

**ASPROM**  
OPTEZ POUR L'INNOVATION

[www.asprom.com](http://www.asprom.com)

organise en partenariat avec



[www.uimm.com](http://www.uimm.com) fr



[www.captronic.fr](http://www.captronic.fr)

**Stockage de l'énergie**  
**Quelles technologies ? Pour quelles applications ? pour Quand ?**

**Mercredi 30 novembre et jeudi 1<sup>er</sup> décembre 2016**

**UIMM 56 avenue de Wagram**



Illustration SCPS

## **STOCKAGE DE L'ENERGIE**

### **Quelles technologies ? Pour quelles applications ? Pour quand ?**

**30 novembre et 1<sup>er</sup> décembre 2016**  
**A L'UIMM, 56 avenue de Wagram 75017 PARIS**

« Le concept de "stockage d'énergie" est d'apporter de la flexibilité et de renforcer la fiabilité des systèmes énergétiques. Il s'agit d'équilibrer dans le temps l'offre et la demande en énergie, aussi bien pour la fourniture d'électricité, de chaleur et de froid.

Dans le système actuel, le lissage des « pointes » de consommation, c'est-à-dire la régulation de la demande d'électricité aux heures pleines, est principalement réalisé par l'importation d'électricité, la mise en fonctionnement de centrales à gaz ou fioul et le stockage hydraulique (STEP). Le déploiement d'autres systèmes de stockage permettrait, d'une part d'abaisser le coût de l'électricité importée, d'autre part de diminuer, de manière significative, les émissions de CO<sub>2</sub> engendrées par l'utilisation de centrales thermiques et la dépendance de la France aux ressources fossiles.

Par ailleurs, le stockage stationnaire de l'énergie, aussi bien le stockage d'électricité que le stockage thermique, apparaît obligatoirement associé au développement des énergies renouvelables en garantissant un courant de « qualité » sur le réseau de distribution. En effet, la production intermittente d'électricité grâce aux énergies solaires et/ou éoliennes engendre des fluctuations importantes qui perturbent et détériorent les équipements de distribution. De plus, cette offre intermittente est souvent en inadéquation avec la demande : c'est, par exemple, au coucher du soleil que nous éclairons et chauffons nos habitations.

»

## **INTRODUCTION AU STOCKAGE DE L'ENERGIE**

### **9h -9h45 : Stockage stationnaire de l'électricité : état de l'art international**

*Par Pierre ODRU, Fondation TUCK*

Cette présentation a pour objectif de faire un état des lieux international du stockage d'électricité stationnaire. Les nouvelles problématiques posées par l'introduction massive d'énergie renouvelables intermittentes et décalées par rapport à la demande dans les réseaux électriques seront illustrées. L'électricité ne se stocke pas directement et doit être transformée en un potentiel mécanique ou chimique. Les différentes technologies existantes seront décrites : transformation réversible en un potentiel gravitationnel (STEPs), air comprimé (CAES), batteries électrochimiques, transformations réversibles ou non en un vecteur énergétique tel que l'hydrogène et le power to gas ou la chaleur. Une analyse des données sur les différents systèmes existants et en développement dans le monde et en Europe sera ensuite présentée, permettant de faire ressortir les tendances et évolutions actuelles.

Fondation Tuck : [http://fondation-tuck.fr/jcms/kmo\\_10385/fr/idees](http://fondation-tuck.fr/jcms/kmo_10385/fr/idees)

## **9h45 – 10h30 : Quelle place pour le stockage massif de l'énergie ?**

*Par Jean-François LE ROMANCER, KEYNERGIES*

Les technologies de stockage et les réseaux énergétiques intelligents seront appelés à jouer un rôle déterminant pour relever le défi de l'intégration massive des énergies renouvelables intermittentes. Toutefois, les modèles économiques du stockage ne sont pas encore largement établis et ce manque de visibilité peut conduire à s'interroger sur les marchés potentiels et la nécessité d'investir dans le développement de technologies innovantes. Ceci est particulièrement vrai pour le stockage massif de l'électricité. Cette intervention vise à préciser, en s'appuyant sur plusieurs études technico-économiques, pourquoi il devrait jouer un rôle clé dans le futur et les conditions de son développement.

