

Présentation des projets financés au titre de l'édition 2009 du
 Programme « Matériaux fonctionnels et Procédés innovants

ACRONYME et titre du projet	Page
ADRERA : Aciers a densite reduite et a rigidite augmentee	3
ASPAMEX : Aimant supraconducteur a parois minces sur profil extrude	5
CARENCO : Canalisation composite utilisant une gaine multicouche en polymere bio-ressource et un renfort composite thermoplastique par pultrusion reactive ..	7
COMETTI : Comportement mecanique et tribologique des composites a matrice titane	8
DEFIZNO : Developpement d'une filiere de substrats zno pour l'eclairage a l'etat solide	11
DENDRIMAT : Materiaux hybrides polypropylene / dgl : detection ultra sensible des contaminations bacteriennes et leur maitrise par filtration.....	13
ECOLUB : Economies d'energie dans les moteurs diesel : approche holistique couplant revetements dlc / diamant et nouveau lubrifiant	15
FREQUENCE 2009 : Modelisation des resonateurs a quartz et procedes innovants pour les miniaturiser	17
HYPERTUBE : Nanostructuration de tubes en acier par hyperdeformation	19

ICIP : Polymerisation induite par rayonnement : un nouveau procede pour les isolants electriques a haute performance du genie electrique.....	21
IMPULSE : Developpement d'un procede innovant d'elaboration de multimateriaux par courant pulse	23
MACOPHENE : Nouvelle generation de materiaux polymeres conducteurs a base de graphene.....	25
NANOTALC : Developpement de talc synthetique nanometrique pour applications.....	28
NUMTISS : Modelisation numerique du procede de tissage des renforts fibreux pour materiaux composites	31
PREMHYS : Procede reactif type extrusion pour membranes hybrides – application pile a combustible	32
PROFOR : Nouveau procede d'elaboration d'outils a gradient de proprietes pour le forage de roches abrasives en conditions severes.....	34
SIMENDO : Simulation numerique des limites d'utilisation des materiaux en pliage par caracterisation et modelisation micromecanique de l'endommagement	36
SINCRONE : Silicium nanostructure et croissance organisee de nanofils pour l'eclairage	38
SISHYFE : Developpement d'un outil numerique predictif : application au cas de la simulation du soudage hybride sur epaisseurs moyenne a forte.....	40
SPLIT : Sputtering applique aux accumulateurs au lithium	42
STRESSBAT : Optimisation d'architectures de microbatteries par simulation thermomecanique	45
ULTRA : Usinage par laser des systemes de refroidissement en aeronautique .	47

Programme « Matériaux Fonctionnels et Procédés Innovants »

Titre du projet	ADRERA : Aciers à densité réduite et à Rigidité augmentée
Résumé	<p>Ce projet vise l'acquisition des connaissances fondamentales indispensables pour permettre le développement d'une nouvelle génération d'acier : des composites Fe/TiB₂. Cette génération d'acier se distingue clairement des aciers à très haute limite d'élasticité par une rigidité spécifique supérieure d'au moins 20%. Ceci conduit à un allègement significatif des structures dimensionnées en rigidité particulièrement intéressants dans un contexte d'augmentation du coût de l'énergie et de réduction d'émissions de CO₂. L'introduction de ces aciers composites dans le secteur automobile (transport en général) pour des pièces dimensionnées en rigidité (par ex berceau moteur, bras de suspension) conduit à des allègements significatifs compris entre 15% et 30%. Ces aciers composites sont élaborés par coulée continue, donc avec les outils industriels existants. A partir d'une coulée 6 tonnes élaborée en 2006, les études entreprises ont permis de lever un certain nombre de verrous liés aux procédés (élaboration, laminage à chaud...) ou liés aux propriétés d'usage (soudabilité, température de transition ductile-fragile...). Il s'agit maintenant de poursuivre cette recherche pour conduire au développement d'un premier produit industriel optimisé. Ce projet est articulé en deux thèmes avec un axe transverse fort. Le premier thème concerne la genèse des microstructures lors du procédé d'élaboration de l'acier, en incluant toutes les étapes allant de l'aciérie au recuit et revêtement final. Pour la genèse des microstructures, des études thermodynamiques des diagrammes Fe-Ti-B-X, où X représente les principaux constituants utilisés dans la métallurgie des aciers permettront l'optimisation des paramètres du procédé d'élaboration industriel, le contrôle des transformations de phases au cours des opérations de laminage à chaud et recuit. Le rôle d'éléments d'addition sur l'affinement des particules de TiB₂ au cours de la solidification sera également étudié. Un aspect important concerne les évolutions microstructurales à l'état solide, avec la compréhension de l'influence des particules sur la</p>

recristallisation et les transformations de phases. Le deuxième thème vise la compréhension des liens entre microstructure et propriétés mécaniques (lois de comportement, écrouissage, endommagement, mise en forme). La modélisation, à base microstructurale, de la loi de comportement est une étape indispensable pour la commercialisation d'un produit. Cette modélisation se basera en partie sur l'étude du comportement mécanique en chargement complexe.

En parallèle, l'endommagement, par décohésion interfaciale et/ou fissuration des particules sera étudié par tomographie-X à haute résolution à l'ESRF. L'étude cristallographique et structurale des particules de borure, des interfaces fer/borure et de la chimie des interfaces constitue un axe transverse fort, qui interagit aussi bien avec la genèse des microstructures qu'avec les relations microstructures /propriétés mécaniques. La cohésion des interfaces, gouvernées par leur structure et leur chimie, joue un rôle fondamental dans les propriétés du composite. Cet aspect sera abordé par les techniques de pointes en microscopie électronique à transmission: la très haute résolution et la spectroscopie de pertes d'énergie d'électrons. L'ensemble de ces études conduira à une compréhension fine et complète de la métallurgie de cette nouvelle génération d'acier et permettra l'optimisation des compositions, des microstructures et des propriétés.

Partenaires

CNRS UMR 5510 MATEIS
Arcelor Mittal
CNRS UMR 5266 SIMAP
CNRS UMR 8182 ICMMO
CNRS UPR 9001 LPMTM
CNAM M-PAM
CNRS UMR 7182
CNRS UMR 8502

Coordinateur

Eric Maire – CNRS UMR 5510 MATEIS
Eric.Maire@insa-lyon.fr

Aide de l'ANR

1 195 073 €

Début et durée

Janvier 2010 - 48 mois

Référence

ANR-09-MAPR-001

Label pôle

Axelera – Lyon Urban Truck & Bus

ASPAMEX : Aimant Supraconducteur à Parois Minces sur profil EXtrudé

Résumé

Ce projet vise au développement d'un matériau supraconducteur massif pour des applications électrotechniques à 77K ou plus basses températures. Nous visons plus particulièrement l'utilisation des massifs supraconducteurs de type YBaCuO comme source compacte, voire portable, de champ magnétique intense ($>2T$), pour la RMN par exemple. En effet, lorsque ces massifs sont refroidis en présence d'un champ magnétique, ils le piègent et en gardent une « image ». Tant qu'ils sont maintenus à basse température ($\leq 77K$), ils se comportent comme un aimant permanent. Des pastilles de quelques cm de diamètre peuvent ainsi fournir une dizaine de Tesla à 40K. L'utilisation de massifs supraconducteurs permet d'ouvrir le segment de marché des sources compactes de champ magnétique intense ($>2T$) à un prix moindre que les aimants supraconducteurs conventionnels. De nombreuses applications peuvent tirer profit de ces matériaux comme sources portables de champ magnétique intense. Des développements importants sont en cours au Japon. Les applications industrielles visées sont des dispositifs d'aimantation, de contrôle de réaction chimique, d'alignement magnétique, d'analyse magnétique (RMN portable), de séparation magnétique, des moteurs, des générateurs, des dispositifs de focalisation de faisceaux ioniques dans l'élaboration de couches minces. Du point de vue matériau et procédé, ce matériau présente de nombreux défis. Il doit avoir de très bonnes propriétés de piégeage et, lors de son aimantation, il est soumis à des contraintes mécaniques et thermiques importantes. Pour répondre aux exigences de cette application, nous avons l'ambition de développer un matériau sur mesure basé sur le concept original de monodomains YBaCuO massifs à parois minces. Cela consiste à faire croître un cristal sur une préforme présentant un réseau de trous, de telle sorte que la dimension des parois soit en deçà de 2-3 mm. Les avantages sont nombreux : • Le matériau se manipule comme une seule pièce et bénéficie pour sa fabrication et sa mise en oeuvre de chemins de diffusion significativement réduits. • La croissance cristalline est facilitée par une meilleure homogénéité thermique et un meilleur échange de gaz. • Les parois minces combinées avec une oxygénation sous haute pression permettent d'augmenter significativement les propriétés fonctionnelles du matériau, et ce avec un formidable gain de temps, avec la même stratégie applicable directement à tout diamètre

d'échantillon. • Enfin, cette géométrie permet de renforcer les propriétés mécaniques et la stabilisation thermique du matériau, ainsi que sa résistance environnementale, par le remplissage des trous avec un alliage métallique ou une résine Epoxy chargée. La complexité de la préforme est un verrou pour le développement du concept. Les préformes ne sont pas évidentes à réaliser. Les solutions usinage et moulage sont dédiées au test en laboratoire et à la petite série. Ce sont des solutions coûteuses qui ont leur limite. De telles formes sont cependant produites industriellement par extrusion comme les filtres des pots catalytiques, dont CTI SA est un des spécialistes. Le premier but de ce projet est d'appliquer cette technique sur notre matière première. Nous espérons par ailleurs pouvoir réaliser des formes plus efficaces impossibles à réaliser par ailleurs en usinage ou moulage, notamment en termes de réduction du diamètre des trous. Nous sommes convaincus qu'à l'issue du projet, nous aurons un matériau performant adapté à l'application que nous visons. Ce matériau surpassera les propriétés des massifs standards existant sur le marché tout en diminuant les temps, donc les coûts, de fabrication.

