

## Présentation des projets financés au titre de l'édition 2010 du Programme Hydrogène et piles à combustible

<b>ACRONYME - titre du projet</b>	<b>Page</b>
<b>APHRODITE</b> - Architecture sous Pression d'évHt à suRface de cOntact maximale et DIstribution par et à Travers l'Electrode	3
<b>DIAPASON 2</b> - DIAgnostic de Pile à combustible Pour Applications automobiles et Stationnaires sans instrumentatiON (2ème phase)	5
<b>INEXTREMIS</b> - Lien IN et EX situ : Transport et Répartition d'Eau en fonctionnement dans les Membranes échangeuses d'IonS	7
<b>MEMFOS</b> - MEMbranes FluorophOSphoniques pour PEMFC hautes températures	9
<b>PILE-EAU-BIOGAZ</b> - Faisabilité technico-économique et environnementale de la production d'électricité à partir d'une pile à combustible à Oxyde Solide (SOFC) alimentée au biogaz	11
<b>STHYME</b> - Stockage de l'hydrogène humide économiquement viable	13
<b>TOLEDO</b> - TOLerance aux DOmmages des réservoirs hyperbares composites de stockage hydrogène	15



Titre du projet

## APHRODITE - Architecture sous Pression d'evHt à suRface de cOntact maximale et DIstribution par et à Travers l'Electrode

### Résumé

Le projet APHRODITE porte sur la production d'hydrogène par Electrolyse de la Vapeur d'eau à Haute Température (EVHT). Il vise à concevoir, fabriquer et tester un nouveau concept d'empilement EVHT à haute performance dédié à un fonctionnement à haute pression (30 bars). Il s'agit non seulement d'une conception innovante à l'échelle du motif élémentaire mais aussi d'une nouvelle approche dans la manière d'empiler les différents éléments, dans la manière de réaliser les étanchéités et dans la manière d'utiliser les gaz en pression. Ce concept n'a pas d'équivalent à notre connaissance sur le plan international, et constitue le premier stack d'EVHT planaire en pression. Ce projet de recherche industrielle, est centré sur l'expérimentation sous pression associée à la modélisation de la réponse thermique, électrochimique et mécanique de l'empilement. Pour cela, une étude des phénomènes électrochimiques impliqués à haute pression pour chacune des électrodes sera réalisée dans le cadre d'une thèse.

De plus, ces modèles permettront de développer un outil de simulation pour analyser et dimensionner les essais.

La plateforme logicielle issue du projet MOISE (ANR PAN-H 2007) sera utilisée et enrichie. Une validation expérimentale par parties des différentes fonctions à assurer (amenées des gaz et du courant, étanchéité, intégrité des cellules au montage...) sera menée avant les tests en pression, ce qui permettra d'optimiser la conception de l'empilement. Les étanchéités métalliques seront innovantes et issues du projet EMAIL (ANR PAN-H 2007). Les tests en pression réalisés à différentes échelles (cellule, motif élémentaire, empilement) permettront d'appréhender l'impact de l'ensemble des phénomènes impliqués dans l'EVHT sous pression et d'en valider l'intérêt pour la production massive d'hydrogène.

La démarche générale qui sous tend l'organisation du projet APHRODITE est donc de mener en parallèle :

- une action d'enrichissement de la connaissance du fonctionnement en pression d'un EVHT ;
- la réalisation et l'essai d'un premier empilement d'EVHT sous pression, sur la base d'un concept innovant conçu pour un fonctionnement en pression.
- la quantification grâce à la simulation des gains de performances (optimisation de la surface de contact, gain en taux d'utilisation, en performance de production, en dégradation...) réellement obtenues dans ce concept.

**Partenaires**

CEA/DRT/LITEN  
GARLOCK France  
CNRS/LECIME  
AUTOCLAVE France  
HELION

**Coordinateur**

Mme Magali REYTIER - CEA/DRT/LITEN  
magali.reytier@cea.fr

**Aide de l'ANR**

1176 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-001

**Label pôle**

TENERRDIS

Titre du projet

## DIAPASON 2 - Diagnostic de Pile à combustible Pour Applications automobiles et Stationnaires sans instrumentation (2ème phase)

### Résumé

La pile à combustible (PAC) est une technologie prometteuse pour les applications stationnaires et automobiles, mais sa fiabilité et sa durée de vie restent des freins majeurs à son accès à ces deux marchés. Il est donc nécessaire de développer des méthodes de diagnostic fiable avec une instrumentation minimale, voir se limitant à l'utilisation des données disponibles sur le système. Dans ce but, le projet DIAPASON (ANR PAN-H 2006) visait à développer des méthodes de diagnostic pour piles à combustible en utilisant le stack comme capteur et en comparant les méthodes basées : modèles physiques, modèles boîtes noires et celles basées signaux. Le projet DIAPASON a d'ores et déjà abouti à :

- \* à la conception d'un spectromètre d'impédance capable de réaliser des spectres sur des stacks d'une tension allant jusqu'à 500V.