Keynergie est une société de conseil en recherche et innovation spécialisée dans le domaine de l'énergie qui intervient régulièrement dans le domaine des réseaux énergétiques intelligents et le stockage de l'énergie. Son offre repose sur :

- De l'AMO en **conseil en innovation** (Définition des stratégies d'innovation, Recherche de partenaires, montage des dossiers et des financements, audits, négociation...).
- Des **analyses économiques dans le domaine des réseaux énergétiques** en s'appuyant sur des outils de modélisation développés sur mesure en interne et aussi dans le cadre de projets de recherche.
- De l'accompagnement et du pilotage de projet

## **10h30 – 11h ; Pause-Café :**

### **11h -11h45 : Stockage de l'électricité pour les systèmes photovoltaïques et son pilotage**

*Par Marion PERRIN, CEA*

Avec la baisse des coûts intenses qui permet d'atteindre moins de 400€/kWh au niveau DC, le stockage devient un composant à part entière de la flexibilité dans l'exploitation de systèmes électriques. Il sort maintenant des laboratoires et des démonstrateurs pour s'intégrer dans des systèmes commerciaux.

Cette contribution traitera des systèmes actuellement en opération, de la technologie sur laquelle ils reposent et de leur performance. Elle mettra aussi en lumière les évolutions récentes sur le marché des systèmes PV incluant du stockage de la maille résidentielle au MW.

Enfin, une connaissance fine ab-initio de la brique stockage est un élément important du pilotage d'un système. Toutefois, un reparamétrage des modèles exploités pour la commande des systèmes permet une amélioration substantielle des performances. Il peut être effectué sur la seule exploitation des données de fonctionnement ou sur la base de tests initiés pendant les phases d'opération.

### **11h45 – 12h15 : Nécessité du contrôle prédictif pour la gestion de micro-réseaux distribués comportant du stockage d'énergie sous forme de batteries.**

*Par Cyril COLIN, CEO d'ELUM ENERGY*

La forte baisse des coûts de la production d'énergie solaire (division par 4 au cours des 5 dernières années) couplée maintenant par une baisse des coûts du stockage d'énergie par batterie (division par 5 au cours des 5 dernières années) accélère le changement de paradigme actuel dans le monde de l'énergie : le passage d'une production 100% centralisée à une production décentralisée. De nouveaux usages naissent, tels que l'autoconsommation.

Le contrôle de systèmes énergétiques locaux incorporant production d'énergie renouvelable et stockage d'énergie installés chez le consommateur crée de nouveaux enjeux : comment équilibrer offre/demande au niveaux de ces systèmes distribués eux-mêmes composante à part entière du réseau national d'électricité ? Comment prévoir la production/consommation à l'échelle ultra locale afin de réaliser cet équilibre ? Comment piloter de manière optimale la charge et la décharge de batteries pour augmenter la rentabilité de tels systèmes tout en fournissant de la flexibilité au réseau national ?

## STOCKAGE MECANIQUE

### **12h15 ‘ 13h : Pompage-turbinage distribué, au service de l'intégration EnR.**

*Par Davy MARCHAND-MAILLET, SUN'R SMART ENERGY*

Le pompage-turbinage est la technique la plus répandue pour ce qui est du stockage de l'électricité. Or, c'est bien dans le secteur de l'électricité que le besoin de stockage va être le plus prégnant, du fait de la nécessaire intégration des énergies renouvelables dans le système électrique. Dans la mesure où le déploiement de celles-ci se fait de manière distribuée, les unités de stockage se doivent de l'être également, pour bien gérer localement, à l'échelon des territoires, l'énergie produite et consommée localement.

Or, contrairement aux idées reçues, la technologie de pompage-turbinage est adaptée à ces enjeux : des petites unités de pompage-turbinage, très flexibles et bien intégrées du point de vue environnemental, peuvent répondre aux enjeux de la transition énergétique, en apportant de la valeur tant en termes de production électrique que de fourniture de services aux réseaux, permettant ainsi d'optimiser les investissements, dans une logique de rupture avec le toujours plus.