Partenaires

CNRS UPS 2070 CRETA
CNRS UMR 6508 CRISMAT
Céramique Techniques Industrielles

Coordinateur

Xavier Chaud – CNRS UPS 2070 CRETA
xavier.chaud@grenoble.cnrs.fr

Aide de l'ANR

500 359 €

Début et durée

Janvier 2010 -36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-002

Label pôle

Titre du projet**CARENCO : Canalisation composite utilisant une gaine multicouche en polymère bio-ressourcé et un renfort composite thermoplastique par pultrusion réactive****Résumé**

Ce projet concerne la mise au point de tubes thermoplastiques renforcés par un composite thermoplastique à très haut taux de renfort, destiné à des applications de transport de gaz (canalisations de transport d'hydrogène) et de fluides à haute température et à haute pression apportant une réduction de poids (flexibles offshore). Cette recherche comporte une première étape de mise au point du procédé d'obtention de composites thermoplastiques par pultrusion réactive. Une seconde étape consiste à déterminer expérimentalement et par modélisation la cinétique d'endommagement mécanique sous sollicitation cyclique du tube thermoplastique ou gaine d'étanchéité. Un nouveau test de laboratoire sera développé, permettant de prédire de façon plus précise la résistance à la fissuration rapide de tubes en polymères thermoplastiques, par rapport aux tests ISO actuels. Une troisième étape aborde la détermination de la tenue long terme du tube renforcé par le composite.

Partenaires

Armines
CQFD Composites
Arkema France
CNRS FRE Université de Strasbourg

Coordinateur

Lucien Laiarinandrasana – Armines
lucien.laiarinandrasana@mines-paristech.fr

Aide de l'ANR

995 990 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-020

Label pôle

Titre du projet

COMETTI : Comportement Mécanique et Tribologique des composites à matrice Titane

Résumé

Les matériaux composites à Matrice Métallique (CMM) à matrice d'aluminium sont désormais assez largement répandus dans l'industrie mécanique et en particulier dans le secteur aéronautique pour des pièces soumises à des chargements et des températures modérées. Ces composants CMM réalisés par métallurgie des poudres, présentent des propriétés très attrayantes, du fait de l'addition de particules céramiques fines (généralement SiCp < 5 µm) : module d'Young très élevé, très bon comportement en fatigue et fretting-fatigue, très bonne résistance à l'usure. L'enjeu est désormais d'étendre ce procédé pour des structures plus fortement chargées et/ou soumises à des hautes températures avec l'objectif d'une réduction de poids (économies d'énergie). Autrement dit, de remplacer des pièces en acier par ces nouveaux matériaux plus légers. Pour cela la solution consiste à développer des CMM à matrice de titane. Les alliages de titane présentent l'avantage d'être beaucoup plus légers que les aciers et surtout beaucoup plus résistants vis-à-vis de la corrosion. En revanche, ils présentent des modules plus faibles et donc induisent des déformations plus grandes ce qui peut induire des problèmes de dimensionnement. Différentes recherches sont déjà en cours pour résoudre ce problème en introduisant des particules de renforts (carbures, borures) qui augmentent les propriétés volumiques de ces alliages (module élastique), tout en gardant une ductilité suffisante. Un second problème, tout aussi important, est que les alliages de titane, contrairement aux aciers, présentent de très mauvaises propriétés tribologiques et en particulier une très mauvaise réponse vis-à-vis du fretting-fatigue (solllicitations couplées de fatigue et de contact associées à des micro déplacements alternés). Cela se traduit par une réduction catastrophique de l'endurance en fatigue. L'objectif de COMETTI est de résoudre ce problème en optimisant la composition des alliages et en effectuant des traitements de surface appropriés. Cette optimisation portera sur trois axes : - Augmentation du module de façon à diminuer les déformations et donc les mouvements relatifs dans les assemblages, - Amélioration du seuil d'initiation des fissures par fretting grâce aux particules

dures contenues dans le matériau et aux traitements de surface qui doivent améliorer le comportement au frottement, - Diminution de la vitesse de propagation des fissures (effet arrêt de propagation lié à la présence des particules). La voie la plus prometteuse pour obtenir un CMM optimisé est celle de la métallurgie des poudres, par mélange et/ou broyage de poudres de titane et de renforts, elle laisse une grande flexibilité pour optimiser la taille et le taux de renfort, et donc jouer sur les propriétés mécanique, tribologique, usinabilité. Différentes natures de renforts et de matrices seront étudiées et les relations conditions d'élaboration/microstructure/propriétés mécaniques seront analysées. Le principale challenge sera de réaliser ce développement matériau à l'échelle industrielle. Pour renforcer leur résistance à l'usure, des traitements de surface compatibles avec les CMM seront développés (OAS, nitruration et dépôt HVOF). Le comportement en fatigue-fretting sera caractérisé au travers d'essais de fatigue, de fretting simple et de fretting-fatigue sur éprouvettes élémentaires et technologiques. De façon à rationaliser l'analyse « fretting-fatigue », on introduira le concept de carte de Fretting-Fatigue. Par ailleurs, un aspect modélisation multi-échelle du CMM est prévu afin d'adapter les modèles de fretting-fatigue à un matériau hétérogène. Ce projet se positionne principalement dans l'axe 1 «Fonctionnalité et Matériau associé » (introduction d'une nouvelle fonctionnalité : le comportement tribologique , sans modifier les bonnes propriétés volumiques du matériau de base), mais également dans l'axe 2 « Multi-matériaux et matériaux composites », (composite à matrice titane et renforts céramiques) et enfin dans l'axe 3 «Nanomatériaux ,matériaux hybrides organiques /inorganiques » par les techniques d'élaboration mises en oeuvre (broyage de type mécanosynthèse , SPS). COMETTI permettra – de proposer une solution alternative aux aciers permettant un concept de rotor plus compact réduisant sa trainée aérodynamique et donc la consommation d'énergie mais aussi une diminution importante des coûts de maintenance. Ces différents aspects seront des avantages concurrentiels importants pour MECACHROME et EUROCOPTER. Au niveau scientifique, COMETTI permettra de développer une compétence nationale sur les mécanismes d'endommagement et modèles associés, en fatigue-fretting de matériaux hétérogènes.

Partenaires

EADS
Université Claude Bernard Lyon 1
Armines
Ecole Centrale de Lyon
Eurocopter
CBP
Mecachrome

Coordinateur Sophie Gourdet - EADS
sophie.gourdet@eads.net

Aide de l'ANR 923 950€

Début et durée Janvier 2010 -48 mois

Référence ANR-09-MAPR-021

Label pôle Astech - Viameca - Pegase - EMC2

Titre du projet

DEFiZnO : Développement d'une filière de substrats ZnO pour l'éclairage à l'état solide

Résumé

De façon à dépasser les limites actuelles d'ordre technique et de coût de la filière de LEDs à base de GaN pour les applications d'éclairage à l'état solide, nous proposons un programme de recherche de type industriel basé sur une approche de rupture et un matériau alternatif. Le matériau ZnO est reconnu pour avoir des propriétés très prometteuses pour l'application LEDs UV, mais son développement est très ralenti en raison des difficultés à obtenir un dopage stable de type p. De plus, les hétérostructures à puits quantiques ZnO sont déposées sur des substrats désaccordés en paramètre de maille, ce qui entraîne la présence de nombreux défauts dans les couches actives : ceci limite l'efficacité radiative des dispositifs électroluminescents envisagés et rend tout dopage difficile et spatialement inhomogène. Cependant, contrairement à GaN, ZnO possède l'avantage très important d'être disponible sous forme de matériau massif, même si ceci est encore embryonnaire au niveau industriel. Ce matériau massif est d'autre part très pur et de très bonne qualité structurale. L'existence de ce matériau massif ZnO ouvre de nombreuses perspectives: ceci permet d'envisager la réalisation, par homoépitaxie, de structures émissives sans défauts et devrait grandement faciliter le dopage p dont on sait qu'il est négativement affecté par la présence de défauts étendus. Les hétérostructures à puits quantiques ZnO déposées sur des substrats ZnO suffisamment dopés, seront non seulement exemptes de défauts, mais permettront de réaliser des diodes UV intégrées verticalement, qui ne sont pas disponibles dans la filière GaN. La réalisation de diodes UV associées à des phosphores adéquats permettra d'obtenir de meilleurs coefficients colorimétriques que par la filière actuelle. Finalement, la croissance de structures à puits quantiques, si elle est réalisée sur des surfaces non-polaires en homoépitaxie, permettra d'éliminer les problèmes associés aux champs internes qui limitent fortement l'efficacité radiative. Dans ce sens, et pour exploiter les avantages encore potentiels associés à l'homoépitaxie de structures à base de ZnO, le programme que nous présentons sera focalisé sur les points suivants : ? Le développement d'une méthode de croissance - et d'une machine compatible avec

un développement industriel ultérieur – pour des cristaux de ZnO afin d’obtenir des cristaux de grande dimension, de très bonne qualité structurale, et stoechiométriques, pour apporter une réponse à la faible disponibilité de cristaux de ZnO, en termes de taille, de pureté, d’orientations (polaires et non polaires) et de dopage. ? L’obtention de substrats de ZnO dits « epi-ready » dans des directions polaires et non polaires de façon à traiter les problèmes de contamination de surface et de zones écrouées sous la surface qui, jusqu’à présent, ont limité les propriétés des couches épitaxiales et n’ont pas permis de tirer entièrement parti de l’homoépitaxie? Le développement des procédés de croissance homoépitaxiale basse température sur de tels substrats - polaires et non polaires – qui déboucheront sur la réalisation de couches sans défauts, avec donc un dopage p facilité, ouvrant ainsi la voie à la démonstration de LEDs proche UV efficaces et intégrées verticalement. Le consortium mis en place est constitué de deux laboratoires publics avec une expertise reconnue dans les domaines respectifs de la croissance de matériaux massifs et de l’épitaxie, ainsi que trois PME privées, dont la première est mondialement reconnue dans le domaine de la croissance cristalline, la deuxième est un producteur internationalement reconnu de machines d’épitaxie et l’autre est spécialisée dans le domaine du conditionnement de substrats pour l’épitaxie. Ce projet concerne donc la première et indispensable étape vers la réalisation d’une technologie de rupture et bas-coût, pour une deuxième génération de diodes UV à base de ZnO pour les applications liées à l’éclairage.

