

DÉLIBÉRATION n° CA-02-03-2018-06 DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Séance du 2 mars 2018

Examen de demandes de financement CPER FEDER
OPTICOVE I
EVAHYDE
CHIMCOMBI

Le Conseil d'administration

- Vu le Code de l'éducation ;
- Vu les Statuts de l'Université de Poitiers ;
- Vu les délibérations n° 20180118-1, n° 20180118-2 et n° 20180118-3 adoptées par la Commission de la Recherche en date du 18 janvier 2018 portant avis favorables à l'unanimité aux projets présentés au titre de financement CPER FEDER ;
- Vu les documents adressés au Conseil d'administration ;
- Vu les propositions présentées en Conseil d'administration ;

Après en avoir délibéré,

ADOPTE

Article 1^{er} : OPTICOVE I

L'opération et le plan de financement CPER FEDER pour le programme OPTICOVE I (Optimisation des systèmes de conversion de l'énergie et de la propulsion - Motorisations, maîtrise des étanchéités et des frottements), avant soumission au Comité régional de Programmation, sont approuvés, conformément aux pièces-jointes.

Article 2 : EVAHYDE

L'opération et le plan de financement CPER FEDER pour le programme EVAHYDE (EVolutions et Améliorations de la plateforme HYDrodynamique Environnementale), avant soumission au Comité régional de Programmation, sont approuvés, conformément aux pièces-jointes.

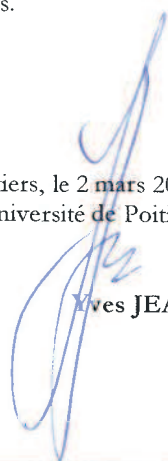
Article 3 : CHIMCOMBI

L'opération et le plan de financement CPER FEDER pour le programme CHIMCOMBI (Propulsion spatiale à ergols verts et catalyse), avant soumission au Comité régional de Programmation, sont approuvés, conformément aux pièces-jointes.

Article 4 : Décompte des voix

La présente délibération est adoptée à l'unanimité.

Fait à Poitiers, le 2 mars 2018
Le Président de l'Université de Poitiers


Yves JEAN

UNIVERSITE DE POITIERS

26. MAR 2018

Transmis à Monsieur le Recteur, Chancelier des Universités, le

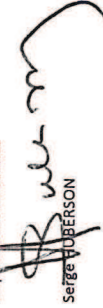
Direction des affaires juridiques

Vu le code de l'éducation,
Vu les statuts de l'université de Poitiers,
Vu les propositions du Président,

DATE DE LA CR	18/01/2018
---------------	------------

DELIBERATION CR N°	THEMATIQUE	OBJET	MESURE PROPOSEE A LA DELIBERATION	DEBUT D'APPLICATION DE LA MESURE	FIN DE LA MESURE	PRESENTS OU REPRESENTES	DELIBERATION CR	OBSERVATION
20180118-1	CPER-FEDER	Demande de financement FEDER	Approbation de l'opération et du plan de financement du projet du programme CPER TRANSPORTS "OPTICOVE I : Optimisation des systèmes de conversion de l'énergie et de la propulsion - Motorisations, maîtrise des étanchéités et des frottements"	18/01/2018		29	Favorable à l'unanimité	
20180118-2	CPER-FEDER	Demande de financement FEDER	Approbation de l'opération et du plan de financement du projet du programme CPER TRANSPORTS "EVAHYDE : Evolutions et Améliorations de la plateforme HYDrodynamique Environnementale"	18/01/2018		29	Favorable à l'unanimité	
20180118-3	CPER-FEDER	Demande de financement FEDER	Approbation de l'opération et du plan de financement du projet du programme CPER TRANSPORTS "CHIMCOMBI : Propulsion spatiale à ergols verts et catalyse"	18/01/2018		29	Favorable à l'unanimité	

Fait à Poitiers, le 19 janvier 2018
Le Président de séance


Serge AUBERSON



Réunion de la Commission Recherche
Séance du 18 janvier 2018

Dossier CPER / FEDER pour approbation de l'opération et du plan de financement
avant soumission au Comité régional de Programmation

<i>OPTICOVE I : Optimisation des systèmes de conversion de l'énergie et de la propulsion - Motorisations, maîtrise des étanchéités et des frottements</i>
--

Porteur : Olivier BONNEAU

Période prévisionnelle d'exécution : Du 01/07/2016 au 30/06/2019

Description de l'opération :

L'optimisation de la conversion de l'énergie

Les performances énergétiques, économiques et environnementales des systèmes propulsifs (moteur automobiles, moteur d'avion, moteur fusée) et des dispositifs de transformation d'énergie (turbine, pompes, compresseurs, ...) sont fortement conditionnées par la qualité de conception et de réalisation des supports et des étanchéités fluides. Selon une étude de 2012* qui analyse l'impact économique du frottement sur le transport automobile, les pertes directes par frottement (freinage exclu) correspondent à une surconsommation annuelle de 340 de litres de carburant par véhicule automobile. Ramené au parc automobile de la région Nouvelle Aquitaine (3 millions de véhicules) ce n'est pas moins de 1 milliard de litres qui partent ainsi en fumée produisant un dégagement de 2,550 millions de tonnes de CO₂ dans notre environnement le plus proche. Un gain de 10% sur la valeur du rendement permettrait de réaliser une économie annuelle de 100 millions de litres de carburant dans la région.