Cet exposé reviendra dans un premier temps sur différents projets en cours de pompage-turbinage, à différents niveaux de maturité puis, dans un second temps, s'attachera à illustrer la création de valeur de tels actifs énergétiques, avec un focus sur la valeur « locale ».

### **13H – 14h ; Déjeuner**

## ENERGIES THERMIQUE ET THERMOCHIMIQUE

### **14h - 14h45 ! Stockage géologique de chaleur – peut-on faire simple et durable ?**

*Par Hervé LESUEUR, BRGM*

GEOTHERMIE : un mot signifiant pour beaucoup « Exploitation de la chaleur de la terre », alors qu'il faut avant tout y voir de la « Gestion de stocks thermique ». Les anciens ne s'y étaient pas trompés qui, de tous temps, savaient autant valoriser les sources chaudes que stocker des frigidités, d'une année sur l'autre. Avec cette lecture s'ouvre un champ de possibilités bien plus large que ce que permet l'étroite posture du consommateur se bornant à exploiter une ressource, certes considérable mais tellement contrainte qu'elle est rarement économique ; ce qui explique la faiblesse actuelle du marché.

Pourtant, les techniques disponibles permettent de gérer des stocks thermiques dans le sous-sol pratiquement partout. A vrai dire, le bon sens écologique recommanderait même d'y penser tout de suite, au moins pour ne pas compliquer la tâche de nos descendants avec la mise en place de solutions

incompatibles et qui resteront en place de longues décennies. On montrera donc comment la gestion de stocks d'énergies thermiques dans le sous-sol accessible permet de valoriser toutes sortes d'énergies thermiques renouvelables ou fatales, avec en prime une neutralité thermique à l'issue d'un cycle annuel, c'est-à-dire sans que la moindre calorie n'ait été in fine prélevée ou injectée dans les roches. N'est-ce pas là un atout précieux pour construire nos futurs possibles ?

### **14h45 : 15h30 : Stockage massif d'électricité grâce au pompage thermique à haute température**

*Par jacques RUER, Club des argonautes*

Partout dans le monde, les énergies renouvelables prennent une part de plus en plus importante au sein des mix énergétiques. En Europe par exemple, on compte d'ores et déjà près de 140 gigawatts de puissance éolienne installée mais avec de très fortes disparités régionales. Ces puissances sont amenées à tripler à l'horizon 2050 et il faudra ainsi doubler les capacités en stockage afin d'assurer la sécurité des réseaux. Le stockage massif d'électricité aura ainsi un impact sur toute la chaîne de valeur de l'électricité, des producteurs aux consommateurs.

Le stockage de l'électricité en grande quantité est classiquement réalisé en pompant et turbinant de l'eau entre deux réservoirs situés à des altitudes différentes. Toutefois, ces installations de stockage (Station de Transfert d'Énergie par Pompage ou STEP) ne sont envisageables que si des bassins de rétention de l'eau peuvent être aménagés à des altitudes différentes. En France, le potentiel encore facilement exploitable serait de l'ordre de 100 GWh quand les besoins pour le réseau électrique à l'horizon 2050 seraient au moins trois fois supérieurs.

Un nouveau procédé est présenté dans lequel le stockage est obtenu en pompant la chaleur entre deux réservoirs portés à des températures différentes.

Typiquement, un des réservoirs stocke la chaleur à une température voisine de 800°C dans un lit poreux de matériaux réfractaires, tandis que l'autre réservoir stocke du froid, également dans un lit de pièces solides. Le transfert de chaleur est assuré par un flux de gaz qui circule entre les réservoirs grâce à un système de turbomachines.

Lors de la phase de stockage, le gaz chaud subit une compression et le gaz froid une détente. Ceci correspond au fonctionnement d'une pompe à chaleur qui consomme de l'énergie, mais qui permet de transférer de la chaleur d'une source froide vers une source chaude.

Lors de la phase de restitution de l'énergie, le cycle thermodynamique comporte une compression du gaz froid, puis une détente du gaz chaud, de façon semblable au fonctionnement d'une turbine à gaz.

La fait de recourir à une pompe à chaleur lors du stockage permet d'obtenir un rendement complet (énergie électrique restituée/énergie électrique consommée) de l'ordre de 70%.