Partenaires

CEA LETI DOPT
NOVASiC
CNRS UPR 10 CRHEA
RIBER
Cyberstar

Coordinateur

Jean-Louis SANTAILLER – CEA
Jean-Louis.santailler@cea.fr

Aide de l’ANR

1 170 227 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-009

Label pôle

MINALOGIC

Titre du projet

DENDRIMAT : Matériaux Hybrides Polypropylène / DGL : Détection ultra sensible des contaminations bactériennes et leur maîtrise par filtration

Résumé

Les besoins en eau sont multiples et croissants : alimentation, hygiène, industrie, loisirs, etc (Europe : 500 L/j/h ; USA : 1 700 L/j/h). La présence des micro-organismes, dans ce milieu qui devient rare, entraîne des risques multiples aussi bien de santé publique qu'industriels. La gestion de ces risques est impérative. La prévention passe par l'amélioration de la rapidité de la détection suivie de la maîtrise de la décontamination par des actions efficaces et si possible non polluantes. La détection est aujourd'hui : - le plus souvent non spécifique (indirecte via des témoins de contaminations fécales) - lente (plusieurs jours d'analyses) ce qui entraîne le plus souvent une intervention curative - trop coûteuse - sur certains secteurs industriels, ni assez sensible, ni reproductible. La décontamination : - en phase homogène, pose le problème du rejet dans l'environnement (oxydants halogénés) - les procédés physiques (UV, chaleur, procédés membranaires) sont consommateurs d'énergie et non rémanents (ils ne protègent pas d'une contamination en aval) - en protection au point d'usage, seuls les tamis (0,45µm) sont utilisés, ils sont colmatables et onéreux. Ce projet propose un programme de recherche industrielle pour un nouveau matériau hybride Polypropylène /Dendrimère Greffé de Lysine (polypro/DGL) qui permettra à la fois de surveiller en temps réel les contaminations bactériennes et de les contrôler : - La détection, avec une haute sensibilité (1 bactérie par ml) et une totale spécificité, réalisable sur site en quelques minutes, et avec un faible coût autorisant de multiples contrôles - La décontamination par un nouveau type de filtres antibactériens, d'une grande efficacité et d'un faible coût énergétique de fonctionnement.

Partenaires

CNRS UMR 5253 (Institut Charles Gerhardt)
CNRS UMR 5247 IBMM (Institut des Biomolécules Max
Mousseron)
COLCOM

Coordinateur

Jean Jacques Robin – CNRS UMR 5253
jean-jacques.Robin@univ-montp2.fr

Aide de l'ANR

715 489 €

Début et durée Janvier 2010 - 48 mois

Référence ANR-09-MAPR-022

Label pôle Eurobiomed

Titre du projet

ECOLUB : Economies d'énergie dans les moteurs diesel : approche holistique couplant revêtements DLC / Diamant et nouveau lubrifiant

Résumé

La réduction des pertes d'énergie, des dégradations de surfaces et de l'émission de polluants sont des verrous technologiques pour la lubrification, en particulier dans le domaine des transports. Pour faire face à des normes antipollution toujours plus draconiennes (EURO 5 en 2012) et aux spécifications et exigences des constructeurs qui évoluent constamment toujours dans le sens d'une sévérité accrue, une adaptation constante du système tribologique est nécessaire. Pour pouvoir satisfaire l'ensemble de ces exigences, une nouvelle solution de rupture est envisagée : le couplage d'un revêtement de carbone fonctionnel et d'un lubrifiant Low SAPS (lubrifiant à bas taux de cendres sulfatées, de phosphore et de soufre) optimisé pour ce type de revêtement. L'originalité de ce projet repose sur l'approche holistique du problème traitant à la fois la nature des surfaces en contact et les additifs de lubrification. Ce nouveau système tribologique sera introduit dans la zone moteur Segment-Piston-Chemise (SPC) qui n'a, jusqu'à aujourd'hui, jamais pu être traitée avec ce type de matériau à cause de contraintes thermomécaniques extrêmement sévères. Le développement de revêtements de diamant nanocristallin et de revêtements DLC (Diamond-Like - Carbon) à gradient de propriétés pour la segmentation moteur d'une part, et la formulation d'un nouveau lubrifiant Low SAPS présentant une grande compatibilité avec ces types de matériaux d'autre part constituent les deux axes novateurs de ce projet. Le projet de recherche ECOLUB s'appuie sur un partenariat étroit et parfaitement complémentaire entre PSA, TOTAL, HEF, LSA et le LTDS. Afin de maîtriser cette nouvelle technologie, il nous est apparu nécessaire de réaliser la synergie de l'ensemble des acteurs présents sur ces sujets : - PSA apportera sa connaissance des matériaux, des sollicitations moteurs et des simulations numériques. En particulier, le bloc-moteur instrumenté développé lors d'une thèse précédente permettra des prélèvements d'huile usée dans des conditions réelles d'utilisation et en cours de fonctionnement, - TOTAL apportera sa connaissance de l'additivation des huiles et ses compétences dans la

caractérisation physico-chimique des lubrifiants, - HEF R&D travaillera au développement et à la fabrication des revêtements de surface DLC appropriés à l'étude ainsi qu'à leur caractérisation tribologique sous-haute pression de contact, - Le LSA apportera sa compétence dans l'analyse moléculaire d'extrême surface (ToF-SIMS), - Le LTDS apportera son expertise tribologique et ses compétences en simulation expérimentale des mécanismes de lubrification ainsi que son expérience dans le domaine des procédés d'élaboration des revêtements de diamant nanocristallin. Les nouveaux couplages technologiques développés dans ce projet ECOLUB devraient permettre environ 50% d'économie d'énergie dissipée par le frottement dans la zone SPC. Ce résultat représente un challenge extrêmement important puisque cela engendrerait une réduction conséquente de la consommation globale du véhicule.

Partenaires

Ecole centrale de Lyon
Université Claude Bernard
Total Raffinage Marketing
Hydromécanique Et Frottement R&D
Peugeot Citroën Automobiles SA

Coordinateur

Maria Isabel De Barros Bouchet – Ecole Centrale de Lyon
maria-isabel.de-barros@ec-lyon.fr

Aide de l'ANR

1 125 123 €

Début et durée

Janvier 2010 - 48 mois

Référence

ANR-09-MAPR-015

Label pôle

FREQUENCE 2009 : Modélisation des résonateurs à quartz et procédés innovants pour les miniaturiser

Résumé

Le quartz est le matériau par excellence pour réaliser les résonateurs des oscillateurs ultra stables (à 5 ou 10 MHz) ou à haute pureté spectrale (vers 100 MHz) pour les marchés militaires et spatiaux. La version la plus aboutie du résonateur à quartz de haute performance en environnement sévère est le BVA (Boîtier à Vieillesse Amélioré) développé il y a 30 ans par R. Besson. La technologie de réalisation et d'encapsulation du résonateur à quartz, type BVA ou autre, n'a que peu évolué depuis, alors que l'électronique accomplissait de son côté une révolution en termes d'intégration et de miniaturisation. Pour rester incontournable, le résonateur doit lui aussi faire sa révolution. C'est l'objet de ce projet. Les conditions sont aujourd'hui réunies pour qu'elle puisse s'accomplir : il existe en effet des outils logiciels de modélisation multi physiques capables d'appréhender le quartz sous tous ses aspects ainsi que des procédés technologiques innovants en micro-usinage, assemblage multi couche ou wafer bonding qui, appliqués au quartz, vont permettre de miniaturiser les résonateurs encapsulés tout en optimisant leurs performances. Pour concrétiser la rupture technologique attendue, il est proposé dans ce projet de modéliser et de développer tous les procédés qui vont permettre à terme de reconcevoir les résonateurs à quartz, dont le BVA évoqué ci-dessus, avec un gain significatif (au moins un ordre de grandeur) en termes de taille et de coût, grâce à des procédés de fabrication collective, sans compromission sur les performances ultimes en vieillissement, sensibilité accélérométrique ou aux radiations et bruit propre. Pour ce faire, TEMEX s'associe à l'Institut FEMTO-ST (ENSMM) et à GEMMA (HITIM) pour mener de concert les recherches industrielles qui vont permettre de faire émerger une nouvelle génération de résonateurs à quartz. TEMEX, pilote du projet, indique les contraintes opérationnelles du résonateur, gère l'aspect oscillateur dans une approche système et met en oeuvre les procédures de qualification des démonstrateurs du projet. FEMTO-ST développe les nouvelles technologies de mise en oeuvre des composants physiques et les modèles associés à l'optimisation des structures, en étroite relation avec

TEMEX. GEMMA, spécialiste de la cristallogenèse de quartz, développe des matériaux de très haute qualité pour en obtenir des tranches de grande dimension (diamètre de 75 voire 100 mm) afin de les utiliser dans des procédés collectifs.