Les performances des machines reposent en grande partie sur la qualité du guidage en rotation (grandes vitesses de rotation, faibles couple de frottement, fiabilité, ...): *c'est la fonction guidage* et sur leur capacité à garantir l'interdiction de passage d'un fluide (gaz, liquide) d'une zone à une autre : *c'est la fonction étanchéité*.

L'objectif du projet est de consolider la compréhension des phénomènes physiques conditionnant le comportement des éléments fluides, de caractériser finement leurs performances et de répondre aux enjeux industriels de conception et de dimensionnement en proposant des solutions techniques innovantes et en rupture avec les pratiques actuelles.

Verrous scientifiques et projet

Une de nos activités concerne à étudier la capacité des composants à supporter des vitesses de rotation de plus en plus grandes (à sollicitations égales ceci permet d'augmenter les puissances massiques de façon significative) dans des environnements de plus en plus complexes (fluides chargé en particules, champ électrique, températures élevées, fluides peu visqueux, ...). Le projet de recherche proposé permettra de concevoir des bancs d'essais ou des adaptations de dispositifs existants qui permettront d'en accroître les performances.

Ceci se déroule toujours avec une double approche; celle du composant (palier, butée, joint liquide, joint gaz, ...) qui nécessite des bancs d'essai dédiés. Et l'approche, plus transversale, des phénomènes physiques apparaissant dans ces composants (turbulence, effet d'inertie des fluides, dynamique, thermique, ...) qui à partir des observations expérimentales permet de décrire et d'analyser par modélisation numérique ces phénomènes.

**Global energy consumption due to friction in passenger cars
Tribology International 47 (2012)*

Le projet proposé s'articule autour de trois principaux bancs d'essais. La démarche est la suivante : réalisation du dispositif (à partir de besoins scientifiques et technologiques), campagne d'essais et analyses, l'ensemble permettant une montée en compétence sur l'analyse des phénomènes physiques.

Nous souhaitons aussi pouvoir bénéficier d'outils de métrologie et de caractérisation de surface. Ceci est fondamental pour nos travaux. Les équipements que nous envisageons viendront en complément du « Surfomètre » acquis il y a quelques années sur des financements régionaux. Ce dispositif utilisé nous a permis d'acquérir une bonne compétence en analyse de surface. Cependant la zone de mesure est un peu limitée et l'acquisition d'appareils complémentaires permettrait de disposer d'une plateforme de caractérisation des formes et surfaces tout à fait à la hauteur de nos ambitions scientifiques.

Moyens

Moyens humains : Cette thématique s'appuie sur les compétences d'une quinzaine de chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs de l'équipe Tribolub. Cette équipe est la seule en France à pouvoir offrir aux industriels une réponse adaptée (théorique et expérimentale) sur un très large panel de technologies liées à la lubrification des organes de machines. De nombreux contrats de recherche (CETIM, SAFRAN, CNES, EDF, HUTCHINSON,...) et soutiens institutionnels (ANR, LABEX, EQUIPEX) permettent d'assurer une grande part du fonctionnement mais aussi une part de l'équipement.

Moyens expérimentaux : L'Institut Pprime dispose d'une plateforme expérimentale de tout premier plan internationale dédiée à l'étude des éléments fluides. Nous pouvons caractériser et isoler des phénomènes physiques complexes mais aussi tester des composants et organes de dimensions quasi-industrielles. Le principal objectif de ce projet est de continuer à capitaliser sur ce patrimoine scientifique en développant de nouveaux dispositifs ou en adaptant nos moyens actuels aux enjeux du futur.

Moyens structurels : Le laboratoire commun avec le CETIM, dédié à l'étanchéité, nous permet de bénéficier de ses compétences vis-à-vis des PME-PMI. Un transfert de technologie efficace (logiciels, conseils de conception, dimensionnement, formation continue) est porté par le CETIM qui s'appuie pour cela sur les résultats de nos travaux.

Enfin pour conclure, notre principal objectif est de rester en tête de la compétition internationale dans notre secteur. L'évaluation Hcéres (2016-2017) a souligné notre position de leader national : *« L'équipe possède une forte visibilité sur sa thématique. L'équipe rayonne dans un domaine reconnu de la tribologie et est sans conteste le leader en France de la tribologie des paliers et de l'étanchéité dynamique. Fortement impliquée dans les instances éditoriales et de l'organisation de congrès, l'équipe possède un rayonnement dans la sphère internationale des tribologues du plus haut niveau »*. Nous souhaitons poursuivre cet effort et renforcer notre plate-forme expérimentale unique au niveau européen. C'est grâce à cette politique de soutien institutionnel (CPER, FEDER, CNRS, PIA, ...) que nous avons pu nous constituer et faire évoluer une plateforme expérimentale de premier plan.