Il faut beaucoup d'énergie pour chauffer des matériaux solides à haute température. En conséquence, ce mode de stockage est caractérisé par de grandes densités d'énergie et de très grandes capacités sont réalisables, jusqu'à plusieurs GWh.

Un programme de recherche mené grâce à l'ANR a permis de vérifier que cette technologie est parfaitement réalisable au niveau de température visé. De plus, certains matériaux naturels (graviers de basalte) se sont révélés adéquats pour supporter de façon cyclique le chauffage et le refroidissement.

Un autre programme de recherche subventionné grâce au Concours Mondial d'Innovation a permis de construire un pilote de démonstration de compresseur chaud, seul composant inédit de l'ensemble du système.

Finalement ce procédé montre les avantages de pouvoir s'implanter sans contraintes géographiques mais aussi de n'utiliser que des matériaux conventionnels et aucun produit dangereux pour sa construction.

Une vision existe pour augmenter dans le futur la température maximale à 1100°C, voir plus, ce qui permettra d'améliorer encore le rendement du cycle et de diminuer la taille des enceintes de stockage.

### **15h30 – 16h Pause - Café**

#### **16h 16h45 ; Stockage thermique dans les centrales électrosolaires**

*Par Régis OLIVES, Enseignant-chercheur - Université de Perpignan - PROMES-CNRS*

Les centrales électrosolaires qui associent un cycle thermodynamique classique avec un système de concentration du rayonnement solaire présentent l'avantage de pouvoir intégrer un stockage d'énergie. Suite à la concentration du rayonnement solaire, le fluide caloporteur délivre une quantité de chaleur que l'on peut stocker dans de grands réservoirs. Cette énergie pourra être ensuite restituée et permettre la production d'électricité en fin de journée où la demande est forte. Le stockage constitue ainsi un élément clé dans la centrale puisqu'il assure la qualité de la production en lissant les intermittences de la ressource solaire et la mise en adéquation avec la demande en électricité sur le réseau. Ce stockage à haute température bien souvent basé sur la chaleur sensible nécessite de relativement grandes quantités de matériaux. Prenons un exemple de centrale implantée au sud de l'Espagne, la centrale Gemasolar d'une puissance électrique de 20 MW comporte 8900 tonnes de matériaux de stockage. Le stockage contribue à l'équivalent de 15 heures supplémentaires de production d'électricité. Le stockage peut aussi avoir la fonction de protection thermique lorsqu'il est placé, par exemple, au niveau du récepteur. Il amortit ainsi les fluctuations solaires, réduit les chocs thermiques et permet d'allonger la durée de vie du récepteur. Les recherches menées au laboratoire PROMES-CNRS en partenariat avec d'autres laboratoires et entreprises consistent, en particulier à développer des unités de stockage performantes et à élaborer de nouveaux matériaux de stockage présentant des coûts et des impacts environnementaux réduits, des propriétés thermophysiques adaptées et une durée de vie compatible avec l'ensemble de la centrale. L'exposé démarrera par un état des lieux sur le stockage thermique par chaleur sensible et latent, permettant de voir les matériaux utilisés, les technologies employées ainsi que les applications visées. Il se poursuivra par l'approche proposée par le laboratoire et basée sur la valorisation de déchets. Cette approche sera illustrée avec, essentiellement, des applications du solaire concentré.

#### **16h45 – 17h30 : De la chaleur propre sure et efficace**

*Par Antoine MEFFRE, PDG d'ECO-TECH CERAM*

ECO-TECH CERAM (ETC) est une société d'ingénierie en écologie industrielle (valorisation de l'énergie et de la matière), issue du CNRS PROMES, de l'UPVD et lauréate du Concours Mondial de l'Innovation (CMI) 2014 puis 2015 dans la catégorie stockage d'énergie. Eco-Tech Ceram conçoit une solution innovante de valorisation de l'énergie par le stockage de chaleur : ECOSTOCK : unité de stockage de chaleur, modulaire, robuste, transportable et utilisant des matériaux issus de l'économie circulaire. L'ambition d'ECO-TECH CERAM est d'introduire sur le marché international cette technologie de stockage « made in France » éco-efficace, afin de favoriser le développement des énergies renouvelables et la valorisation des chaleurs fatales.