Partenaires

TEMEX SAS
Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et de
Microtechniques
HITIM

Coordinateur

Michel Chomiki – TEMEX
Michel.chomiki@temex.fr

Aide de l'ANR

916 117 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-003

Label pôle

HYPERTUBE Nanostructuration de tubes en acier par hyperdéformation

Résumé

Dans ce projet nous proposons une recherche approfondie sur un nouveau procédé dans le but de son industrialisation. Il s'agit d'un procédé d'hyperdéformation applicable aux tubes métalliques. Lors de ce procédé, la microstructure du matériau est morcelée par une déformation extrême (en torsion) pour développer une microstructure ultra fine qui approche la structure nano. Cette transformation de la matière confère au matériau des propriétés mécaniques exceptionnelles. Notamment la limite élastique du matériau peut être multipliée en approchant la limite théorique maximale.

Lors de ce procédé une torsion est appliquée au tube dans le domaine de déformation plastique sous une contrainte hydrostatique très importante. Les dimensions du tube ne change pas lors du test. Le matériau est cisailé autour de l'axe du tube. Ce procédé a été inventé très récemment par les partenaires du présent projet et publié dans le journal *Scripta Materialia* [« Severe plastic deformation of metals by high pressure tube twisting », par L.S. Tóth, M. Arzaghi, J.J. Fundenberger, B. Beausir, O. Bouaziz, R. Arruffat-Massion, *Scripta Materialia*, Volume 60, Issue 3 (2009), pp 175-177] et a reçu un avis très favorable de la part de la communauté scientifique du domaine. Le procédé a été baptisé : 'HPTT' (« High Pressure Tube Twisting »). Les premiers tests ont été effectués sur l'aluminium et le cuivre. En collaboration avec notre partenaire industriel – ARCELOR MITTAL – nous proposons dans le présent projet une recherche poussée sur la faisabilité du procédé sur des tubes d'acier en vue d'une industrialisation du procédé HPTT. Même s'il est bien connu dans la littérature que l'hyperdéformation est une méthode efficace pour obtenir des matériaux nano structurés massifs, l'industrialisation des divers procédés proposés dans ce domaine reste à réaliser. Notre ambition est de développer des équipements HPTT adaptés à l'hyperdéformation des tubes d'acier faiblement alliés (IF). Des études microstructurales seront effectuées pour contrôler la microstructure. Divers tests mécaniques seront nécessaires pour tester les propriétés obtenues sur les matériaux hyperdéformés. En complément des simulations vont permettre de comprendre et bien maîtriser les divers paramètres du procédé.

Partenaires

CNRS FRE 3236 LPMM
ARCELOR Research SA

CNRS FRE 3143 LETAM
Université de Haute Normandie

Coordinateur Laszlo Toth – CNRS
toth@univ-metz.fr

Aide de l'ANR 391 846 €

Début et durée Janvier 2010 - 44 mois

Référence ANR-09-MAPR-007

Label pôle MATERIALIA

Titre du projet

ICIP Polymérisation induite par rayonnement : un nouveau procédé pour les isolants électriques à haute performance du Génie Electrique

Résumé

L'industrie Electrique utilise aujourd'hui une grande quantité de résines synthétique pour des fonctions mécaniques et d'isolation haute tension dans la fabrication de ses équipements. Pour fabriquer ces pièces, un mélange complexe de précurseurs chimiques est mis en oeuvre par moulage et polymérisation par voie thermique. Des procédés alternatifs de mise en oeuvre des thermodurcissables, potentiellement plus simples et à moindre impact environnemental sont à l'étude: la polymérisation par rayonnement X ou par faisceau d'électrons. Ces procédés offrent l'avantage de créer un durcissement du mélange approprié sans apport de chaleur direct et ouvrent des perspectives intéressantes, parmi lesquelles une augmentation de l'efficacité énergétique et une réduction de l'impact environnemental. Des avancées d'ordre à la fois scientifique et technique sont nécessaires pour atteindre cet objectif. D'une part, les mécanismes de polymérisation par faisceaux d'électrons et par RX doivent être étudiés en détail afin de concevoir de nouvelles formulations de matériaux ayant les caractéristiques électriques, mécaniques et thermiques requises pour des applications haute tension. D'autre part, il s'agit de déterminer l'impact de ces nouveaux procédés de polymérisation sur les propriétés des matériaux à long terme : les équipements fabriqués pour de telles applications devant garantir une durée de vie d'une trentaine d'années, l'impact sur le vieillissement électrique est un point central à déterminer. Le programme scientifique du projet se décline en trois tâches qui seront menées séquentiellement. Dans la première d'entre elles, les matériaux de base, deux résines à base époxy et époxy-acrylate seront sélectionnées de même que les additifs à incorporer par la suite. Cette première étape visera à comprendre l'influence du procédé et de la nature de la résine sur les propriétés finales des matériaux. A partir d'une comparaison avec les propriétés des matériaux issues des procédés standard, la marge d'évolution sera identifiée. La seconde tâche, qui constitue le corps du projet, visera à évaluer l'impact de la microstructure du réseau sur les propriétés électriques, et à moduler les propriétés du matériau à travers sa formulation. On en déduira ainsi des

correspondances formulation-procédé-propriétés. La tâche finale est destinée à valider l'approche scientifique par une application industrielle spécifique: proposition d'une solution formulation-procédé alternative, tests de vieillissement, évaluation technico-économique du procédé. Le projet, d'une durée de trois ans, associe trois entités issues du monde académiques et industriel. Les partenaires universitaires, Institut de Chimie Moléculaire de Reims et Laboratoire Plasma et Conversion d'Energie, Toulouse amènent leurs compétences respectivement dans le domaine de la chimie par rayonnement, avec une expérience acquise sur l'application des procédés aux composites à matrice époxy et dans la caractérisation du comportement diélectrique et des phénomènes de charges d'espace dans les isolants polymères. Le partenaire industriel, Schneider Electric, a une expertise dans l'isolation des systèmes électriques et dans les procédés actuels de mise en oeuvre de ces isolations. Dans le cadre du projet, la formation de deux doctorants est prévue avec de nombreux échanges et séjours chez les partenaires.

Partenaires

Université Paul Sabatier Toulouse 3
Université de Champagne Ardenne Reims
Schneider Electric Industries SAS

Coordinateur

Christian Laurent – Université Paul Sabatier
christian.laurent@laplace.univ-tlse.fr

Aide de l'ANR

590 055 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-016

Label pôle

MATERALIA

Titre du projet

IMPULSE : Développement d'un procédé Innovant d'élaboration de Multimatériaux par courant pulsé

Résumé

Dans ce projet Impulsé qui regroupe 3 partenaires industriels et 4 partenaires universitaires nous nous proposons d'aborder la problématique de la mise en forme (assemblage et/ou frittage) de matériaux sous courant pulsé (ou Spark Plasma Sintering). Cette technologie, communément appelée en France « Frittage Flash », connaît ces dernières années une croissance spectaculaire de part le monde. Néanmoins, même s'il est prouvé que l'apport du SPS est manifeste dans l'augmentation des cinétiques de frittage et, par voie de conséquence, sur le contrôle des microstructures, de nombreuses zones d'ombres persistent notamment sur les mécanismes qu'elle peut engendrer et tout reste à faire concernant leur modélisation. Dans le cadre de ce projet Impulsé, nous nous proposons de lever certains de ces verrous par le biais de recherches amont sur les mécanismes mis en jeu lors du frittage SPS de matériaux modèles jusqu'aux applications industrielles en travaillant sur la mise au point d'outils numériques permettant de faire un bond en avant dans la conception d'outillages. Le projet est construit de manière à prendre en compte l'ensemble des volets théoriques, expérimentaux, numériques et industriels. Les participants pertinemment choisis pour leur complémentarité auront un rôle clair et majeur sur au moins un des volets. Dans le cadre des applications visées, le frittage et l'assemblage seront étudiés expérimentalement et à l'aide d'une modélisation numérique multi-échelle et multi-physique. Les partenaires développeront des dispositifs expérimentaux et une métrologie adaptés, s'appuieront sur les deux plateformes SPS de PNF2/CNRS et de Schneider Electric Industries afin de mener à bien les actions de recherche. Les livrables scientifiques et techniques de ce projet permettront de le valoriser au travers d'avancées scientifiques notables, d'outils de simulation novateurs et de mise en oeuvre industrielle.

L'identification d'applications industrielles à fortes valeurs ajoutées et la mise en oeuvre d'actions de recherche scientifiquement innovantes et ambitieuses sera un aboutissement logique de cette démarche.

