Duval. - Tâche 3 : Etude et modélisation des lois de comportement statique et en fatigue après vieillissement sous charge. Il s'agit de la thèse 2 dirigée par CIRIMAT avec le partenaire industriel EADS IW. - Tâche 4 : Caractérisation et modélisation de la propagation sous spectre sur matériaux vieillis. Il s'agit de la thèse 3 dirigée par INSTITUT P' et LMT Cachan avec les partenaires industriels EADS IW et Airbus. - Tâche 5 : Essai de validation sur pièce industrielle. Tâche menée par Airbus. - Tâche 6 : Coordination du projet par EADS IW.

Partenaires

EADS F IW
AIRBUS Opérations SAS
ENSMA – Institut PPRIME
Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux
Aubert & Duval
Institut polytechnique de Grenoble
ENS Cachan – Laboratoire de mécanique et de technologie

Coordinateur

Yannick Girard – EADS F IW
Yannick.girard@eads.net

Aide de l'ANR

1 031 901 €

Début et durée

Janvier 2011 - 42 mois

Référence

ANR-10-RMNP-017

Label pôle

ASTECH Aerospace Valley VIAMECA

Titre du projet**PRINCIPIA - PRocédés INdustriels de Coulée Innovants Pour l'Industrie Aéronautique****Résumé**

Le projet PRINCIPIA vise à apporter une contribution majeure à la définition de procédés innovants d'élaboration et de coulée de plaques destinées à la production de demi-produits corroyés épais (principalement laminés) en alliages d'aluminium à hautes performances (familles 7XXX et 2XXX, notamment nouveaux alliages AlCuLi) pour structures d'avions civils des futures générations - par la compréhension des facteurs influençant la minimisation des porosités et inclusions dans les produits de coulée semi-continue pour le laminage et la forge - par la modélisation multi-physique et multi-échelle des procédés de fusion et solidification concernés et son intégration en un logiciel métier industriel - par expérimentation exploratoire en laboratoire et sur pilote industriels des pistes d'amélioration et d'innovation issues de ces études. La production de solutions aluminium à haute qualité de fabrication (propreté inclusionnaire, faibles teneurs en porosités, homogénéité de structure métallurgique) et performances accrues (allègement, durabilité) pour les pièces épaisses est un objectif majeur pour Alcan Engineered Products et ses clients avionneurs. Dans le cas des laminés très épais, les porosités éventuellement présentes après solidification peuvent ne pas être rebouchées entièrement. Pour les nouveaux alliages de la famille AlCuLi à propriétés spécifiques améliorées (par ex . 2050), les défis techniques associés à la coulée de plaques destinées au laminage de tôles épaisses sont sévères : la forte sensibilité à l'oxydation entraîne un risque inclusionnaire accru et la tendance au gazage en hydrogène du métal liquide, conduisant à la formation de porosités après solidification, est augmentée de près d'un ordre de grandeur par rapport aux alliages exempts de Li. Le projet associe 2 industriels et 5 équipes de recherche publique, selon 4 tâches techniques (en plus du management et d'évaluation industrielle du projet):

- amélioration de la propreté inclusionnaire :
 - o modélisation hydrodynamique et étude de la capture des inclusions pour une conduite optimale du four de fusion
 - minimisation des porosités :
 - o compréhension du rôle des matériaux réfractaires dans les échanges hydriques avec l'aluminium liquide et définition de nouvelles solutions réfractaires multi-fonctionnelles
 - o compréhension du lien entre la structure de coulée verticale (macroségrégation et morphologie des grains) et la taille des porosités, et de l'influence des paramètres de procédé sur cette structure par modélisation multi-échelle et multi-physique et essais.
 - o exploration de voies innovantes de réduction de la teneur en hydrogène du métal liquide.