## ENERGIES ELECTROCHIMIQUE ET ELECTROSTATIQUE

### **9h – 10 h : Batteries Lithium-ion et énergies renouvelables : en route vers la maison autonome en énergie**

*François BARSACQ, EASYLI BATTERIES*

Les progrès remarquables enregistrés ces dernières années dans le domaine des batteries Lithium-ion, particulièrement pour les véhicules électriques, apportent à point nommé des solutions fiables et industrialisées pour pallier l'intermittence des énergies renouvelables et permettre leur déploiement massif.

Nous resituerons ensemble les technologies Lithium-ion, avec leurs avantages et leurs limitations, dans le vaste panorama des technologies électrochimiques déjà commercialisées ou en phase de l'être dans les prochaines années. Une mise en perspective économique nous permettra ensuite de discuter du potentiel de développement considérable associé au stockage de l'énergie, de la maison autonome à la gestion de réseaux à l'échelle d'une région.

Nous nous intéresserons enfin à comprendre les enjeux du stockage de l'énergie pour l'habitat en les illustrant par de nombreux exemples concrets et pourquoi les constructeurs de véhicules électriques se positionnent eux aussi, à l'instar de Tesla Motors, sur ce marché en plein essor.

### **10h – 10h45 ; La technologie Zinc**

*Par Robert ROUGET, SCPS*

SCPS a développé une technologie d'électrode de zinc rechargeable pour accumulateurs alcalins (nickel-zinc, zinc-air, argent-zinc) qui supprime la formation de dendrites, principal obstacle aux recharges et décharges répétées des systèmes à anode de zinc. Plus de 1000 cycles sont obtenus avec des profondeurs de décharge de 80 et 100% jusqu'à des régimes de 1C. La technologie de fabrication des électrodes de zinc permet de couvrir une large gamme de capacité surfacique, et répond ainsi à des besoins de puissance ou d'énergie.

Ces solutions sont efficaces :

- pour les réseaux Smart Grid avec stockage d'énergie éolienne et solaire,
- la traction des véhicules industriels,
- les installations autonomes et de secours.

### **10h45 – 11h15 : Pause-Café**

### **11h15 – 12h : Mise en œuvre des systèmes de stockage d'énergie électrique (batteries lithium-ion et supercondensateurs) : vers un BMS (Battery Management System) qui améliore leur durée de vie**

*Par Pascal VENET, UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1 ?*

L'utilisation de Système de Stockage de l'Energie Electrique (SSEE) tels que les batteries lithium-ion ou les supercondensateurs nécessite la mise en série de plusieurs éléments (ou cellules) puisque leur tension individuelle est faible (de l'ordre de quelques volts). De même des éléments peuvent aussi être placés en

parallèle pour augmenter le courant délivré par les SSEE. Compte tenu de la dispersion des caractéristiques de chaque cellule liée à leur tolérance de fabrication, leur température et leur vieillissement, la mise en série des composants nécessite des circuits d'équilibrage dans le but d'égaliser les tensions aux bornes de chaque élément. Cet équilibrage ainsi que leur protection et la détermination de leurs états de charge et de santé sont effectués grâce à un système appelé BMS (Battery Management System). En considérant non seulement la tension, mais aussi les différences de température et de vieillissement entre les cellules dans la stratégie d'équilibrage, la durée de vie globale du système pourrait être grandement améliorée.

L'exposé comprendra un rappel du fonctionnement et des caractéristiques des supercondensateurs et des batteries lithium-ion, évoquera les types de vieillissement et les lois de durée de vie, détaillera les fonctions d'un BMS et les possibilités d'équilibrage et enfin montrera comment améliorer la durée de vie des SSEE par un équilibrage adéquat.