Partenaires

Université Paul Sabatier Toulouse 3
Université de Bretagne-Sud

Centre Européen de la Céramique – Université de Limoges – Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle

Ecole Nationale d'Ingénieur de St Etienne
Centre Technique des Industries Mécaniques
Schneider Electric Industries SAS
Société des Céramiques Techniques

Coordinateur

Claude Estournès – Université Paul Sabatier
estournes@chimie.ups-tlse.fr

Aide de l'ANR

1 050 033

Début et durée

Janvier 2010 - 48 mois

Référence

ANR-09-MAPR-007

Label pôle

Titre du projet

MACOPHENE Nouvelle Génération de Matériaux Polymères conducteurs à base de graphène

Résumé

L'objectif de ce programme de recherche et de développements industriels est l'élaboration de matériaux polymères conducteurs à base de graphène présentant également des propriétés mécaniques de tenue à la fatigue. Un domaine d'application de ces nouveaux matériaux multifonctionnels est le domaine du blindage électromagnétique que l'on rencontre dans de nombreux secteurs industriels tels que, par exemple, l'industrie automobile et aéronautique. Les matériaux composites conducteurs résultent le plus souvent de l'association de polymères isolants électriques et de particules de noir de carbone ou de charges métalliques. Une solution est l'utilisation de particules à facteur de forme élevé comme les NanoTubes de Carbone (NTCs) qui ont suscité un grand intérêt de l'industrie. Toutefois en raison de leur facteur de forme élevé ($L/d > 100$ généralement), ces charges nanométriques de type 1D sont à l'origine de matériaux fortement anisotropes. De plus, il subsiste de nombreuses interrogations sur la toxicité potentielle de ces nanotubes. Une option alternative est apparue très récemment sur la base de travaux relatifs au graphite. Les feuillets élémentaires du graphite, connus sous le nom de graphène, présentent également d'excellentes propriétés électriques tout en ayant un coût moins élevé. Toutefois, le graphène en tant que tel présente de faibles propriétés mécaniques. La solution d'élaborer un nanocomposite polymère à base de graphène est donc particulièrement séduisante pour beaucoup d'applications. La dispersion du graphite dans une matrice polymère à l'échelle du graphène reste à l'heure actuelle un réel verrou scientifique et technologique. Les interactions physico-chimiques entre le renfort et la matrice doivent donc être favorisées par rapport aux interactions entre les nano-charges. L'obtention d'une dispersion nanométrique de la charge est essentielle afin de maîtriser les propriétés finales du composite et elle repose le plus souvent sur une modification chimique de la surface de cette charge. Le greffage de chaînes polymères bien définies sur ces différents supports est alors un moyen de créer des réseaux bidimensionnels ordonnés sur une grande

distance et donc d'améliorer la cohésion et les propriétés du nanocomposite obtenu. Le projet MACOPHENE, que la société Hutchinson propose en partenariat avec le Laboratoire Ingénierie des Matériaux Polymères (IMP, UMR 5223, Lyon) et le Laboratoire d'Ingénierie des Polymères pour les Hautes Technologies (LIPHT, UMR 7165, Strasbourg), décrit donc une recherche pour l'élaboration de nanocomposites élastomères chargés de feuillets individualisés de graphène. L'objectif de ce programme est d'élaborer des matériaux composites à base de graphite pour le blindage électromagnétique et répondant à des critères de fatigue. L'approche proposée repose sur une nouvelle voie de modification chimique des feuillets de graphite couplée à une action de mélange de type élongationnel. En termes de résultats escomptés, on souhaite obtenir à l'issue de ce projet, des matériaux à base de silicone ou de polyéthylène chargés par des feuillets de graphène possédant de bonnes caractéristiques de conductivité électrique surfacique. Plusieurs produits finaux sont envisagées : revêtements de substrats inorganique (verre) ou polymères (PET, PVDF, PMMA) par des films de silicone/graphène subissant a posteriori une étape de réticulation par hydrosilylation. Des films polymères co-extrudés dont l'un de ces films est un nanocomposite PE/graphène. La tenue en fatigue de ces matériaux est également un objectif prioritaire pour satisfaire pleinement des applications industrielles réelles. Le champ des applications potentielles peut s'étendre aux électrodes de batterie et d'actuateurs et à l'électronique souple (tags RFID par exemple)

Partenaires

HUTCHINSON
Centre de Recherche
Philippe SONNTAG

Université Claude Bernard Lyon 1
IMP - LMPB - UMR 5223
Emmanuel BEYOU

Université de Strasbourg
ECPM - LIPHT - EA 4379
René MULLER

Coordinateur

Philippe SONNTAG – HUTCHINSON
philippe.sonntag@cdr.hutchinson.fr

Aide de l'ANR

705 254 €

Début et durée

Mois 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-008

Label pôle PLASTIPOLIS

NANOTALC Développement de talc synthétique nanométrique pour applications

Résumé

Ce projet a pour objectifs d'améliorer significativement les performances de composites polymères et revêtements industriels hautes performances en développant de nouvelles charges synthétiques nanométriques. Par rapport aux nano charges existantes à base d'argiles, ces matériaux se différencieront par leur hydrophobicité intrinsèque supérieure et nécessiteront moins d'additifs organiques et de traitements chimiques pour obtenir une bonne dispersion dans les polymères ; ce qui est nécessaire pour obtenir les améliorations souhaitées de propriétés mécaniques, barrières (à l'humidité, aux gaz), thermiques ou optiques des charges. Un procédé en deux étapes pour produire un nano talc synthétique en laboratoire a été mise au point récemment par des chercheurs de l'Université Paul Sabatier - LMTG (Laboratoire des Mécanismes de Transferts en Géologie) et CARNOT-CIRIMAT (Centre Interuniversitaire de Recherche et d'Ingénierie des Matériaux) – ainsi que de Rio Tinto Minerals, un leader mondial de la production de talcs. En utilisant ce procédé breveté, il est possible d'obtenir des cristaux de talc de haute pureté par voie de synthèse ayant un facteur de forme élevé et une taille submicronique. Dans le cadre de ce projet, le matériau sera développé pour utilisation dans les composites polymères et revêtements. Il est prévu que ce nano talc synthétique possédera les avantages à la fois du talc naturel dans les polymères (caractère hydrophobe et agent nucléant des polymères), et les avantages liés à la fine taille de particules et au facteur de forme important associées aux nano-argiles actuellement utilisées pour les nano composites polymères (PNCs). Dans les revêtements industriels le but est d'améliorer les propriétés barrières du film de peinture et d'augmenter la dureté de film, en cas des vernis. En utilisant cette technologie, il est possible d'obtenir des produits bien plus fins que par le broyage/micronisation conventionnelle de talc naturel. Le procédé de synthèse de nano talc inclut d'abord une réaction de précipitation pour produire un silicate de magnésium amorphe de même composition chimique que le talc naturel, puis la transformation de ce matériau précurseur en nano talc cristallin par traitement hydrothermal après lavage pour ôter le sel soluble produit associé de la réaction. Les produits amorphes et cristallins pourront potentiellement être utilisés pour des renforts polymères et seront donc tous les deux évalués lors du projet. Après les étapes de

synthèse, les produits pourront nécessiter des traitements supplémentaires (modification physique et chimique avant mélange dans les polymères. Des travaux préliminaires montrent que ces traitements pourraient être nécessaires pour réduire le niveau d'agglomération des particules et d'obtenir une dispersion optimale dans les matrices polymères. Ensuite le mélange avec les résines sera réalisé selon deux voies : (1) en voie fondue pour les polymères et les charges séchées (dans le cas des polymères techniques et caoutchouc styrène-butadiène-SBR et (2) en voie humide de latex polymères, les matériaux étant utilisé sous forme suspension aqueuse (dans le cas des SBR et des formulations de revêtements). Après avoir bien dispersé les matériaux dans les polymères injectés ou sous formes de films ou fibres, leur influence sur les propriétés mécaniques, thermiques, barrières sera mesurée et comparée à celles obtenues avec les meilleurs charges disponibles aujourd'hui. Les propriétés intrinsèques et les performances selon les essais industriels spécifiés seront étudiées. Pour la bonne réussite du projet, il sera nécessaire d'optimiser chacune des différentes étapes de la production du nano talc synthétique- (1) préparation du matériau amorphe, (2) transformation en matériau cristallin, (3) traitement supplémentaires et incorporations dans les polymères. Pour mener chacune de ces étapes un partenaire de type universitaire a été choisi : (1)- Le Centre de Recherche RAPSODEE (Ecole des Mines d'Albi, FRE 3213-CNRS); (2) LMTG (UMR 5563 CNRS; UMR 154 IRD) ; (3) Laboratoire des Matériaux Macromoléculaires (UMR CNRS 5223-LMM-INSA, Lyon). Pour effectuer les essais et développements applicatifs, trois partenaires industriels seront impliqués : (1) Rio Tinto Minerals (Toulouse) – coordinateur du projet et producteur de talc; (2) MAPAERO – producteur de peintures aéronautiques de spécialités ; (3) Multibase (Lyon) –producteur de compounds et masterbatches thermoplastiques.