La première action concerne la mise en place d'un nouveau banc d'essais, unique au niveau européen, dédié à l'analyse des étanchéités.

Il s'agit d'un dispositif permettant de caractériser le comportement de joints à vis de pompage (les joints à vrilles) (Figure 1). Ce type de joint est utilisé pour assurer une étanchéité dynamique sans contact entre une partie tournante et une partie fixe.

L'objectif de cette étude est d'identifier et de comprendre les phénomènes physiques pour optimiser les performances. L'objectif est double : minimiser les frottements pour limiter les pertes d'énergie et maximiser les pressions à étancher. Ce joint présente l'avantage d'être fiable, performant et économique mais son dimensionnement complexe est aujourd'hui un frein à son implantation dans les systèmes mécaniques. Les exigences industrielles de plus en plus drastiques conduisent à repousser en permanence les limites des systèmes d'étanchéité. Ce nouveau dispositif d'essai permet d'atteindre des conditions de fonctionnement très sévères avec des vitesses de rotation pouvant atteindre 50 000 tr/min pour un diamètre d'arbre de 50 mm, c'est cinq fois plus que la capacité d'un joint à lèvres classique. Une instrumentation complète du banc, avec plus de 20 capteurs, permet d'appréhender les phénomènes physiques tels que les turbulences, les effets thermiques, les pressions hydrodynamiques etc...

La conception du banc s'est déroulée de mi 2016 à mi-2017, le montage est en cours de réalisation. Les essais de mise au point du banc sont prévus pour décembre 2017. Une première campagne d'essais débutera au premier trimestre 2018 sur un nouveau design de joint à vrilles et permettra de valider un modèle numérique développé spécifiquement. La grande modularité de ce banc d'essais permettra d'étudier des joints à lèvres (réalisation d'une nouvelle cellule d'essais en 2018) dans des conditions de fonctionnement extrême. Le banc permet de reproduire des conditions de fonctionnement avec des vitesses de rotation de $50\,000\text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$, des pressions de 20 bars et une température d'huile de 80°C .

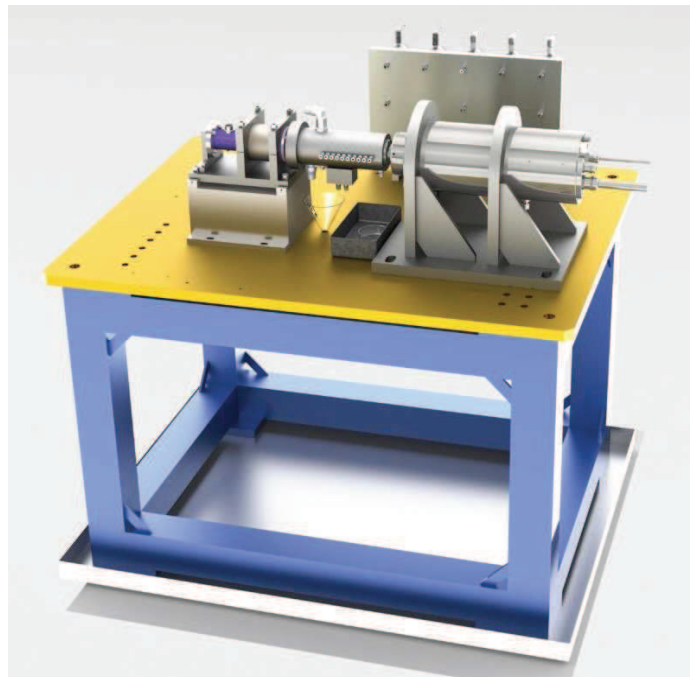


Figure 1 : Banc d'essai

La seconde action concerne le développement de nouvelles cellules d'essais et de nouvelles instrumentations sur des bancs d'essais existants. Il s'agit principalement de banc d'essais pour butée hydrodynamique et pour palier mais aussi sur des dispositifs permettant de réaliser des essais en tribo-électricité. Nous avons développé un banc d'essai destiné à la caractérisation de composants innovants permettant le passage d'un courant électrique entre un stator et un rotor (remplacement des charbons des machines actuelles). Cette étude doit encore se poursuivre en collaboration avec des collègues

électrotechniciens du LIAS (Laboratoire d'Informatique et d'Automatique pour les Systèmes). Une demande de brevet est en cours auprès de la SATT.

