

Programme Plan d'Action National sur l'Hydrogène  
et les piles à combustible

Edition 2008

**Titre du projet MODERNHY-T - Modèle et Outil pour le Dimensionnement et l'Évaluation de Réservoirs iNnovants à HYdrures pour les Transports**

**Résumé**

Le projet MODERNHY-T se place dans la thématique du développement d'une chaîne hydrogène comme vecteur propre de l'énergie. Celle-ci n'a de sens que si l'on arrive à le stocker efficacement. Ce projet s'inscrit dans la thématique de l'approvisionnement en hydrogène et plus particulièrement celle du stockage par le développement de réservoirs d'hydrogène pour applications embarquées. Il focalise plus précisément encore sur le développement de réservoirs d'hydrogène à base d'hydrures, en particulier ceux couplant l'hydrure à une pression d'hydrogène "moyenne" (de l'ordre de 100 à 200 bars). Cette pression permet d'assurer un tampon pour améliorer la disponibilité d'hydrogène. Dans ce genre de réservoir, pour un matériau donné, l'efficacité découle directement de la gestion de la thermique. L'idée nouvelle proposée dans ce projet est de gérer correctement le matériau hydrure introduit dans l'échangeur thermique à l'aide de la mécanique des milieux granulaires.

Un des objectifs est de réduire le volume et de gagner en efficacité en maximisant le contact de la poudre avec l'échangeur thermique. Cette tâche est particulièrement délicate lorsque l'on considère les gonflements et retraites de la poudre lors des cycles d'absorption/désorption. En regard de ces objectifs, les espaces vides de dilatation sont proscrits, mais les dilatations du matériau pulvérulent emprisonné dans des structures ajustées créent de fortes contraintes sur le conteneur. En complément, lorsque le matériau hydrure se contracte, il y a décroissance de contact thermique avec le conteneur, voire simplement perte de contact.

Ce projet part aussi de la constatation que l'homme de l'art est actuellement démuné pour dimensionner mécaniquement un conteneur rempli de poudre hydrure. La littérature se fait seulement l'écho d'observations sommaires rapportant une augmentation des contraintes – parfois importante – dans les parois d'un conteneur, mais aucun modèle prédictif n'est proposé.

Notre étude vise au développement d'un tel modèle pour assurer le dimensionnement mécanique et thermique d'un conteneur d'hydrures.

Cet objectif implique de caractériser le matériau granulaire de manière extensive – thermiquement, mécaniquement et en cours de cyclage d'absorption/désorption – et de développer en conséquence des échangeurs de chaleur qui répondent aux exigences sus-citées.

Le caractère dilatant et pulvérulent est commun à une majorité de matériaux dits hydrures (d'un simple TiFe à un hydrure complexe comme NaAlH<sub>4</sub>). Nous proposons cependant de focaliser notre étude sur un hydrure des plus performants du moment (un hydrure BCC, TiVCr) dans l'optique du développement de réservoirs hybrides pression-hydrure, qui semblent séduisant pour des applications embarquées.

Ce projet englobe donc un travail de recherche appliquée, alliant travail expérimental et modélisation du comportement mécanique d'hydrures, en même temps que la mise en place du couplage de ces effets à la thermique. L'aspect applicatif est également fortement présent puisque un module de test sera construit, suivant un cahier des charges enveloppe défini par deux industriels français, afin de valider les développements réalisés.

**Partenaires**

CEA - LITEN (partenaire coordinateur)  
PCA SA  
SNCF  
NPG - L3SR  
CNRS - IN MCMF  
McPHY Energy

**Coordinateur**

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

**Aide de l'ANR**

511 920 €

**Début et durée**

Décembre 2008 - 36 mois

**Référence**

ANR-08-PANH-013

## Hydrogen and Fuel cells Programme

Year 2008

**Title** MODERNHY-T - Models and Tools for dimensionning and evaluation of innovative hydrides tank for transport

**Abstract** The project deals with the development of a hydrogen chain as a clean way for energy transportation. The hydrogen chain is only relevant if hydrogen can be stored properly. More particularly, this project aims at developing hydrogen hydrides tanks for transport applications, focused on tanks combining medium pressure (under 200 bars) and hydride storage. The efficiency of hydride tank, for a given material, is directly related to thermal management.

Speaking about system design, the innovation will come from the way the granular hydride material is handled and placed inside the heat exchanger. The main goal is thus to gain efficiency and decrease volume of tank by maximising contact between powder and heat exchanger, in order to fully benefit from high volumetric capacity of hydrides. This task is particularly tricky when considering swelling and shrinking of the hydride during absorbing and desorbing cycles. Considering these objectives, empty spaces between hydride and heat exchanger are excluded, but dilatation of the granular material entrapped in tightly confined spaces is creating strong stresses in the container. Moreover, when the hydride material shrinks, thermal contact with container fades away, and worse, it can disappear.

At the moment, the man of the art is at the moment unable to calculate the mechanical strength of a container filled with swelling hydride powder. Literature is just reporting basic observations of – sometime strong – stresses increasing in the container walls, but no predictive model is proposed to tackle the problem. Our study aims at building such a model in order to ensure safe mechanical dimensioning and thermal efficiency of the hydride container.

To reach the objective, we need to fully characterize the granular material – thermally and mechanically and while cycling (absorption/desorption) – and to develop innovative heat exchanger answering exigencies described above.

The swelling and shrinking property of hydrides is a common property linked to the majority of hydride behaviour (from a simple TiFe hydride to complex hydrides like NaAlH<sub>4</sub>). Nevertheless, we propose to focus our attention on one of the most efficient hydride of the moment (a BCC hydride TiVCR) within the frame of developing hybrid hydrogen storage tanks which seems interesting for transport applications.

This project consists in an applied research work, with a more fundamental side combining experimental and modelling tools concerning the mechanical behaviour of hydrides, and in the same time, the coupling of this behaviour with thermal effects. The applied side of research is strongly present since a test demonstrator will be fabricated following specifications from two French "end-users". This will validate advances made during the project.

**Partners** CEA/LITEN (coordinator)

PCA SA  
SNCF  
Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG-L3SR  
CNRS - IN MCMF  
McPHY Energy

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

**ANR funding** 511 920 €

**Start- duration** December 2008 - 36 months

**Contract** ANR-08-PANH-013