Partenaires

Luzenac Europe SAS
CNRS UMR 2392 RAPSODEE
CNRS UMR 5563 LMTG
Institut des sciences appliquées de Lyon
Mapaero Aerospace Coatings
Multibase SA

Coordinateur

Mike Greenhill Hooper – Luzenac Europe SAS
Mike.GreenhillHooper@borax.com

Aide de l'ANR

833 199 €

Début et durée

Janvier 2010 - 48mois

Référence

ANR-09-MAPR-017

Label pôle PLASTIPOLIS – AEROSPACE VALLEY

Titre du projet

NUMTISS Modélisation numérique du procédé de tissage des renforts fibreux pour matériaux composites

Résumé

Ce projet s'inscrit directement dans le challenge fixé à l'industrie aéronautique et en particulier aux motoristes pour répondre aux nouvelles exigences environnementales. L'une des pistes actuellement explorée au travers des différents programmes nationaux ou européens est la réduction de la masse partout où cela est possible et lorsque les conditions économiques sont remplies. Ce gain de masse passe par l'introduction extensive des matériaux composites. Pour réaliser des gains substantiels au niveau de la conception de ces nouveaux matériaux à base de renforts fibreux, il est indispensable de disposer de modèles numériques des structures textiles précis et fiables. Actuellement, ce processus de modélisation est long, aléatoire et peut s'avérer coûteux en temps et matière consommée. Pour y répondre, le projet NUMTISS propose de modéliser les principaux mouvements de la machine de fabrication permettant d'obtenir la géométrie finale de la structure textile et la caractérisation de ses endommagements. La modélisation et simulation numérique du procédé de fabrication couplées à la compréhension des lois matériaux aux différentes échelles permettront d'obtenir une réponse complète à la géométrie réelle de la structure textile. Cette démarche sera appliquée à la modélisation des structures tissées 3D interlock.

Partenaires

ENSAIT
Association Recherche et Développement Méthodes & Procés Industriels
Institut Nationale des Sciences Appliquées
Snecma Propulsion Solide
TRP Charvet
Snecma

Coordinateur

François Boussu - ENSAIT
francois.boussu@ensait.fr

Aide de l'ANR

1 032 218 €

Début et durée

Janvier 2010 - 48 mois

Référence

ANR-09-MAPR-018

Label pôle

UP - TEX

Titre du projet

PREMHYS Procédé Réactif type Extrusion pour Membranes HYbrideS – application pile à combustible

Résumé

Le projet PREMHYS s'articule autour de l'utilisation d'un procédé innovant de mise en oeuvre par voie fondue sans solvant pour la réalisation d'un matériau hybride fonctionnel dans la problématique de développement de membranes alternatives pour piles à combustible. A l'heure actuelle, malgré une activité de recherche internationale intense, le développement de membrane à faible coût reste un verrou technologique. Or l'analyse des données socio-économiques mettent en évidence que pour satisfaire les contraintes du marché automobile en particulier, la réduction du coût du kW fourni par la pile, la production à grande échelle des composants ainsi que la stabilité thermique de la membrane sont autant de paramètres à prendre en considération pour le développement de cette technologie. Le projet PREMHYS décrit une nouvelle stratégie pour proposer dans les prochaines années un procédé de production de membranes pour piles à combustible concurrentiel et respectueux de l'environnement. Ce projet managé par l'IMP (UMR 5223, Ingénierie des Matériaux Polymères) propose un partenariat entre le CEA du Ripault, les sociétés CLARIANT et ARKEMA et les partenaires universitaires IAM (ENSCM) et IMP. Dans le cadre du projet PREMHYS, nous avons pour objectifs de développer la production, voire la qualité, de ce nouveau type de membranes hybrides à bas coût via l'utilisation d'un procédé continu de mise en oeuvre à l'état fondu de la matrice organique fluorée. Ce procédé sans solvant permet de s'affranchir des problèmes récurrents de toxicité et de porosité rencontrés durant la mise en oeuvre de ces membranes. De plus, l'incorporation de la phase inorganique conductrice protonique a été originalement envisagée par sa génération in situ à l'échelle nanométrique pendant cette même étape de mise en oeuvre c'est-à-dire en prenant en compte les contraintes du procédé (hautes températures et cinétiques de réactions compatibles avec les temps moyens de résidence en extrudeuse de l'ordre de quelques minutes). Cette génération in situ est obtenue par une méthode Sol/Gel grâce à des précurseurs inorganiques, méthode avantageuse qui normalement est utilisée en milieu hydroalcoolique. Enfin, l'utilisation de ce procédé présente l'intérêt de pouvoir réaliser en continu de grandes quantités de ces matériaux hybrides pour pile à combustible.

Partenaires	INSA Lyon CEA LSTP ENS Chimie Montpellier Clarian Services Arkema CERDATO
Coordinateur	Véronique Bounor-Legaré – INSA Veronique.bounor-legare@univ-lyon1.fr
Aide de l'ANR	880 861 €
Début et durée	Janvier 2010 – 36 mois
Référence	ANR-09-MAPR-004
Label pôle	AXELERA - S2E2 - PLASTIPOLIS

Titre du projet

PROFOR : Nouveau PROCédé d'élaboration d'outils à gradient de propriétés pour le FORage de roches abrasives en conditions sévères

Résumé

Ce projet de recherche traite du développement de taillants d'outils à gradient de composition présentant le ratio coût/mètre foré le plus faible, destinés aux machines d'excavation du sol et du sous-sol et au forage profond, pour des applications caractérisées par des consommations excessives de taillants et des vitesses d'excavation très faibles. La prospection pétrolière dans des formations géologiques de plus en plus profondes, caractérisées par des pressions de confinement de plus de 120 MPa, ainsi que l'exploitation de la chaleur du sous-sol pour produire de l'électricité, demandent à concevoir des trépan de forage, capables de forer des roches très chaudes (250 à 350 °C), hétérogènes, extrêmement dures et abrasives, à l'origine de sollicitations importantes de l'outil aux chocs. Pour ce type de forage complexe réalisé dans des conditions extrêmes, le meilleur candidat, en termes de vitesse d'avancement est encore l'outil diamant PDC (Polycrystalline Diamond Compact) serti de taillants en carbure de tungstène-cobalt WC-Co (composite céramique-métal ou "cermet") surmontés d'une plaquette diamantée. Dans ces conditions extrêmes, ces outils souffrent d'une usure prématurée consécutive aux effets combinés des chocs et de l'usure par abrasion. Les outils appelés tricônes, travaillant la roche par poinçonnement, présentent des résistances intéressantes à l'usure mais leur utilisation dans le cas de roches agressives n'est pas satisfaisante à cause de leur résistance insuffisante aux chocs. L'ensemble de ces deux types d'outils souffre de l'antinomie dureté-ténacité des cermets WC-Co comme bien d'autres matériaux, tant que leur composition reste homogène. Le présent projet a donc pour ambition de s'affranchir du compromis dureté-ténacité des cermets WC-Co en mettant au point une nouvelle génération de taillants permettant d'augmenter à la fois la résistance à l'usure des parties frottantes et la ténacité à coeur du taillant. Cela est obtenu grâce au développement d'une nouvelle méthode d'élaboration, « Migration contrôlée dans un cermet WC-Co dense d'un liquide riche en liant Cobalt revêtu d'un revêtement », permettant d'adapter localement les propriétés du cermet par modification de sa teneur en liant ductile. Le résultat de

cette recherche sera donc parfaitement transposable à tous les outils de coupe comme les pics en WC-Co destinés au génie civil ou au perçage de trous dans le béton armé dans lesquels la génération d'un gradient continu en cobalt sur de longues distances s'accompagnera d'une plus grande longévité de ces outils. Ce projet regroupe un fabricant d'outils de forage (Varel Europe), un fabricant de taillants en diamant synthétique (Diamond Innovations, sous-traitant de Varel Europe), et trois laboratoires de recherche couvrant un large domaine, de l'élaboration à l'application. La complémentarité du champ de compétences des partenaires doit engendrer une forte réactivité et une bonne cohérence afin d'aboutir à des solutions innovantes répondant au problème posé.

Partenaires

Varel Europe SAS
Armines CDM
Ecole Nationale d'Ingénieur de Tarbes
Armines Géosciences

Coordinateur

Alfazazi Dourfaye – Varel Europe SAS
adourfaye@varelintl.com

Aide de l'ANR

889 799 €

**Début et
du ée**

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-009

Label pôle

CERAMIQUE

SIMENDO Simulation numérique des limites d'utilisation des matériaux en pliage par caractérisation et modélisation micromécanique de l'endommagement

Résumé

Le projet SIMENDO s'intéresse à la prédiction des limites de formabilité dans le cas d'opérations de pliage et sertissage, au cours desquelles la tôle est pliée sur un rayon de l'ordre de son épaisseur, afin de valider la mise au point numérique des procédés. Les premières applications visent le domaine automobile mais la thématique concerne plus largement le domaine des transports et de l'électroménager. Les matériaux étudiés, un acier dual phase et un alliage d'aluminium de la série 6000, sont sous forme de tôles, d'épaisseur inférieure au mm pour les applications carrosserie automobile et de quelques mm pour des pièces de structure de type longeron ou rail. Avec l'utilisation des alliages d'aluminium et des aciers à haute limite d'élasticité, qui permettent un allègement substantiel de la caisse en blanc, les opérations de type pliage et sertissage peuvent s'avérer problématiques, avec l'apparition de fissures lors des essais de mise au point des outils. En effet, la validation numérique des outils d'emboutissage utilise classiquement la Courbe Limite de Formage ou CLF mais le domaine de validité de cet outil est restreint à des états de contraintes planes, pour des trajets de déformation proportionnels. Les opérations de type pliage sortent de ce cadre, particulièrement quand le rayon de pliage est petit devant l'épaisseur de la tôle. De plus, dans le cas des alliages d'aluminium à durcissement structural, une évolution significative des propriétés mécaniques est observée dans les mois qui suivent la fabrication de la tôle. En fonction de l'état de maturation de l'alliage, la mise au point des outils peut être invalidée et ce phénomène doit être intégré dans la modélisation. Pour lever ces verrous, l'objectif du projet SIMENDO est la prédiction de critères limite d'utilisation applicables quelque soit l'état de déformation et de maturation des matériaux et quelque soit le procédé, en particulier de type pliage et sertissage. La démarche adoptée part de la caractérisation de l'endommagement, par observation de la distribution des porosités au MEB et par micro-tomographie aux rayons X, pour différents trajets de déformation, pour prédire le comportement du matériau au cours d'opérations de pliage. Le modèle proposé est fondé sur un couplage entre la viscoplasticité et l'endommagement ductile (approche type Gurson) et sera développé dans un code éléments finis avec une méthode

de régularisation non locale. Finalement, les limites de formabilité numériques seront validées sur un cas simple de pliage ainsi que sur des pièces industrielles.