### **12h – 12h45 : Le stockage rapide de l'électricité : une brique technologique incontournable pour la mobilité électrique et les réseaux électriques intelligents**

*Par Pascal BOULANGER, Président NAWATechnologies*

Le stockage de l'électricité est un enjeu majeur tant environnemental qu'économique, en particulier le fait de disposer de technologies de stockage rapides, mobiles et fiables qui permettent de prendre en charge des dynamiques de stockage comprises entre la micro-seconde (secours, gestion de la fréquence) et la demi-heure (lissage des EnR, bornes de recharges de VE). NAWATechnologies est au cœur de l'émergence de nouveaux concepts de supercondensateurs à haute densité d'énergie (proche des densités des batteries Plomb). Elle développe une solution de stockage électrochimique à base de nanomatériau carboné intrinsèquement sûre, performante, flexible et recyclable. Ces nouvelles cellules trouveront des applications soit seules dans les domaines historiques des super condensateurs et le transport urbain, soit en hybridation avec les technologies plus classiques de stockage d'électricité pour répondre à la fois à des sollicitations sur des temps courts (la technologie de NAWA) et des sollicitations sur des temps longs (technologies classiques comme les batteries Lithium ou les piles à combustibles). Nous présenterons les avancées de ces technologies, leurs avantages et quelques illustrations applicatives. Nous présenterons la position et les enjeux de NAWATechnologies dans ce concert technologique.

NAWATechnologies est une jeune société spin off du CEA créée mi 2013. Elle est spécialisée dans la fabrication et la mise en œuvre de nanomatériaux structurellement organisés pour les applications dans les domaines de l'énergie, du transport/sécurité et de l'environnement.

Le stockage de l'électricité est un enjeu majeur tant environnemental qu'économique, en particulier le fait de disposer de technologies de stockage rapides, mobiles et fiables qui permettent de prendre en charge des dynamiques de stockage comprises entre la micro-seconde (secours, gestion de la fréquence) et la demi-heure (lissage des EnR, bornes de recharges de VE). NAWATechnologies est au cœur de l'émergence de nouveaux concepts de supercondensateurs à haute densité d'énergie (proche des densités des batteries Plomb). Elle développe une solution de stockage électrochimique à base de nanomatériau carboné intrinsèquement sûre, performante, flexible et recyclable. Ces nouvelles cellules trouveront des applications soit seules dans les domaines historiques des super condensateurs et le transport urbain, soit en hybridation avec les technologies plus classiques de stockage d'électricité pour répondre à la fois à des sollicitations sur des temps courts (la technologie de NAWA) et des sollicitations sur des temps longs (technologies classiques comme les batteries Lithium ou les piles à combustibles). Nous présenterons les avancées de ces



technologies, leurs avantages et quelques illustrations applicatives. Nous présenterons la position et les enjeux de NAWATEchnologies dans ce concert technologique.

NAWATEchnologies est une jeune société spin off du CEA créée mi 2013. Elle est spécialisée dans la fabrication et la mise en œuvre de nanomatériaux structurellement organisés pour les applications dans les domaines de l'énergie, du transport/sécurité et de l'environnement.

**12h45 – 14h : déjeuner**

## **STOCKAGE HYDROGENE, METHANE**

**14h – 14h45 ; Power to Gas : le réseau de gaz au service de la transition énergétique**

*Par Sylvain LEMELLETIER, Directeur de projets "Power to Gas et Gazéification", GRTgaz*

Le stockage de l'électricité produite en excédent par les énergies renouvelables intermittentes (solaire, éolien,...) devient un véritable enjeu des prochaines années.

Le « Power to Gas » permet de convertir les surplus d'électricité renouvelable en gaz pour les stocker

Les surplus d'électricité d'origine renouvelable sont transformés en hydrogène par électrolyse de l'eau. Cet hydrogène pourra ensuite être injecté directement dans le réseau de gaz naturel. Mais on peut aussi produire du méthane (CH<sub>4</sub>) à partir d'hydrogène (H<sub>2</sub>) et de CO<sub>2</sub>, pour augmenter le potentiel de gaz vert dans le réseau de gaz naturel.

Le réseau de gaz permet ainsi de mettre sa souplesse au service des autres énergies. Ainsi l'énergie peut être stockée sur le long terme d'une saison à l'autre, et de plus remise à disposition là où elle est nécessaire, ailleurs sur le territoire.

Le Power to Gas apporte ainsi une vision du stockage très complémentaire des batteries.