- \* au développement d'algorithmes de diagnostic de défaillances de piles à combustible basés sur des réseaux de neurones dynamiques ainsi que sur des méthodes de diagnostic basées sur la reconnaissance des formes, méthode qui a fait l'objet du dépôt d'un brevet.

- \* au développement et à la validation d'une carte de 24 voies de mesure de tensions via des capteurs GMR (magnéto-résistance géante), interfacée avec une carte de multiplexage, elle-même pilotée par une carte de numérisation reliée à un PC sous Labview et Matlab.

- \* à l'interfaçage sous Labview et Matlab des algorithmes de diagnostic avec la carte d'acquisition, permettant de définir l'état de la pile à combustible.

Ce projet représente une continuité du projet DIAPASON tout en cherchant à lui apporter des innovations majeures :

- \* développement de nouveaux algorithmes reposant sur de nouvelles approches (méthodes statistiques ou de suivi de point de fonctionnement).

- \* extension du champ de validité de ces nouvelles approches et de celles étudiées au cours de la 1ère phase (modèles boîte noire et basés signaux) à d'autres types de défauts que ceux pris en compte dans le cadre de la phase 1.

\* d'élargir les possibilités des mesures actuelles (seules des tensions avec un temps de cycle de 1.6 ms) à des temps de cycles plus courts ( $\sim 100$   $\mu$ Hz pour la mesure d'impédance), d'autres variables (courant, pertes de charge,...), des gammes de puissances supérieures (stacks de 100 à 200 cellules).

\* d'intégrer, grâce au savoir-faire d'une PME spécialisée dans l'intégration de composants électroniques et partenaire du projet, tous les modules développés dans DIAPASON et améliorer au cours de ce projet au sein d'un module hybride unique et embarqué, regroupant : cellules GMR, instrumentation, cœur de calcul et de mémorisation externe.

\* intégrer des algorithmes classiques (FFT, ...) ou dédiés (développés dans le cadre du projet) sous forme de composants logiciels IP facilement intégrables dans une puce.

Ces techniques de diagnostic pourront être utilisées soit en temps réel (par couplage avec le système de contrôle de la pile : "On Board Diagnostic " soit lors d'opérations de maintenance régulières et planifiées. Elles permettront ainsi d'améliorer la fiabilité du système de pile et d'augmenter sa durée de vie en anticipant les phénomènes de dégradation.

In fine, le projet s'attachera à valider sur deux systèmes réels (un dédié à l'application automobile et un autre dédié à la microcogénération) la performance de l'outil de diagnostic intégré (matériel + algorithme) développé. Cet outil représentera ainsi une innovation majeure attendue du projet qui permettra in fine d'améliorer la fiabilité et la durée de vie du système et d'asseoir un savoir-faire solide sur le plan national, garantissant une valorisation rapide des résultats du projet par les fabricants et/ou utilisateurs de systèmes pile à combustible.

**Partenaires**

EIFER  
CEA/DRT/LITEN  
UFC/FEMTO-ST/FCLAB  
INRETS  
UPCAM-LSIS  
3D+

**Coordinateur**

M Philippe MOÇOTÉGUY - EIFER  
philippe.mocoteguy@eifer.org

**Aide de l'ANR**

1440 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-002

**Label pôle**

TENERRDIS

Titre du projet

## INEXTREMIS - Lien IN et EX situ : Transport et Répartition d'Eau en fonctionnement dans les Membranes échangeuses d'Ions

### Résumé

INEXTREMIS est un projet de recherche fondamental, de type exploratoire, qui vise à accroître la compréhension des phénomènes de transport de charge/masse (proton/eau) impliqués dans le fonctionnement des piles à combustible à électrolyte polymère. Cela dans le but d'établir des liens pertinents entre la teneur en eau de l'électrolyte et son évolution avec les performances électrochimiques globales du système pile.