L'instrumentation (pression, températures, positions,) des machines tournantes s'effectue sur la partie fixe (stator). Nous souhaitons pouvoir réaliser maintenant l'acquisition de capteurs embarqués sur la partie tournante (rotor) des éléments. Cet aspect présente une très grosse plus-value pour nos résultats : il sera possible ainsi d'accéder à des données locales très intéressantes pour la compréhension des phénomènes physiques.

Enfin il devient très important pour notre équipe de disposer d'un outil de caractérisation métrologique du comportement des fluides (rhéomètre). Ce dispositif permet de mesurer avec précision la qualité des lubrifiants et leurs évolutions au cours du temps (détérioration des biolubrifiants par exemple à la suite de sollicitations diverses). En effet les propriétés rhéologiques impactent toutes les étapes d'utilisation des fluides dans diverses industries, depuis leur développement, leur production, leur utilisation jusqu'à leur gestion de fin de vie. Ainsi, l'acquisition d'un rhéomètre va donner une plus-value très importante à l'ensemble des activités de l'équipe Tribolub. Nous pourrons :

- Connaître avec précision les propriétés rhéologiques des lubrifiants utilisés par l'ensemble des bancs d'essais de l'équipe
- Suivre l'évolution des lubrifiants pendant les tests d'endurance et cerner les couplages forts entre les propriétés rhéologiques et le comportement des systèmes de guidage et d'étanchéité
- Connaître les propriétés rhéologiques des lubrifiants pollués
- Caractériser de nouveaux produits tels que les biolubrifiants, pour en augmenter l'efficacité en rapport avec l'application visée.
- Connaître les propriétés rhéologiques des lubrifiants en présence d'un champ électrique

Nombre de chercheurs recrutés / affectés : 8

Coût total : 274 015 euros HT

Montant de l'aide européenne sollicitée : 211 944 euros, soit 77.35 % du coût du projet

Autre financement public sollicité sur l'opération : 62 071 euros (CPER part Région)

Financements privés : /

Autofinancement : /

Axe / objectif thématique / objectif spécifique mobilisé : principal : Axe 1 / OT 1 / PI 1a / OS 1a

Programme CPER : TRANSPORTS



Réunion de la Commission Recherche
Séance du 18 janvier 2018

Dossier CPER / FEDER pour approbation de l'opération et du plan de financement
avant soumission au Comité régional de Programmation

<i>EVAHYDE : EVolutions et Améliorations de la plateforme HYDrodynamique Environnementale</i>
--

Porteur : Damien CALLUAUD

Période prévisionnelle d'exécution : Du 01/12/2016 au 30/11/2019

Description de l'opération :

La Plateforme Hydrodynamique Environnementale (pHE) a pour objectifs de répondre à différentes problématiques hydrodynamiques mettant en jeu des écoulements à surface libres et de répondre directement aux problématiques industrielles. La finalité des actions proposées est l'évaluation/prévention de risques environnementaux, l'amélioration du transport fluvial et la production d'énergie. Ces outils de recherche appliqués seront ouverts aux PME-PMI en collaboration directe avec l'Université de Poitiers ou en association avec les structures de transfert comme le CRAIN. L'objectif du développement de cette Plateforme Hydrodynamique Environnementale est donc d'améliorer les performances des installations existantes et le niveau d'expertise des chercheurs, ingénieurs associés à cette plateforme au sein de l'Université de Poitiers dans l'Institut P' et de pouvoir accompagner les industriels dans leur recherche afin de répondre aux exigences environnementales qui leur seront imposées dans les prochaines années en particulier dans le cadre du transport.

En France, les plateformes existantes possèdent soit des instruments de grande taille comme à Nantes ou au Val de Reuil par exemple et qui nécessite l'intervention de plusieurs personnes à des coûts élevés afin de mener les campagnes de mesures, soit des installations plus réduites mais plus dispersées sur les Universités. L'essentiel des plateformes nationales sont orientées sur des domaines d'application comme le transport maritime, la production d'énergie issue de la mer ou des chutes d'eau de très haute altitude ou sur le Génie Côtier (Nantes, Brest, Val de Reuil, Grenoble, Le Havre, Caen). Il n'existe pas d'instruments similaires de taille moyenne au niveau national regroupant une telle diversité d'installations et permettant de répondre à de nombreuses problématiques industrielles et de recherche.

Le spectre de la plateforme PHE est très large en nombre d'installations et comprenant, en autres, quatre installations spécifiques, à savoir un bassin de traction, qui permet de mener des analyses en milieu peu profond équipé d'un système de génération de co ou contre-courant, un tunnel hydrodynamique, deux grands canaux hydrodynamiques atteignant des gammes de débits importants mais également des installations de plus petites tailles comme des boucles hydrodynamiques, des canaux inclinables. Enfin, associée à cette plateforme, une forte expertise en mesures est développée depuis de nombreuses années. Ainsi des évolutions de ces canaux et tunnels, et des dispositifs de mesure associés sont nécessaires afin de répondre au mieux aux besoins de recherche industriels des prochaines années.