**14h45 – 15h00 : Le stockage massif des vecteurs énergétiques fluides dans le concept EMO**

*Par André BURNOL, BRGM*

Le stockage massif d'énergie est un enjeu majeur de l'intégration des énergies renouvelables dans l'évolution du mix énergétique. Une des pistes les plus prometteuses consiste à stocker l'énergie au moyen de vecteurs fluides. Le concept Electrolyse-Méthanation-Oxycombustion (EMO) est conçu pour offrir une solution en boucle fermée à même d'absorber les surplus de production électrique et les restituer ultérieurement sous forme d'énergie électrique également, via un stockage transitoire de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>. Dans ce concept, l'oxygène issu de l'électrolyse est utilisé pour brûler le méthane, produit de la réaction d'hydrogène et du CO<sub>2</sub> (méthanation), dans un réacteur par oxycombustion. Compte-tenu de sa relative pureté, le CO<sub>2</sub> émis est ensuite facilement capturé pour réalimenter la méthanation. La faisabilité, la

sécurité et l'intégrité du stockage de ces vecteurs énergétiques dans des cavités salines ainsi que les conditions qui doivent être satisfaites à moyen-long terme (2030-2050) pour l'intégration du concept EMO en France sont étudiées dans le projet FluidSTORY co-financé par l'ANR. Le consortium formé par le BRGM, l'Ecole Polytechnique, l'Ecole des Mines, Geostock, Geogreen, Areva et Brouard Consulting réalise l'inventaire méthodique des formations salifères susceptibles d'accueillir de telles cavités et étudie sur les plans théorique, numérique et expérimental le comportement thermodynamique et thermomécanique de ces cavités ainsi que les équilibres géochimiques lors du stockage. Le projet comprend également une étude systématique des risques liés à l'exploitation ainsi qu'un volet économique ayant pour but l'estimation des besoins en termes de stockage et la rentabilité du concept à l'horizon étudié.

Après une description générale du concept EMO, l'exposé examine les verrous spécifiques relatifs à chacun des composants et présente quelques résultats préliminaires.

### **15h30 – 16h : Pause-café**

### **16h - 16h45 : Le stockage de la chaleur au service du stockage de l'hydrogène sur hydrures métalliques**

*Philippe MARTY, Université Grenoble Alpes, laboratoire LEGI*

Le stockage basse pression de l'hydrogène sur des hydrures métalliques est une alternative prometteuse au stockage comprimé. On présentera les résultats de plus de 10 années de recherche menées à Grenoble sur l'hydrure de magnésium. Ce matériau, de bas prix de revient, a un pouvoir de stockage important mais la valeur élevée de son enthalpie de réaction nécessite de considérer les problèmes thermiques avec une grande attention si on ne souhaite pas dégrader la cinétique de stockage du réservoir. On détaillera les avancées réalisées afin de contourner le problème de la faible conductivité thermique du matériau utilisé. On détaillera également comment un système utilisant des matériaux à changement de phase (MCP) a été mis en place afin de récupérer la chaleur dégagée à l'absorption. On fera un point rapide sur l'industrialisation actuelle de ce procédé.

## **STOCKAGE MECANIQUE**

### **16h45- 17h30 : Airthium, le stockage d'énergie par air comprimé isotherme. Histoire de l'outsider parti pour gagner la course à la rentabilité.**

*Par Andrei KLOCHKO, AIRTHIUM*

Les stockages mécaniques d'énergie représente 99% du stockage d'électricité dans le monde, à plus de 150 GW installés. Seulement, jusqu'ici, c'est surtout le stockage par pompage/turbinage qui a été utilisé, le stockage par air comprimé ne représentant que 400 MW environ. Ce rapport pourrait bien changer avec l'avènement de deux nouvelles technologies: 1) Une nouvelle technologie de compression, 10 fois moins vulnérable aux pannes mécaniques que les technologies actuelles, et atteignant des performances économiques inégalées au-dessus de 5 MW 2) Une nouvelle technologie de stockage de l'air, les réservoirs composites très haute pression, ces deux innovations ont de sérieuses bases techniques, économiques, et scientifiques pour enfin pouvoir atteindre les réductions de cout tant attendues par le marché du stockage.