Trois méthodes complémentaires de diffusion des rayonnements seront employées pour la détermination des profils de concentration en eau dans l'épaisseur de l'électrolyte en fonctionnement. La diffusion Raman, pour son excellente définition spatiale (de quelques  $\mu\text{m}$ ), est une technique émergente pour l'étude de ce type de problème. Les diffusions des rayonnements aux petits angles (neutrons et RX) sont des techniques déjà employées et validées pour obtenir des profils d'eau dans les polymères.

En particulier, la diffusion des neutrons servira de référence ici mais, son emploi ne peut-être effectif que pour des actions ponctuelles et bien ciblées et ceci en fonction de la disponibilité et de l'accès aux grands instruments.

La répartition de l'eau dans le polymère n'étant pas homogène, les profils d'eau en fonctionnement seront déterminés en fonction du régime électrochimique et de la localisation spatiale. En effet, le taux d'hydratation du polymère est différent en entrée, au milieu et en sortie du système mais aussi dans le canal de distribution des gaz et sous les dents de collection de courant.

Parmi les résultats attendus de ce projet, on peut souligner que les coefficients de diffusion de l'eau à l'échelle locale (micrométrique) et les coefficients d'électroosmose dans des membranes Nafion et Aquivion seront déterminés.

D'autre part, de nouvelles membranes à structure hiérarchique seront mises en forme. Leurs propriétés électrochimiques seront évaluées et les tests en pile couplés aux analyses Raman permettront d'évaluer l'impact de cette nouvelle structure, notamment à l'interface entre les deux matériaux membranaires, sur le profil du gradient d'hydratation interne.

La modélisation et la simulation du transport d'eau dans les membranes polymères pourront être affinées, à partir des différents coefficients (diffusion, électroosmose) obtenus expérimentalement. La proposition du design de nouvelles membranes hiérarchiques sera alors possible, avec comme premier test les membranes multicouches Nafion/Aquivion que nous proposons d'évaluer.

INEXTREMIS est un projet exploratoire qui s'étend de la mise au œuvre de méthodes expérimentales innovantes jusqu'à la modélisation et à la mise en forme de nouvelles membranes modèles.

L'analyse fine des phénomènes de transport, hautement couplés et complexes, qui ont lieu dans le cœur des PEMFC et qui en déterminent le comportement électrochimique, requiert la mise en œuvre parallèle de plusieurs techniques expérimentales ex et in situ, hors et en fonctionnement. L'approche proposée dans ce projet consiste donc non seulement à utiliser des techniques émergentes, capables de fournir des informations inaccessibles auparavant, mais aussi à découpler l'ensemble des phénomènes physiques mis en jeu au moyen d'expériences complémentaires dédiées.

La comparaison des résultats obtenus ex et in situ devra permettre de vérifier si, et jusqu'à quel point, les valeurs acquises à partir des mesures sur des membranes hors cœur de pile, obtenus en conditions homogènes et généralement non dynamiques, sont pertinentes pour modéliser le comportement de l'électrolyte soumis aux contraintes du fonctionnement réel en pile. Cela est, à notre avis, la seule démarche réaliste pour établir des liens entre les caractéristiques structurales de l'électrolyte, ses propriétés physiques (notamment d'hydratation) et les conditions expérimentales.

**Partenaires**

ENSCM/IEM  
CNRS/SPrAM/LSPAM  
CEA/DRT/LITEN

**Coordinateur**

M Stefano DEABATE - ENSCM/IEM  
stefano.deabate@iemm.univ-montp2.fr

**Aide de l'ANR**

320 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 24 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-003

**Label pôle**

# Programme " Hydrogène et piles à combustible "

Edition 2010

## Titre du projet **MEMFOS - MEMbranes FluorophOSphoniques pour PEMFC hautes températures**

### Résumé

Le projet MEMFOS décrit une nouvelle stratégie pour proposer dans les prochaines années une membrane polymère innovante pour piles à combustible à membrane échangeuse de protons (PEMFC) qui répond au cahier des charges des applications stationnaires et fonctionnant à plus haute température (de l'ordre de 120°C). Plus précisément, cette membrane permettra, contrairement aux membranes commerciales actuelles, un fonctionnement dans une gamme de température comprise entre l'ambiante et 150°C, en gaz secs ou humidifiés. Ce projet permettra de lever un des verrous technologiques freinant le développement de la filière de production d'énergie avec des PEMFC. Il n'existe pas, à l'heure actuelle, de membranes offrant des valeurs de conductivité élevées à basse température/haute humidité relative (domaine des Nafion) et à haute température/faible humidité relative (domaine des polybenzimidazoles).