Ce projet a un impact économique important par le renforcement de la position concurrentielle mondiale d'Alcan Engineered Products (Groupe

d'affaires Global Aéronautique, Transport et Industrie, leader européen et N° 2 mondial de la production de demi-produits aluminium pour l'aéronautique) et sur l'activité à long terme à l'usine d'Issoire, avec l'appui d'Alcan CRV. Il assurera un relais aux développements industriels en cours au service de l'industrie aéronautique, avec la perspective d'une nouvelle génération de procédé. Le projet apportera à Saint Gobain CREE, au-delà de la réponse aux besoins industriels en matériaux réfractaires pour ces applications, une connaissance additionnelle dans le domaine de la fonctionnalisation des réfractaires de spécialité, facteur de différenciation sur le marché de la métallurgie.

Partenaires

Alcan Centre de Recherche de Voreppe
Saint Gobain Centre de Recherche et d'Etudes Européen
Institut Jean Lamour
ICMPE – Laboratoire Chimie Métallurgique des Terres Rares
ECP – Ecole centrale des Arts et Manufactures de Paris

Coordinateur

Pierre Le Brun – Alcan Centre de Recherche de Voreppe
Pierre.lebrun@alcan.com

Aide de l'ANR

1 155 192 €

Début et durée

Janvier 2011 - 48 mois

Référence

ANR-10-RMNP-007

Label pôle

VIAMECA Materialia

Titre du projet**PROFEM - Influence du procédé de fabrication sur les propriétés à la fatigue des matériaux élastomères****Résumé**

L'usage des matériaux élastomères s'est imposé dans tous les secteurs industriels pour de nombreuses utilisations. Si le dimensionnement des fonctions statiques et dynamiques est aujourd'hui bien maîtrisé, l'expérience industrielle montre que les deux modes de ruine majeurs sont liés à la fatigue et au vieillissement. Depuis une douzaine d'année, des coopérations entre industriels et universitaires ont permis de développer de nombreux critères phénoménologiques de dimensionnement à la fatigue des structures élastomères. Cependant, la nécessité d'étendre les durées de tenue en service, et ce pour des conditions toujours plus sévères amène à résoudre un verrou scientifique et technique fort: le couplage entre le procédé de fabrication et les propriétés à la fatigue. Ces deux paramètres sont très fortement couplés pour les matériaux élastomères. Cela vient de leur nature hétérogène (avec une importance cruciale de la formulation, pour des matrices et des renforts très divers) ainsi que de l'influence extrêmement forte du procédé de fabrication (mélangeage puis injection) sur la microstructure finale de la pièce. Il est donc vital de parvenir à décrire les liens entre le procédé et la microstructure d'une part, et entre la microstructure et la tenue à la fatigue d'autre part. Pour comprendre ces couplages, il est nécessaire de répondre à trois problématiques, correspondant aux trois échelles principales impliquées: 1.Quels sont les mécanismes élémentaires d'endommagement et de dissipation? 2.Quel est le scénario d'endommagement en fatigue à matrice et distributions d'inclusions (taille et localisation) fixées, et comment s'en servir pour accélérer la caractérisation des propriétés en fatigue? 3.Quels sont les incidences du procédé d'injection sur la microstructure des pièces injectées et peut-on étendre les réponses aux questions précédentes à la compréhension des mécanismes pour une microstructure hétérogène? Répondre à ces questions constitue le challenge du projet PROFEM, qui pourra se baser sur la complémentarité indispensable des compétences des partenaires industriels et académiques ainsi que sur différents outils développés au cours d'études préliminaires très récentes: - couplage via un modèle énergétique, de mesures microstructurales obtenues par tomographie aux rayons X et de mesures thermiques, de manière à caractériser rapidement les propriétés à la fatigue; - modélisation micromécanique basée sur une structure élémentaire complexe, tenant compte de la gomme liée ou non, des agglomérats de noirs de carbone et du réseau percolant. Ces caractéristiques permettront l'extension du modèle à la prise en compte de l'endommagement et de la dissipation à