L'objectif de la plateforme PHE est de répondre à un ensemble de problématiques et d'enjeux industriels et de recherche concernant :

- les impacts environnementaux produits par le transport maritime et fluvial, par la production d'énergie renouvelable dans les milieux aquatiques mais également par les dérèglements climatiques,
- la réduction des coûts de consommation du transport maritime et fluvial et des impacts en bordure des berges (en particulier dans les canaux ou les ports),
- la production d'énergie renouvelable de petite puissance tout en veillant, comme pour les installations de grande puissance, à ne pas impacter le bon état écologique des cours d'eau ou des côtes.

Les activités de recherches scientifiques appliquées, de prestations et de formations des étudiants dans les thématiques développées au sein de cette plateforme sont, par conséquent, nombreuses (interactions ondes/courant, ondes de batillage, hydrolienne, systèmes de récupération d'énergie, passes à poisson, grille de dévalaison, grille de prises d'eau, essais comportementaux du vivant, transport sédimentaire, affouissement, comportement rhéologique en mouvement, caractéristiques rhéologiques, sillages de carènes et de corps en mouvement, écoulements sur machines tournantes).

Pour cela, l'objectif premier du projet est tout d'abord d'optimiser les installations existantes. La longueur du canal de traction (TOWHYDE) ne nous donne accès qu'à des études limitées. En effet, dans l'état actuel, d'une part, la plage où la vitesse du chariot est constante et, d'autre part, l'influence des phases d'accélération et de décélération du chariot sur l'écoulement globale dans le canal limitent le potentiel de l'installation. Son agrandissement permettra de pallier à cette limitation et d'augmenter la plage de mesures possibles afin d'accéder à la caractérisation d'écoulements pleinement développés autour de bateaux notamment en configurations confinées, l'amélioration d'hydroliennes et la quantification de leurs impacts sur l'environnement. D'autres équipements essentiels compléteront l'amélioration de la plateforme comme un batteur à houle, des tables de déplacement, un générateur de mouvement et un analyseur de bulles.

Enfin, l'apport de métrologie de pointe innovante, spécificité de l'Université de Poitiers et de l'Institut Pprime, ajoute une plus-value à cette plateforme, permettant ainsi l'accès à des analyses physiques détaillées sur des modèles réduits par des mesures issues de techniques avancées de diagnostics (vitesse, pression, efforts, concentration, flux sédimentaire, caractéristiques rhéologiques). Ces outils de mesures doivent être complétés par des systèmes d'acquisition de vitesses (Programmable Timing Unit et traitement) et d'éclairage (source laser), spécifiques aux études menées au sein des installations de la Plateforme Hydrodynamique.

Les actions mises en œuvre dans ce projet visent à optimiser les équipements et les moyens expérimentaux dont dispose la plateforme Hydrodynamique Environnementale pour offrir aux entreprises régionales et à l'Université une plateforme expérimentale d'essais qui permettra d'accroître la compétitivité et l'innovation des entreprises.

Les actions principales suivantes sont envisagées dans ce projet :

* L'extension du bassin de traction de 10 m pour avoir une longueur totale de 30 m permettant de répondre aux problématiques du transport fluvial (milieux confinés, forte résistance à l'avancement, impacts sur les berges, ...) mais également aux interactions sur les structures ou les systèmes de protection. Cette extension nécessitera également le rallongement du bâtiment actuel qui accueille cette installation et qui est inscrit dans le programme CPER.

* Des équipements spécifiques associés au bassin seront achetés comme :

- un batteur à houle pour travailler sur les problèmes ondulatoires générés par les déplacements des bateaux ou aux entrées de port
- un tripode permettant la mobilité des maquettes selon les 6 degrés de liberté pour modéliser l'enfoncement dynamique des bateaux ou des dispositifs de récupération d'énergie.

- un moteur pour générer des déplacements rapides de maquette

* Un rhéomètre sera acheté permettant la caractérisation des lits de rivière, des zones affectées par le bouchon vaseux, ou encore les sédiments cohésifs qui se déposent soit dans les réservoirs, soit dans les ports. Ce matériel sera partagé avec la plateforme Systèmes et Produits Industriels de l'Université de Poitiers.

* Des moyens de mesures optiques et leurs systèmes d'acquisition et de traitement associés comme des logiciels d'acquisition surfacique ou volumique, un laser pulsé pour l'éclairage, une optique pour générer un plan laser, ou un appareil de mesure du taux de vide et de la taille des bulles.

L'ensemble de ces équipements viendront compléter les équipements déjà existants de la plateforme et les différents bancs expérimentaux très complémentaires. A partir de cet ensemble, la plateforme pHE pourra répondre à un large spectre de besoins en recherche et innovations pour les entreprises et cela pourra se faire au travers de collaborations de recherche.