Le projet MEMFOS a pour but de développer des membranes fluorophosphoniques offrant des valeurs de conductivité élevées dans un domaine de température et d'humidité relative le plus large possible. Une première génération de membranes fluorées a déjà été obtenue (thèse dans l'équipe IAM) par modification chimique de polymères fluorés, également synthétisés. Cette première génération a fait l'objet d'un dépôt de brevet (avec trois des 5 partenaires présents dans MEMFOS) et constitue la voie "back up" sur laquelle s'appuyera le projet MEMFOS. Les capacités d'échange ionique de cette première génération de membranes varient de 4 à 6 meq/g et les valeurs de conductivité protonique à température ambiante (humidité relative allant de 0 à 100%) sont d'environ 20 mS/cm.

### Partenaires

CEA  
ENSCM/IAM  
Univ Montpellier2/IEM  
HELION

### Coordinateur

M Pierrick BUVAT - CEA / Le Ripault  
pierrick.buvat@cea.fr

### Aide de l'ANR

745 k€

### Début et durée

Janvier 2011 - 36 mois

### Référence

ANR-10-HPAC-004

### Label pôle

S2E2 (Sciences et Systèmes de l'Energie Electrique) ; TRIMATEC



Titre du projet

**PILE-EAU-BIOGAZ - Faisabilité technico-économique et environnementale de la production d'électricité à partir d'une pile à combustible à Oxyde Solide (SOFC) alimentée au biogaz**

**Résumé**

Le programme ANR H-PAC 2010 (extrait) « vise à contribuer au développement d'une filière industrielle française des piles à combustible (PAC) pour des applications stationnaires ... » en attendant notamment quatre types de solutions techniques, à savoir « la mise en œuvre de matériaux innovants robustes et durables, ...l'intégration des composants et des systèmes à coût compétitif pour les types d'applications visées, la conception et intégrations de systèmes incluant une gestion intelligente de l'énergie et l'évaluation de l'introduction de la filière hydrogène/pile dans la gestion de l'énergie électrique (co-génération, gestion des ENR et de la production décentralisée)».

Le projet proposé, PILE EAU BIOGAZ, s'insère parfaitement dans cette démarche en cherchant à démontrer l'intérêt que les piles à combustible à oxyde solide (SOFC), par leur rendement global et l'acceptabilité de combustibles variés issus de sources renouvelables comme le biogaz, présentent à l'heure des mesures du Grenelle de l'Environnement.

En effet, les SOFC constituent un mode de production d'énergie très performant, permettant d'atteindre des rendements électriques élevés (>45%) bien supérieurs à ceux des turbines à gaz (15-25%) ou des groupes électrogènes (20-30%). De plus, les SOFC peuvent être alimentées avec divers types de combustibles autres que l'hydrogène, dont le gaz naturel (riche en CH<sub>4</sub>), mais aussi du biogaz (mélange CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> principalement). Ce biogaz est un gisement intéressant d'énergie renouvelable car il est issu de la digestion anaérobie de biomasses.

Lorsque la biomasse est un résidu (boues de stations d'épuration, fraction fermentescible des ordures ménagères ou les sous-produits agricoles), le bénéfice environnemental est encore plus grand. Cependant, l'exigence de pré-traitement du biogaz pour permettre une bonne performance de la pile SOFC est aujourd'hui méconnue.

Le présent projet de recherche industrielle propose donc de démontrer la faisabilité du couplage biogaz-pile SOFC et d'identifier le système de traitement de biogaz minimal pour une production décentralisée d'électricité et de chaleur en co-génération pour les applications stationnaires. Le livrable principal du projet sera le fonctionnement d'une SOFC sous biogaz sur site (i.e. station d'épuration et ISDND ) pendant quelques centaines d'heures.

Ceci inclura les cahiers des charges nécessaires pour pallier la présence de certains composés minoritaires du biogaz, tels que le H<sub>2</sub>S, les composés halogénés et les silicés qui peuvent s'avérer particulièrement préjudiciables pour une utilisation en pile à combustible. Pour ce faire il faudra tester dans le cadre de ce projet des cellules commerciales ayant de nouveaux matériaux d'anode tolérants aux impuretés et des techniques d'épuration et de conditionnement du biogaz bien adaptées à une telle application et ainsi assurer la performance et la durabilité d'une SOFC alimentée au biogaz.