Partenaires

LIMATB - Université de Bretagne-Sud
LaMCoS – INSA Lyon
MATEIS – INSA Lyon
PSA Peugeot Citroën
ESI Group

Coordinateur

Sandrine Thuillier – Université de Bretagne-Sud
sandrine.thuillier@univ-ubs.fr
<http://web.univ-ubs.fr/limatb/simendo/>

Aide de l'ANR

452 367 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-010

Label pôle

ID4CAR

SINCRONE : Silicium Nanostructuré et Croissance Organisée de Nanofils pour l'Eclairage

Résumé

L'intérêt actuel pour les semi-conducteurs à large bande interdite tient à leurs excellentes propriétés dans des domaines aussi variés que l'optoélectronique et la nanoélectronique. Toutefois, leur développement est parasité par la grande densité de défauts structuraux.

Ce problème peut être surmonté par une approche "bottom-up" consistant en structures à nano-fils aux propriétés structurales virtuellement parfaites. Un défi à résoudre est toutefois celui de l'organisation des nano-fils dans le plan : une nucléation au hasard et les inhomogénéités de taille des fils sont préjudiciables aux applications à grande échelle. Pour cela, nous souhaitons combiner les excellentes propriétés des nano-fils et des hétéro-structures à base de nano-fils avec l'utilisation de substrats nano-structurés permettant une croissance sélective (SAG) dans les ouvertures d'un masque et le contrôle de l'organisation dans le plan des nanostructures.

La nano-structuration des substrats reposera sur la Lithographie par Nano-Impression (NIL), une technologie qui permet de réaliser des motifs denses sur de grandes surfaces et à grande vitesse. De plus, l'utilisation spécifique de substrats silicium peut ouvrir la voie à l'optoélectronique intégrée tout en permettant l'utilisation des outils standards de la microélectronique.

SINCRONE a pour objectif d'appliquer la combinaison de briques élémentaires décrites ci-dessus à un concept prometteur et en rupture technologique : une LED à base d'émetteurs à nano-fils verticalement alignés, plus précisément à base de réseaux organisés de tels émetteurs. Ce concept a le potentiel de surmonter les limitations des couches bidimensionnelles de GaN sur saphir utilisées dans l'approche industrielle actuelle de la fabrication des LEDs. Les LEDs à base de nano-fils présentent l'avantage unique de pouvoir être épitaxiées sans défauts sur des substrats silicium, avec un intérêt économique évident. En outre, un substrat fortement dopé permet d'envisager une injection de courant verticale et des procédés d'intégration plus simples. Le silicium présente également l'intérêt d'une meilleure conductivité thermique que celle du saphir. Bien que la croissance auto-organisée de nano-fils ait été déjà

démontrée, la non-uniformité intrinsèque de leur densité, de leur diamètre, de l'épaisseur et de la composition des puits quantiques insérés, conduit à des variations de longueur d'onde d'émission et d'émittance spatiale qui limitent le développement à grande échelle d'une technologie de LEDs à nano-fils pour l'éclairage.

Le projet rassemble les compétences complémentaires requises pour la production et la caractérisation complète de réseaux de nanostructures organisées:

1-SILTRONIX, un fabricant industriel de wafers de silicium capable de traiter les substrats en accord avec les spécifications du projet;

2- Le CEA-LETI, un laboratoire de R&D technologique avec un savoir-faire dans la conception de dispositifs optoélectroniques incluant la simulation électromagnétique, la maîtrise du NIL comme outil générique de nanostructuration, et le développement d'une filière complète pour la fabrication de LEDs à nano-fils GaN et ZnO ;

3- CEA-INAC, un laboratoire de recherche fondamentale impliqué dans la croissance de nano-fils de GaN par MBE et par MOCVD ainsi que dans l'étude optique de ces nanostructures.

Partenaires

SILTRONIX SAS
CEA LETI
CEA Sp2M

Coordinateur

Daniel Turover – SILTRONIX SAS
dturover@siltronix.com

Aide de l'ANR

1 001 873 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR- 011

Label pôle

MINALOGIC

Titre du projet

SISHYFE Développement d'un outil numérique prédictif : Application au cas de la simulation du soudage hybride sur épaisseurs moyenne à forte

Résumé

La simulation numérique du soudage est moins utilisée, industriellement, que pour d'autres procédés de transformation tels que déformation plastique ou fonderie. Ceci tient au caractère multiphysique de cette simulation : plasma d'arc, écoulements en zone fondue, couplages forts entre thermique, métallurgie et mécanique. Cet état de fait est pénalisant pour la mise au point de procédés de soudage innovants tels que le soudage hybride laser-arc. L'enjeu industriel est important en termes de qualité et de productivité (pas de moyens de prédiction fiable de la soudabilité opératoire, de la soudabilité métallurgique). Le projet SISHYFE vise à lever ce verrou, en particulier dans le contexte du soudage d'aciers en fortes épaisseurs. En conséquence, on définit quatre objectifs majeurs : 1. Développer les méthodes de simulation directe du procédé de soudage, en modélisant en particulier, dans le contexte du soudage hybride, les interactions plasma-laser ainsi que les écoulements fortement convectifs du métal liquide dans la zone fondue. Ceci devrait permettre d'améliorer la prédictivité des modélisations. 2. En parallèle avec cette simulation directe, développer et adapter au soudage hybride (plusieurs sources d'énergie, arc et laser) la méthodologie consistant à identifier les sources thermiques par une méthode inverse automatique par éléments finis. 3. Evaluer les performances de ces deux méthodes, et en particulier l'apport de la simulation directe, en termes de prédiction métallurgique et mécanique (forme du cordon, caractéristiques de la zone fondue et de la zone affectée thermiquement, distorsions et contraintes résiduelles). 4. Développer des logiciels prédictifs du procédé de soudage hybride laser-arc, et pouvant s'appliquer à d'autres procédés (arc, laser, faisceau d'électrons). La méthodologie proposée est la suivante: A. Des expériences de soudage instrumentées sur deux configurations caractéristiques de soudage hybride vont servir de référence tout au long du projet. L'accent est mis sur l'instrumentation de manière à apporter aux modélisateurs une base de résultats expérimentale précise et fournie : thermocouples, caméra rapide, caméra infra-rouge, champ de déformation par corrélation d'image... B. Les développements numériques vont mettre en jeu trois logiciels : COMSOL, SYSWELD et

TRANSWELD. Ceci permettra de tester d'une part les méthodes numériques et d'autre part les performances de chaque logiciel, par comparaison avec les résultats obtenus sur configurations de référence. C. Ces nouveaux logiciels seront utilisés par trois utilisateurs industriels sur des soudages-test. Ils permettront de définir des fenêtres expérimentales en termes de soudabilité opératoire et métallurgique. Le consortium est compact, robuste et équilibré. Il rassemble toutes les compétences adéquates: 2 industriels, 1 centre technique, 2 sociétés de logiciel et 2 laboratoires de recherche. Tous sont des acteurs majeurs dans chacune des problématiques industrielle, technique et scientifique. Le projet est ainsi à même d'apporter des innovations significatives dans plusieurs domaines de l'AXE THEMATIQUE 4 de l'appel d'offre : • Développer des outils numériques innovants pour la compréhension des phénomènes multiphysiques caractéristiques du soudage hybride : interaction plasma-laser, couplage fluide-structure (hydrodynamique zone fondue - solide) • Appuyer la validation de ces prédictions théoriques sur une approche expérimentale forte • Optimiser le développement industriel du procédé de soudage hybride

Partenaires

Université de Bourgogne
Association Recherche et Développement Méthodes & Procés Industriels
ESI Group
TRANSVALOR
INDUSTEEL ARCELORMITTAL
AREVA NP SAS