l'échelle des inclusions. Les retombées scientifiques et techniques sont très nombreuses et permettront de répondre à des problématiques non résolues concernant la fatigue des élastomères. Il est ainsi visé de: 1.comprendre et modéliser les mécanismes d'initiation et de croissance des défauts de fatigue (en couplant des observations à différentes échelles au modèle micromécanique); 2.valider un protocole de caractérisation rapide des propriétés en fatigue (y compris la dispersion), pour divers types de matrices et de charges. 3. comprendre l'influence de sparamètres de mélangeage et d'injection sur la tenue en fatigue, pour les zones saines comme pour les zones sensibles (plan de joint, seuil). Ces résultats permettront aux caoutchoutiers de réduire le poids et le temps de développement des pièces et les aideront à respecter les normes environnementales. L'originalité du projet PROFEM réside aussi dans deux aspects spécifiques: -l'usage de la modelisation mécanique pour associer des techniques de caractérisation (tomographie X et mesures thermiques) de manière à dépasser leur limitations; -le dialogue riche entre des approches phénoménologique (basée sur un critère énergétique) et micromécanique illustrant leur complémentarité.

Partenaires

ENS d'Ingénieurs des Etudes et Techniques de l'Armement
Techniques de l'Armement
TRELLEBORG MODYN
Ecole Centrale de Nantes
UBS-LIMATB
Laboratoire de Recherches et de Contrôle du Caoutchouc et des Plastiques

Coordinateur

Yann Marco - ENSIETA
Yann.marco@ensieta.fr

Aide de l'ANR

575 885 €

Début et durée

Janvier 2011 - 48 mois

Référence

ANR-10-RMNP-010

Label pôle

iDforCAR - ELASTOPOLE

Résumé

Le projet provient de l'intérêt grandissant pour les matériaux composites thermoplastiques et notamment à hautes performances dans le domaine aéronautique. Il constitue une anticipation des besoins industriels de ce type de composite dans les années à venir par rapport aux composites à matrice thermodurcissable. Il a également un potentiel économique fort dans les secteurs produisant des pièces de grande diffusion pour peu que le coût de fabrication soit raisonnable et que la cadence soit élevée. Ce projet vise à réaliser une pièce composite thermoplastique à fibres continues en une seule étape de fabrication (procédé de type RTM) où matrice polymère et pièce composite sont conçues dans le même moule autonome. Il s'agit d'une alternative aux composites à matrice TD avec un intérêt écologique indéniable et important en terme d'assemblage (soudage) et de recyclage. On vise ainsi au développement d'un nouveau procédé contrôlé par la thermo-mécanique afin de maîtriser les temps de cycles (variables d'une application à une autre : de quelques minutes à une heure). Plusieurs travaux amont originaux sont à mener. L'optimisation du cycle de mise en forme demande en effet une connaissance fine des phénomènes physiques et chimiques aussi bien dans la phase de remplissage du moule que dans la phase de consolidation afin de les modéliser correctement. Elle suppose également le développement de méthodes et moyens de caractérisation physiques et chimiques des résines, renforts, à tous les stades du développement de la polymérisation in situ. La phase de remplissage est particulièrement délicate. Numériquement, nous proposons de décrire localement et avec un schéma numérique adapté, la rhéologie de la matière couplée aux transferts de chaleur et de masse ainsi que de sa transformation. Les temps de calcul doivent rester raisonnables et le code développé doit finalement décrire le comportement macroscopique de la matrice. Il devra également inclure le contrôle thermique de la phase de consolidation durant laquelle se produit la cristallisation de la matrice, le retrait dimensionnel qu'elle engendre et donc les propriétés de la pièce. D'un point de vue thermique, le challenge est de pouvoir caractériser les transferts de chaleur expérimentalement pour les utiliser comme outil de suivi de la saturation du renfort pendant l'écoulement, avec la prise en compte des phénomènes de dispersion thermique. Cette caractérisation passe par la détermination du tenseur de conductivité thermique. Le suivi de la saturation via le tenseur de conductivité thermique est original et pourrait déboucher sur des avancées importantes dans le domaine de la modélisation de la perméabilité des renforts. Sur le plan des matériaux, nous avons l'ambition de développer un nouvel oligomère dont la polymérisation in situ aboutira à la synthèse de macromolécules de polymère thermostable de type PEKK. Ceci

représente un défi sur le plan de la chimie compte tenu de la complexité des conditions de synthèse habituelles pour ces polymères très haute performance (dans le cas du PEKK, chimie de type Friedel/Kraft, clairement non envisageable pour le procédé RTM).