Dans le cadre du projet, nous proposons aussi de mettre en place des rencontres avec les entreprises et les industriels, de préparer des supports (plaquettes, films, site web) pour promouvoir la plateforme et enfin de chercher à la faire reconnaître dans les différentes instances nationales (CNRS, MESR, GIS HED²).

Nombre de chercheurs recrutés / affectés : 4

Coût total : 729 486 euros HT

Montant de l'aide européenne sollicitée : 407 496 euros, soit 55.86 % du coût du projet

Autre financement public sollicité sur l'opération : 321 990 euros (CPER part Région)

Financements privés : /

Autofinancement : /

Axe / objectif thématique / objectif spécifique mobilisé : principal : Axe 1 / OT 1 / PI 1b / OS 1b

Programme CPER : TRANSPORTS



Réunion de la Commission Recherche
Séance du 18 janvier 2018

Dossier CPER / FEDER pour approbation de l'opération et du plan de financement
avant soumission au Comité régional de Programmation

<i>CHIMCOMBI : Propulsion spatiale à ergols verts et catalyse</i>
--

Porteur : Yann BATONNEAU

Période prévisionnelle d'exécution : Du 01/11/2017 au 31/10/2020

Description de l'opération :

Ce projet pour une durée de 3 ans est porté par l'Université de Poitiers et l'IC2MP dans le cadre du programme TRANSPORT (Axe 2 : Energétique, propulsion, sécurité et ambiance).

Au niveau de l'IC2MP, la thématique porte sur la propulsion spatiale. Cette thématique a été initiée il y a une vingtaine d'année et associe deux domaines complémentaires : la catalyse hétérogène et la propulsion. En quelques années, l'IC2MP a acquis une renommée internationale dans le domaine de la catalyse appliquée à la propulsion spatiale et reste à ce jour l'unique entité française à travailler sur cette thématique. Cette position de référence au niveau national et international ainsi que les besoins croissants résultant de la conquête spatiale ont permis à l'équipe de diversifier son expertise sur un très large éventail de systèmes de propulsion.

Ce projet s'inscrit dans une dynamique de recherche visant à développer des systèmes de propulsion plus performants et plus respectueux de l'environnement.

A l'heure actuelle, le remplacement de composés énergétiques toxiques dans les systèmes propulsifs est un enjeu majeur du fait de l'augmentation du trafic spatial. C'est notamment le cas de l'hydrazine. Ce composé énergétique, utilisé actuellement comme ergol liquide (carburant pour le spatial) dans les systèmes propulsifs de 99 % des satellites en orbite, est hautement toxique et classé SVHC (Substance of Very High Concerns) par la réglementation REACH. Ces propriétés carcinogènes et explosives demandent de prendre des précautions drastiques, telles que le port de combinaisons dédiées (SCAPE), menant ainsi à des coûts d'utilisation élevés. L'adaptation et l'optimisation de systèmes catalytiques intégrés aux moteurs de décomposition de nouveaux ergols verts (eau oxygénée ou ergols à base de liquides ioniques) est donc une priorité au niveau européen. Par ailleurs, si les regards se sont principalement tournés que vers l'hydrazine ces dernières années, d'autres composés sont aujourd'hui également en voie de remplacement. Au niveau de la propulsion solide par exemple, le perchlorate d'ammonium, qui est utilisé comme oxydant dans la formulation des boosters d'Ariane et de Vega (lanceurs européens), est toxique également et conduit à la formation de grande quantité d'acide durant les lancements menant ainsi à des problèmes environnementaux. A titre d'exemple, 100 tonnes d'acide chlorhydrique sont libérées dans l'atmosphère à chaque lancement d'Ariane 5 participant ainsi aux phénomènes de pluies acides ou à la destruction de la couche d'ozone. Dans ce cas, la modification de la composition des constituants traditionnels des propergols (ergols solides

constitués essentiellement d'un oxydant, d'un réducteur et de liants) afin d'accroître leurs performances et de diminuer les rejets toxiques est envisagé.

Ce projet vise en premier lieu à comprendre et maîtriser des réactions de synthèses de composés énergétiques verts pour les ergols liquides et solides. La synthèse de composés énergétiques (liquides ioniques, hydrures...) sous une forme stable et de haute pureté nécessite d'avoir une connaissance poussée et une maîtrise de la thermodynamique de réaction, de la cristallisation quand il y a lieu... Pour cela, un **module d'acquisition** permettant un suivi précis de la température et de la pression pendant la synthèse est indispensable. En outre, l'acquisition de la base de données **PDF-4+** permettra de contrôler la qualité de certains matériaux énergétiques préparés.