## Inscriptions – Participation aux frais

**Stockage de l'énergie :  
quelles technologies ? Pour quelles applications ? Pour quand ?  
Le 30 novembre et le 1er décembre 2016**

### **Pour les grandes entreprises et investisseurs (VC) :**

- 840 € TTC (TVA 20 % incluse), soit 700 € HT pour le séminaire complet
- 600 € TTC (TVA 20 % incluse), soit 500 € HT pour une journée au choix

### **Pour les PME (effectif < ou = 250 personnes) et universitaires (sur justificatif) :**

- 360 € TTC (TVA 20 % incluse), soit 300 € HT pour le séminaire complet
- 240 € TTC (TVA 20 % incluse), soit 200 € HT pour une journée au choix

Pour les PME éligibles CAP'TRONIC : prise en charge d'une journée au choix – Inscription à une deuxième journée : **240,00 € TTC**, soit 200 € HT.

Les repas seront pris sur place.

Les inscriptions ne sont prises en compte qu'après réception d'un courrier, adressé à ASPROM: 7 rue Lamennais - 75008 Paris, de préférence à l'aide de la fiche d'inscription jointe à ce dépliant. Le nombre de places étant limité, les inscriptions sont enregistrées dans l'ordre d'arrivée à ASPROM, accompagnées du paiement correspondant. Il est toutefois possible de se renseigner par téléphone sur le nombre de places disponibles.

*Pour les PME éligibles CAP'TRONIC, actives dans le domaine productif de matériels ou de logiciels visant à améliorer la productivité de leurs produits grâce à l'intégration de solutions électroniques et de logiciels embarqués, pour lesquelles la participation à une journée au colloque est gratuite, l'inscription sera validée à réception d'un chèque de 100 € qui sera rendu au participant à son arrivée. En cas d'absence non remplacée à la journée technique, la caution sera encaissée, une facture établie.*

**Lieu :** UIMM, 56, avenue de Wagram - 75017 Paris. Le stationnement étant difficile, il est conseillé de venir en métro (Station Ternes ou Étoile).

**Facturation - convention :** Le chèque est à libeller au nom d'ASPROM.

**Annulation des sessions :** L'ASPROM se réserve le droit d'annuler un séminaire lorsque le nombre des inscrits est insuffisant pour garantir le bon déroulement de ce séminaire. Les participants seront avertis au plus tard une semaine avant le début du séminaire.

**Annulation d'inscription :** Les annulations d'inscriptions doivent avoir lieu au plus tard une semaine avant le début du séminaire. Les annulations faites pendant la semaine qui précède le séminaire, seront facturées pour 50 % du montant prévu. Les inscriptions qui n'auraient pas été annulées seront facturées au plein tarif.

**Animateurs :** Pour des raisons indépendantes de notre volonté, des changements peuvent avoir lieu.

Aucune confirmation écrite ne sera envoyée. Les participants pourront se renseigner sur leur éventuelle inscription en téléphonant au : 06 07 02 83 93.

## BULLETIN D'INSCRIPTION

à renvoyer à ASPROM – 7, rue Lamennais – 75008 PARIS  
TÉL. : 06 07 02 83 93 – FAX : 01.42.89.82.50

**Stockage de l'énergie :  
quelles technologies ? Pour quelles applications ? Pour quand ?**

**Le mercredi 30 novembre et le jeudi 1<sup>er</sup> décembre 2016**

NOM : \_\_\_\_\_ PRÉNOM : \_\_\_\_\_

Fonction : \_\_\_\_\_

Nom de la société et adresse : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Tél. : \_\_\_\_\_ Fax : \_\_\_\_\_

E-mail : \_\_\_\_\_

Je m'inscris à une ou deux journées, lesquelles ?

Société éligible CAP'TRONIC :  oui  non

Critère d'éligibilité : CAP'TRONIC est un programme qui concerne les PME de droit français. La structure peut être de type SA, SARL, EURL, SAS, SCOOP. L'effectif doit être inférieur à 250 salariés. Le capital ne doit pas être détenu à plus de 50 % par un groupe de plus de 2 000 personnes.

30 novembre  1er décembre ou au  séminaire complet

Ci-joint un chèque au nom d'ASPROM de : \_\_\_\_\_ €\*

Signature obligatoire :

\* Une facture de régularisation vous sera envoyée.