**Partenaires**

Suez Environnement  
CEA/DRT/LITEN  
INSA Lyon/LGCIE  
CNRS/LEPMI  
GDF SUEZ  
N-GHY

**Coordinateur**

M Carlos PEREGRINA - Suez Environnement  
carlos.peregrina@suez-env.com

**Aide de l'ANR**

1169 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-005

**Label pôle**

TENERRDIS ; AXELERA

Titre du projet

### STHYME - Stockage de l'hydrogène humide économiquement viable

#### Résumé

Dans le cas d'une production massive d'hydrogène par électrolyse à partir d'énergies renouvelables, le stockage tampon de cet hydrogène nécessite de sécher le gaz au préalable :

- dans le cas de réservoirs à enveloppe métallique, pour éviter la corrosion,
- pour un stockage H<sub>2</sub> sous forme d'hydrures métalliques, car il nécessite un hydrogène très sec.

Cependant, pour l'alimentation d'une pile PEM, il n'est pas nécessaire de sécher l'hydrogène. Plus encore, pour une combustion de l'hydrogène dans une turbine à gaz, une solution privilégiée pour réduire les émissions de NO<sub>x</sub> consiste à humidifier l'hydrogène.

Cette opération de séchage est coûteuse en énergie et en investissement.

En permettant de dimensionner le séchage au bon niveau, voire en le supprimant, le projet STHYME vise à améliorer sensiblement le rendement énergétique d'une chaîne hydrogène couplée aux énergies renouvelables et de réduire son coût.

Cependant, cette simplification n'est pas aisée quelque soit le mode de stockage envisagé, car :

(a) les enveloppes métalliques utilisées pour le stockage et la distribution de l'hydrogène sous pression sont des aciers faiblement alliés sensibles à la corrosion aqueuse et à la fragilisation par l'hydrogène, et les interactions entre ces deux types de dégradation sont peu connues ;

(b) si on envisage un stockage solide sous forme d'hydrures métalliques, l'humidité du gaz accélère le vieillissement de ces hydrures, très sensibles à l'hydrolyse ;

(c) si on cherche à stocker directement de l'hydrogène humide dans des réservoirs avec liners polymères internes, comme ceux utilisés dans le cas de stockage haute pression, le comportement de ces liners vis-à-vis de l'hydrolyse et du vieillissement est mal connu.

Le projet STHYME relève le défi de simplifier le séchage du gaz pour trois voies de stockage :

- pour le stockage pression en réservoir aciers, en étudiant l'impact de l'humidité sur la corrosion et la fragilisation par l'hydrogène des aciers utilisés, ce qui permettra d'adapter le séchage au bon niveau et donc de réduire son coût énergétique et économique,
- pour le stockage sous forme de galettes d'hydrures MgH<sub>2</sub>, en analysant le comportement de l'hydrure vis-à-vis de l'humidité, en développant des solutions innovantes réversibles adaptées au stockage hydrures, permettant de sécher le gaz en entrée au bon niveau et de le ré-humidifier en sortie, cela à moindre coût énergétique,

- en développant une solution économiquement compétitive de stockage direct de l'hydrogène humide, si possible à la pression de sortie de l'électrolyseur, grâce à l'utilisation d'un liner interne polymère.

Pour mener à bien ce projet, nous nous appuyons sur un partenariat fort de compétences en systèmes électrolyse et pile PEM, corrosion et fragilisation d'acier par l'hydrogène, polymères et système de stockage hydrures.

Il permettra de développer un séchage innovant couplé au système de stockage hydrure. On étudiera l'influence de l'humidité dans l'hydrogène sur la corrosion et la fragilisation des aciers de pipe. On mettra en œuvre des solutions bas coût de stockage avec liner polymère interne.

En parallèle on s'appuiera sur une analyse technico-économique afin d'orienter les choix vers des solutions assurant un gain économique et/ou énergétique au niveau système.

Une fois les technologies développées, on réalisera pour chaque voie étudiée, un petit démonstrateur de couplage entre un électrolyseur PEM, une solution de séchage et son système de stockage adapté. Les essais réalisés sur ces démonstrateurs permettront d'évaluer l'impact sur la durée de vie et le vieillissement du stockage et de mieux quantifier les gains obtenus.