Coordinateur

Pierre Sallamand – Université de Bourgogne
pierre.sallamand@u-bourgogne.fr

Aide de l'ANR

1 019 253 €

Début et durée

Janvier 2010 - 48 mois

Référence

ANR-09-MAPR-019

Label pôle

Nucléaire Bourgogne

Résumé

Le projet SPLIT a pour but de démontrer qu'une rupture technologique est possible pour améliorer l'énergie spécifique des accumulateurs Li-ion. Le premier objectif est de démontrer la faisabilité d'un accumulateur Li-ion dont l'énergie spécifique (massique ou volumique) est améliorée de 50% grâce à l'utilisation de nouvelles familles de matériaux négatif et positif obtenus par le procédé de pulvérisation cathodique (sputtering) et/ou de PECVD. Le second objectif est de valider si le procédé de sputtering peut remplacer le procédé d'enduction actuel, qui est au-delà de son domaine normal de fonctionnement, pour la fabrication industrielle des électrodes négatives plus minces utilisant un nouveau matériau. L'emploi du procédé de sputtering pour cet usage industriel est nouveau. Cette amélioration repose sur 2 réalisations relativement indépendantes : - une électrode négative industrielle à base de silicium qui fonctionne à 1400 mAh/g avec une tension moyenne de 0.3 V par rapport au lithium métal, obtenue par un procédé de sputtering permettant de réaliser à la fois le matériau structuré et l'électrode prête au montage en accumulateur après ajustement de sa géométrie. - un matériau positif, à l'échelle du laboratoire, à base de fluorure de métaux de transition et d'un réseau conducteur électronique, revêtu en couche mince nano-structurée et fonctionnant par réaction de conversion à plus de 900 Wh/kg ; soit par exemple 300 mAh/g avec une tension moyenne de 3.0 V. L'introduction industrielle de la négative améliorée est possible seule avec un enjeu significatif de 20 % de gain en énergie spécifique au niveau de l'accumulateur. Une évaluation technico-économique de la réalisation industrielle de la négative par sputtering est prévue. SPLIT se décompose en trois tâches. La tâche 0 concerne la coordination, la tâche 1 concerne l'électrode négative à base de silicium et les tests en cellules complètes qui incorporent les résultats de la tâche 2, et enfin, la tâche 2 concerne le matériau pour l'électrode positive. Pour les tâches 1 et 2, SPLIT engage la réalisation, les caractérisations physico-chimique et électrochimique et la compréhension de plusieurs variantes de matériaux en vue de sélectionner un couple qui présente le niveau de performance visée. La communication et l'exploitation des résultats sont définies dans le projet. SPLIT permet d'améliorer la position concurrentielle de l'industrie

française des batteries et de sputtering vis-à-vis en particulier de l'Asie et de l'Amérique. Il doit permettre de développer ce type d'activités en France et aussi de progresser dans la compréhension et la réalisation de nouveaux matériaux et de nouveaux principes qu'il est nécessaire de maîtriser pour aller au-delà de la génération actuelle (oxydes de métaux de transition/carbone) : génération qui a fait l'objet d'optimisation incrémentale depuis près de 20 ans. Les marchés visés sont ceux de l'électronique portable professionnelle (communication, médical non implanté, vidéo), des transports individuels ou collectifs, terrestres ou aériens et enfin du stockage des énergies renouvelables (en particulier le photovoltaïque décentralisé). Les différents marchés accessibles dépendent des performances initiales, de la durée et du coût qu'il sera possible d'atteindre. SPLIT s'inscrit en excellente adéquation avec le contexte et les objectifs de l'appel à projets MatetPro-2009 "Matériaux Fonctionnels et Procédés Innovants". Il fédère pendant 3 ans des acteurs scientifiques l'ICMCB et l'IPREM et industriels Saft et HEF ayant des connaissances approfondies dans le domaine du procédé et des matériaux envisagés. Il adresse le domaine du développement durable en permettant l'utilisation de l'énergie électrique reconnue pour sa souplesse et sa compatibilité avec des modes de production renouvelables. Le stockage est à terme un complément essentiel du développement de la production d'électricité d'origine photovoltaïque ou éolienne. SPLIT répond directement à une composante de l'axe thématique 1 : Fonctionnalités et Matériaux Associés dans la rubrique "des matériaux pour le stockage ou le transport de l'énergie" avec la sous rubrique "électrodes de batteries rechargeables". En complément de l'axe thématique 1 qui reste le principal, certains aspects de l'axe thématique 3 : matériaux nano-structurés, matériaux hybrides organiques / inorganiques, et aussi avec l'axe thématique 4 : modélisation et simulations numériques, approches multi-échelles, prévision du comportement, sont adressés par SPLIT.

Partenaires

SAFT
HEF R&D
Université de Pau et Pays de l'Adour
CNRS UPR 9048 ICMCB

Coordinateur

Georges Caillon – SAFT
georges.caillon@saftbatteries.com

Aide de l'ANR

966 353 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-012

Label pôle AEROSPACE VALLEY

STRESSBAT : Optimisation d'architectures de microbatteries par simulation thermomécanique

Résumé

Les microbatteries offrent de nouvelles perspectives dans des domaines de marchés très diversifiés (alimentation horloge à temps réel, étiquettes RFID, capteurs autonomes, sécurité internet ...). Cette technologie a désormais atteint un niveau de maturité technique ayant permis de valider son potentiel industriel. Une Road Map Marketing et Technologique a ainsi pu être réalisée. Pour être en mesure de répondre positivement aux objectifs fixés, il devient nécessaire de disposer d'un outil performant de modélisation et simulation autorisant une expérimentation virtuelle. Cette démarche doit permettre au concepteur de :

- améliorer la fiabilité finale des composants
- prédire les réponses électriques et durée de vie des composants en fonction des modes d'usage
- développer et optimiser de nouvelles architectures de microbatteries.

Le projet STRESSBAT vise donc à développer un tel outil expert multi-physiques et multi-matériaux basé sur une approche expérimentale ambitieuse et spécifiquement adaptée à la problématique. La Road Map Marketing et Technologique a mis en évidence deux défis majeurs d'intégration auxquels est ou sera confrontée la technologie microbatterie : - la résistance et la compatibilité avec les technologies standard de packaging des composants microélectronique (impliquant notamment des contraintes de température et pression) – la réalisation des composants sur substrats flexibles. La levée de ces deux verrous technologiques sera de fait au centre des développements du projet STRESSBAT. Le verrou scientifique du projet STRESSBAT est la compréhension du comportement thermomécanique de multi-matériaux constitués par l'empilement de couches nécessaires à la réalisation de microbatteries au lithium. La levée de ce verrou nécessite une détermination expérimentale de paramètres clés. Ces données ne sont actuellement pas connues pour le type de matériaux utilisés, d'autant plus qu'ils sont élaborés en couches minces. Des techniques de caractérisation innovantes seront utilisées pour obtenir de manière fiable ces valeurs. Les résultats majeurs attendus du projet sont : - un modèle et outil-expert permettant de décrire de manière tridimensionnelle et séquentielle les aspects thermomécaniques et électrochimiques dans les multi-matériaux, - des architectures et procédés de fabrication améliorés de microbatteries sur substrats rigide et flexible - une analyse de faisabilité d'un modèle intégrant des

couplages forts entre les différents modules multi-physiques L'ensemble de ces résultats renforcera un positionnement compétitif de la France sur le marché des microbatteries. Le chiffre d'affaires du marché visé a été évalué à plus de 250M€ à l'horizon 2016.

Partenaires

CEA LITEN
Université Pierre et Marie Curie
CNRS FR2797
Alpha Test
ESI Group
STMicroelectronics

Coordinateur

Steve Martin – CEA LITEN
steve.martin@cea.fr

Aide de l'ANR

1 061 477 €

Début et durée

Janvier 2010 - 36 mois

Référence

ANR-09-MAPR-014

Label pôle

S2E2

Résumé

Le perçage par laser est un procédé couramment utilisé en aéronautique pour usiner les pièces des moteurs afin de les refroidir. Néanmoins, les procédés lasers actuels ne permettent pas de réaliser les perçages de forme sur des matériaux revêtus avec les assurances de qualités, de reproductibilités et de durées de vie requises pour les futurs moteurs. Le projet d'ULTRA (Usinage par Laser des systÈmes de Refroidissements en Aéronautique) se propose de réaliser une avancée significative dans le procédé de perçage par laser à travers deux sauts successifs : un saut technologique réalisé avec la conception et la réalisation d'une tête de perçage innovante associée à un système de contrôle de procédé assurant la qualité des perçages en ligne, et un saut scientifique en réalisant les études fondamentales rendues possibles par ce nouvel outil sur les mécanismes d'absorption, les géométries et les endommagements. Ce projet s'intéresse aux procédés de perçage par percussion, par trépanation et par ablation pour des matériaux aéronautiques. A terme, l'objectif de corrélérer l'évolution des propriétés thermomécaniques de structures simples (voire de pièces) aux géométries d'usinage et aux effets induits. Le champ de connaissance dégagé associé à la maîtrise du procédé, permettent d'envisager une optimisation des paramètres laser en fonctions des besoins de l'utilisateur final. Pour les cas concrets des industriels, le but est de réaliser un transfert industriel et d'évaluer techniquement et économiquement les solutions innovantes en rapport avec les objectifs d'évolution des produits. ULTRA fournira alors un ensemble de connaissances génériques approfondies, d'outils et savoir faire uniques permettant aux utilisateurs industriels d'accroître leur compétitivité et de proposer des solutions innovantes pour le développement des moteurs du futur. L'éventail des partenaires du consortium regroupe un constructeur de source laser (Lasag groupe Swatch partenaire Suisse sur fonds propres) deux utilisateurs industriels de l'aéronautique (Snecma groupe Safran, CRMA groupe Air France), une PME dont le coeur de métier est l'instrumentation laser (Laser Métrologie) et deux organismes de recherche complètent cet éventail : ARMINES pour sa forte expertise dans les matériaux aéronautique, et le PIMM (coordinateur) pour ses compétences uniques dans les procédés laser.

Partenaires Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris
Snecma
Société Construction Réparation Matériel Aéronautique
Laser Métrologie SARL
Association Recherche et Développement Méthodes &
Process Industriels
Lasag AG

Coordinateurs Matthieu Schneider – Arts et Métiers ParisTech
matthieu.schneider@paris.ensam.fr
Laurent Berthe – Arts et Métiers ParisTech
lberthe@gmail.com

Aide de l'ANR 962 960 €

Début et durée Janvier 2010 - 42 mois

Référence ANR-09-MAPR-014

Label pôle ASTECH