Partenaires

Laboratoire de thermocinétique de Nantes
Laboratoire de génie civil et Mécanique
Ingénierie des Matériaux Polymères
UMS CNRT Matériaux / LOMC
EADS IW/CT/MP
Pôle de plasturgie de l'Est
ARKEMA France
Polymères Biopolymères Surfaces

Coordinateur

Didier Delaunay – Laboratoire de thermocinétique de Nantes
Didier.delaunay@univ-nantes.fr

Aide de l'ANR

883 376 €

Début et durée

Janvier 2011 - 36mois

Référence

ANR-10-RMNP-009

Label pôle

EMC2

Titre du projet**VIRMIL** Nanoparticules de MOFs pour le traitement des infections par le VIH et infections bactériennes associées**Résumé**

Des nanoparticules biodégradables de solides hybrides poreux (MOFs) avec une taille de pore adéquate, une composition non toxique (Fe, Ca, Mg et acide carboxyliques), des topologies différentes (tunnels, cages), à charpente rigide ou flexible, seront élaborées. Nous réaliserons en priorité les nanoparticules de MOFs déjà répertoriés et dans un second temps étudierons la possibilité de réaliser d'autres nanoparticules de MOFs décrits uniquement à l'échelle micrométrique à ce jour. La synthèse de nanoparticules de MOFs obtenus à partir de ligand bioactifs sera évaluée avec plusieurs molécules d'intérêt. La dégradabilité de ces nanoéponges sera étudiée en conditions physiologiques simulées en parallèle avec une étude de la stabilité des suspensions de nanoparticules. Dans une seconde étape, une étude préliminaire de l'encapsulation et la libération de plusieurs principes actifs d'intérêt pour le traitement du SIDA tels que les molécules anti-rétrovirales (AZT-TP, Efavirenz (EFV) and delavirdine (DLV) ou une combinaison d'entre elles pour reconstituer la trithérapie) ou celles adaptées au phénomène de résistance aux traitements anti-bactériens (antituberculeux : ciprofloxacine, isoniazid...) seront testés. Des méthodes de modélisation moléculaire (QSAR pour Quantitative Structure Analysis Relationship) seront utilisées pour prédire le meilleur solide poreux pour encapsuler la molécule active d'intérêt. A partir de ces résultats préliminaires (encapsulation, stabilité...), une sélection de 2 ou 3 MOFs sera synthétisée sous forme de nanoparticules fonctionnalisées en surface avec différentes molécules (PEG, Ig-G...). Les interactions entre ces molécules et les nanoéponges et les mécanismes de libération seront analysés par calorimétrie et modélisation moléculaire. Une méthodologie de préparation de formulation et de conservation des nanoéponges sera établie pour les systèmes les plus prometteurs. Finalement, la synthèse de nanoéponges « marquées » (fluorescence ou radioactivité) aidera à l'analyse du passage des barrières physiologiques par les nanoparticules. Nous étudierons également la cinétique et mécanisme d'internalisation cellulaire des nanoparticules. Le mécanisme de la libération des principes antimicrobiens e.g AZT-TP à partir des nanoéponges ainsi que la toxicité in vivo et la biodistribution des nanoparticules chargées en principe actif constitueront la dernière étape de ce projet.

Partenaires	Institut Lavoisier de Versailles CNRS Physico-Chimie Pharmacotechnie Biopharmacie BERTIN Pharma Institut Charles Gerhardt Montpellier
Coordinateur	Christian Serre – Institut Lavoisier de Versailles serre@chimie.uvsq.fr
Aide de l'ANR	825 489 €
Début et durée	Janvier 2011 - 48 mois
Référence	ANR-10-RMNP-004
Label pôle	Medicen