Le projet a également pour objectif la compréhension des processus de décomposition ou de combustion catalytique et le contrôle de la sélectivité des réactions afin de développer des systèmes catalytiques innovants, performants et respectueux de l'environnement. Celui-ci englobe, la décomposition de monergols verts (eau oxygénée, liquides ioniques énergétiques...) pour des applications en propulsion, la combustion et la décomposition de composés énergétiques verts pouvant entrer dans la composition des propergols (logés dans les boosters des lanceurs) ainsi que l'allumage basse température biergols (H_2 et O_2), technologie importante qui est envisagée au niveau des étages supérieurs réallumables de lanceurs (Ariane 6) pour laquelle la voie catalytique apparaît comme présentant le plus d'avantages. Ainsi, le renforcement de l'appareillage analytique par une **GC-IRTF** et une **micro-GC** permettra de qualifier et de quantifier les produits de réaction menant ainsi à la détermination de façon précise des bilans de réactions et ainsi à mieux contrôler les effluents émis dans l'atmosphère. Par ailleurs, les vitesses de réactions étant très rapide en propulsion, l'adaptation d'appareillage de mesure (**MS** et **NIR**) permettront d'avoir un suivi en temps réel des produits formés notamment dans le cas de tests en réacteurs dynamiques. Les données ainsi récoltées permettront d'orienter les recherches pour le développement de systèmes catalytiques innovants et performants. Des logiciels de traitement de données (**Matlab**) et de calcul thermodynamique (**HSC 9**) permettront, dans cette optique, de faciliter la compréhension et l'optimisation des réactions mis en jeu. Dans le cas de la décomposition de monergol à base de liquides ioniques énergétiques verts, des catalyseurs supportés sur hexaaluminates sont envisagés du fait des températures adiabatiques de décomposition des ergols très élevées. Les hexaaluminates présentent en effet l'intérêt de faire partie des rares matériaux pouvant résister à de hautes températures. L'obtention de tels matériaux pourvus de hautes surfaces spécifiques sera rendue possible grâce à l'acquisition d'un **vibro broyeur**.

Ce projet permettra également à l'IC2MP de mener des études dans des conditions se rapprochant des applications réelles. Pour cela, des essais des réactions de décomposition ou de combustion seront mis en œuvre. Ceux-ci nécessiteront un système de régulation approprié des débits d'ergols assuré par un **débitmètre liquide** et son système d'injection. Les résultats issus de tels tests permettront d'accéder à des échelles qui favoriseront grandement les interactions comme les collaborations avec les industriels du domaine de l'aérospatial. Il contribuera également à amplifier les collaborations entre Pprime et l'IC2MP notamment dans le domaine de la propulsion biergol H_2O_2 /Ethanol mais également sur de nouveaux systèmes de propulsion puisque l'acquisition de l'ensemble des équipements mentionnés ci-dessus permettra d'effectuer des études complémentaires à celles réalisées sur les bancs d'essais de Pprime.

Enfin, les résultats obtenus dans le cadre de ce projet seront notamment valorisés, dans le cas d'une acceptation favorable du comité d'évaluation, au congrès « Joint Propulsion Conferences » organisé par « the American Institute of Aeronautics and Astronautics » (AIAA) qui est la plus grande société professionnelle dans le domaine de l'aérospatiale dans le monde. La participation de l'équipe à ce congrès permettra d'augmenter la visibilité des travaux effectués au sein de l'IC2MP et de l'Université de Poitiers et d'initier de nouvelles collaborations.

Les objectifs de recherches de l'IC2MP dans le cadre des travaux liées au projet sont :

- De synthétiser et préparer de nouveaux composés énergétiques verts permettant d'une part des performances accrues et d'autre part le remplacement de composés énergétiques toxiques et

non respectueux de l'environnement utilisés actuellement. Concernant les ergols liquides, les liquides ioniques énergétiques font partie des composés de choix pour le remplacement de l'hydrazine. Ainsi, l'obtention de ces produits à moindre coût, avec une haute pureté et stables est visée. Dans le cas des propergols, l'objectif est de travailler sur de nouvelles formulations plus respectueuses de l'environnement.

- De renforcer notre compréhension des mécanismes de réactions afin de développer de nouveaux systèmes catalytiques permettant de contrôler la vitesse et la sélectivité des produits formés lors de réaction de combustion ou de décomposition. Cette compréhension permettra de définir les modifications, de phase actives et de supports, des futurs matériaux catalytiques afin d'atteindre une optimisation de la réactivité. Les réactions étudiées seront la décomposition de monergols verts (eau oxygénée, liquides ioniques énergétiques...), la combustion et décomposition de composés énergétiques verts pouvant entrer dans la composition des propergols ainsi que l'allumage basse température biergols (H_2 et O_2).
- De se rapprocher des conditions réelles d'utilisation.
- De relever les défis technologiques tels qu'atteindre des températures de démarrage des réactions les plus basses possibles, ceci afin d'économiser de l'énergie, de diminuer au maximum la masse et les dimensions des systèmes propulsifs, d'améliorer la longévité des moteurs, notamment dans le cadre où la réutilisation de moteurs est envisagée à moyen terme, et d'augmenter les performances notamment au niveau de la consommation d'énergie et de la poussée générée.
- De participer au dimensionnement des chambres catalytiques des futurs satellites et étages supérieurs de lanceurs.