**Partenaires**

CEA/LITEN  
HELION  
INPT/CIRIMAT  
McPHY

**Coordinateur**

M Olivier GILLIA - CEA/LITEN  
olivier.gillia@cea.fr

**Aide de l'ANR**

994 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-007

**Label pôle**

TENERRDIS ; CAPENERGIES

### Titre du projet **TOLEDO - TOLerance aux DOmmages des réservoirs hyperbares composites de stockage hydrogène**

#### Résumé

La problématique du stockage de l'hydrogène est critique pour l'émergence d'une filière hydrogène énergie. A moyen terme, afin de répondre aux contraintes d'encombrement, de poids et d'autonomie de ces marchés, le stockage d'hydrogène sous forme comprimée à haute pression jusqu'à 700 bar est privilégié. Afin d'atteindre les objectifs de performance de pression, le stockage d'hydrogène doit être réalisé dans des réservoirs en composites à fibre de carbone.

Les applications industrielles traditionnelles utilisent l'hydrogène stocké à 200 bar et transporté dans des bouteilles en acier qui ont l'inconvénient d'être lourdes mais l'avantage d'être très résistantes aux multiples chocs que ces bouteilles subissent lors de leur manutention.

La tolérance aux dommages du matériau composite soumis à des impacts est aujourd'hui mal connue, ainsi que l'évolution des endommagements générés par les impacts sur le composite lorsque le réservoir est laissé en service. Du point de vue de la sécurité, la méconnaissance de la tolérance aux dommages des structures composites utilisées pour la fabrication des réservoirs hyperbares rend impossible à ce jour le dimensionnement de structures optimisées robustes et durables. En particulier, compte tenu de l'environnement d'utilisation de ces réservoirs (grand public), les réservoirs pourront être exposés à des chocs, que ce soit lors d'un accident de voiture dans le cas de l'application transport ou lors de la manutention et du transport du réservoir dans le cas des réservoirs transportables pour les marchés de transition. Dans ces conditions, il faut pouvoir garantir que le réservoir n'éclatera pas immédiatement après l'impact mais également par la suite en service.

Considérant d'une part que certaines des performances atteintes par les réservoirs sont pour certaines d'ores et déjà compatibles avec les cibles 2015 du DOE, et d'autre part les nombreuses actions déjà engagées sur l'amélioration des matériaux et des procédés, il apparaît nécessaire d'initier dès maintenant des études susceptibles d'apporter des données scientifiques sur la tolérance aux dommages des structures spécifiques aux réservoirs composites épais et de répondre aux verrous que sont encore leur coût, leur sécurité et leur durabilité. C'est l'objet du programme TOLEDO proposé à l'AAP ANR HPAC 2010.

Ce projet s'appuie sur un consortium composé d'un industriel, Air Liquide, utilisateur des stockages composites hydrogène qui apporte son expérience des contraintes logistiques et des objectifs de sécurité, du CEA qui apporte ses compétences sur la conception des réservoirs et ses capacités de tests à grande échelle, et de deux laboratoires de recherche aux connaissances et compétences complémentaires et reconnues dans le domaine de la génération des impacts, de l'analyse des endommagements et de la durabilité des structures composites : (Institut P'-ENSMA, laboratoire LAMEFIP de l'ENSAM Bordeaux).

Le programme TOLEDO va donc s'attacher à développer la connaissance du comportement des réservoirs composites H2 haute pression subissant des impacts mécaniques (chocs, chutes) inhérent à leur utilisation dans la chaîne logistique et lors de leur utilisation finale en identifiant le type de défauts générés préférentiellement en fonction des caractéristiques de l'impact (relation impact/défauts induits) et en évaluant précisément la criticité du dommage créé par l'impact afin de prédire la durabilité du réservoir impacté et de définir le seuil d'endommagement critique nécessitant le retrait des bouteilles de la chaîne logistique.

Ces travaux permettront également de définir des recommandations de conception et fabrication susceptibles d'améliorer significativement la tolérance aux dommages par impact des structures de réservoirs composites (définition de structure composite optimisées ou stratégie d'ajout de protections mécaniques).

**Partenaires**

Air Liquide  
CEA  
Arts et Metiers ParisTech-LAMEFIP  
ENSMA/P'

**Coordinateur**

Mme Sidonie RUBAN - Air Liquide  
sidonie.ruban@airliquide.com

**Aide de l'ANR**

1077 k€

**Début et durée**

Janvier 2011 - 36 mois

**Référence**

ANR-10-HPAC-006

**Label pôle**

S2E2 (Sciences et Systèmes de l'Energie Electrique)