Ce projet s'inscrit dans une dynamique de continuité des travaux menés par l'IC2MP dans le domaine de la propulsion chimique. Il permettra de répondre aux besoins actuels en matière d'optimisation des systèmes de propulsion, notamment au niveau respect environnemental et performances, et d'offrir de nouvelles perspectives aux recherches en cours permettant ainsi de débloquent des verrous technologiques. Ce projet a été articulé suivant trois actions :

1/ Compréhension et maîtrise des réactions de synthèses de composés énergétiques pour les ergols liquides et solides

Cette action permettra de renforcer le potentiel en termes de préparation à moindre coût de composés énergétiques stables et de haute pureté entrant dans la composition d'ergols et de propergols. Pour cela, l'acquisition d'un module permettant l'acquisition des données en temps réel des pressions et températures permettra d'avoir une meilleure compréhension et une maîtrise accrue des procédés de préparation. Enfin, l'acquisition de la base de données PDF-4+ permettra de s'assurer de la qualité de certains matériaux préparés.

2/ Compréhension des processus de décomposition et combustion catalytique

L'optimisation des systèmes de propulsion (liquide et solide) nécessite d'avoir une connaissance poussée des mécanismes réactionnels. Pour cela, le renforcement des réacteurs de tests dynamiques et fermés pour l'étude de la décomposition de monoergols et la combustion de propergols par un ensemble d'appareillage analytique permettra d'avoir, d'une part, un suivi en temps réel des produits de réaction grâce à l'acquisition d'un spectromètre de masse et d'un détecteur portable proche infrarouge, et, d'autre part, une analyse de tous les produits formés grâce à l'acquisition d'un chromatographe en phase gaz couplé à une détection par spectrophotométrie infrarouge à transformée de Fourier.

Dans le cas du l'allumage catalytique de système biergols cryogéniques de type H_2 et O_2 , le contrôle de la réactivité peut également se faire grâce à la quantification des réactifs et/ou produit de réaction en sorti de réacteur. L'adaptation d'un micro-chromatographe en phase gaz sur le banc d'essais catalyseurs monolithique pour allumage basse température permettra d'obtenir une mesure très précise

des quantités d'oxygène et hydrogène formés en un temps très court. Les bilans réactionnels pourront ainsi être faits avec une grande précision.

Les nouveaux appareillages analytiques nécessiteront l'acquisition d'ordinateur d'instrumentation ainsi que de licences MatLab nécessaire pour le traitement des données. Par ailleurs, le logiciel de calcul thermodynamique HSC 9 sera essentiel pour la compréhension et l'optimisation des réactions mis en jeu.

L'ensemble de ces tests nécessiteront la préparation de catalyseurs ayant de hautes surfaces spécifiques et présentant une dispersion de phases actives optimales. Dans le cas de la décomposition de monoergol à base de liquides ioniques énergétiques verts, des catalyseurs supportés sur hexaaluminates sont envisagés du fait des températures adiabatiques de décomposition très élevées. L'obtention de hautes surfaces spécifique sera possible grâce à l'obtention d'un vibrobroyeur. L'acquisition de la base de données PDF-4+ (mentionnée dans l'action 1) permettra également de s'assurer que la nature cristalline des matériaux catalytiques préparés entre en conformité avec les attentes.

3/ Tendre vers des conditions réelles d'injection d'ergols

L'objectif est de s'approcher des conditions réelles d'injection d'ergols liquides utilisés dans les moteurs de satellites ou au niveau des moteurs de contrôle d'attitude d'étages supérieurs de lanceurs. Le système d'injection permettra de tester des catalyseurs mis en forme (monolithes ou granulés) préparés au sein de l'IC2MP sur un réacteur dynamique. Le système d'injection sera alimenté en ergol à l'aide d'un débitmètre liquide fonctionnant sous une pression pouvant aller jusqu'à 20 bar et permettra d'obtenir une régulation très précise dans une gamme de 0,2 à 10 mL min⁻¹. Cette installation s'accompagnera de réservoirs d'alimentation et de vanneries spécifiques nécessaires à la sécurité du système et la régulation du flux. Des sondes de pression, des thermocouples ainsi que des afficheurs digitaux adaptés seront nécessaires au contrôle de la régulation et au suivi de la réaction.

Nombre de chercheurs recrutés / affectés : 1

Coût total : 204 837 euros HT

Montant de l'aide européenne sollicitée : 122 837 euros, soit 59.97 % du coût du projet

Autre financement public sollicité sur l'opération : 82 000 euros (CPER part Région)

Financements privés : /

Autofinancement : /

Axe / objectif thématique / objectif spécifique mobilisé : principal : Axe 1 / OT 1 / PI 1a / OS 1a

Programme CPER : TRANSPORTS