

H A U T E



SAINTONGE

A Jonzac,

13 DEC. 2016

Objet : Remerciements – Conférence du 01 octobre 2016

Monsieur,

La Communauté de Communes de la Haute-Saintonge a organisé en collaboration avec l'association Mobil'Eco, une conférence sur la thématique des « Systèmes d'accumulation d'énergie » le samedi 01 octobre 2016 au Pôle Mécanique de la Haute-Saintonge.

Je tiens à vous adresser mes remerciements pour votre participation.

C'est avec grand plaisir, que je vous fais parvenir la retranscription écrite de la conférence.

Je vous prie d'agréer Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Le Président

Claude BELOT

Communauté de Communes
de la Haute-Saintonge
7, rue Taillefer - BP 2
17501 JONZAC Cedex

2EME CONFERENCE : LES SYSTEMES D'ACCUMULATION D'ENERGIE DANS LE FUTUR

01 OCTOBRE 2016

INTERVENANTS :

RENAUD LEMAIRE – PRESIDENT DE L'ASSOCIATION MOBIL'ECO

GUY CAMPET – CHERCHEUR DU CNRS

SABRINA PAILLET – RESPONSABLE DU LABORATOIRE SCE FRANCE, FILIALE DU GROUPE HYDRO-QUEBEC

HERVE HENRY – ENSEIGNANT CHERCHEUR ET CHERCHEUR AU LABORATOIRE IMS

JEAN-CLAUDE GRENIER – CHERCHEUR AU CNRS

DUREE 1H39

PRESENTATION DU DEROULEMENT DE LA SECONDE CONFERENCE PAR MONSIEUR VINCENT CRAMIER.

R.LEMAIRE :

Nous venons de parler des énergies renouvelables, de la transition énergétique et de la mobilité électrique. Le point central de tout cela est le stockage d'énergie. Aujourd'hui la mobilité électrique et une réalité technologique grâce à l'évolution de la batterie. Les intervenants vont vous donner une perspective de ce qu'est le stockage d'énergie qu'il soit électrochimique ou sous d'autres formes, le vecteur central sera toujours l'électricité. A la base le stockage d'énergie était le plomb. La batterie plomb est encore bien utilisée dans la manutention, car elle a plusieurs intérêts : son poids, étant très lourde elle sert de contrepoids pour les engins qui peuvent ainsi lever des masses en porte-à-faux et elle est fiable, car c'est une technologie maîtrisée. On définit une batterie mobile par :

- sa densité d'énergie : la masse qu'elle représente en kilowatt embarqué
- sa densité volumique
- par d'autres paramètres, comme par exemple la puissance instantanée.

Je vais parler de densité d'énergie, puisque c'est ce qui est le plus intéressant dans les applications mobiles : une batterie au plomb était à 30kWh, jusqu'au milieu des années 90, avec la batterie nickel cadmium, on a fait un bond à 70 kWh, et la batterie lithium a commencé par 100kWh et aujourd'hui on dépasse largement les 200kWh.

G.CAMPET :

Sur ce tableau (source ADEME) on peut en déduire que 7% de l'électricité vendue aujourd'hui par EDF est d'origine solaire, photovoltaïque et éolienne. Cette donnée pour aller qu'à la hausse dans l'avenir pour les raisons qui ont été évoquées auparavant. Ce qu'il faut c'est pouvoir stocker les énergies, tout le monde a entendu parler d'Elon Musk, le patron de TESLA, il a présenté sa batterie Powerwall, nécessaire au stockage d'énergie pour l'habitat. Derrière ces cellules solaires qui

rechargent la TESLA, on peut utiliser la batterie de cette voiture pour avoir de l'électricité par exemple pendant la nuit. Pour le stockage de l'énergie solaire pour l'habitat, ce sont des batteries Aquion qui ne prennent pas de place dans un garage où vous pouvez stocker jusqu'à 100kwh, à condition d'avoir les cellules solaires appropriées. 100 kwh si vous le multipliez par 365, vous pouvez arriver à la consommation par an/ménage (un ménage = 1 couple avec 2 enfants).

Les batteries Aquion, j'y crois fortement au niveau performance. Elles se situent entre le plomb et le nickel cadmium, elles ont un avantage elles sont écologiques, elles utilisent de l'eau salée, une membrane en coton synthétique et des matériaux d'électrode non nocives, qualités qui font d'elle la batterie la plus sûre au monde. Pour le stockage fixe de l'énergie photovoltaïque d'un bâtiment, je crois fortement que ce type de batterie serait appropriée, elles n'ont pas un prix excessif puisqu'elles utilisent des matériaux peu onéreux. Ces batteries ne sont pas appropriées pour les véhicules électriques, puisqu'il faut qu'elles demeurent dans un habitat stable, par contre les batteries au lithium sont appropriées.

Récemment on a parlé de batteries au sodium. J'émettrai trois bémols pour ce genre de batterie :

- Le sodium est plus réactif que le lithium
- Le sodium est plus lourd
- Le sodium est plus encombrant que le lithium

Pour ce genre de batterie, en kWh et en lWh, je ne sais pas si on arrivera à être aussi performant que le lithium. Toutes les batteries au lithium, fonctionnent exactement sur le même principe, elles fonctionnent avec des ions-lithium, vous voyez que j'ai représenté la tonne de lithium et la tonne de sodium pour comparer les deux et voir qu'une est plus légère et moins encombrante que l'autre. La tonne de ion lithium est simplement un atome de lithium où l'on a extrait l'atome extérieur.

Il y a deux grandes familles de batterie au lithium :

- la batterie lithium métal polymère (LMP), c'est une technologie d'Hydro-Québec
- La batterie Lithium ion, que l'on retrouve dans la Zoé, la TESLA...

Chaque famille présente ses avantages et ses inconvénients.

La batterie lithium ion est en dessous parce que l'électrolyte est liquide ce qui veut dire que les ions lithium pourront se déplacer rapidement. Cette batterie lithium ion pourra avoir des régimes de recharge rapide et elle pourra fonctionner à température ambiante.

Pour la batterie du haut, comme les électrons se déplacent dans un solide, on ne peut pas avoir des régimes de recharge trop rapide et ne fonctionneront qu'à une température précise.

Les avantages de la batterie du haut c'est qu'elles sont extrêmement sûres, et on est beaucoup plus élevé que le Lithium ion, on peut arriver jusqu'à 385 kWh. Je pense que ces batteries LMP pourront être les batteries du futur, et c'est peut-être avec celles-ci qu'on pourra se recharger chez soi.

Est-ce qu'il existe d'autres batteries du futur ?

Moi j'aurai tendance à croire aux batteries lithium soufre, si j'en juge aux nombreux publis et brevets qui sont apparus ces deux dernières années.

Est-ce que la France fait quelque chose pour les batteries du futur ?

Oui, le CEA développe toujours le lithium soufre. A masse équivalente les batteries lithium soufre présente une autonomie trois fois plus importante. Elles peuvent être rechargées rapidement, ce qui conclue la relève des batteries lithium ion assurée. La nouvelle génération de Zoé, avec 300km d'autonomie serait dotée de cette batterie.

S. PAILLET :

Hydro-Québec c'est quoi ?

C'est le plus grand producteur d'électricité au Canada, et l'un des plus grands producteurs d'hydro-électricité au monde. Son unique actionnaire est le gouvernement du Québec. Il exploite essentiellement des énergies renouvelables, plus particulièrement l'hydraulique, mais soutient l'éolien comme la biomasse. Son institut de recherche qui s'appelle l'IREC, travaille dans la recherche et le développement dans le domaine de l'énergie, y compris l'efficacité énergétique et le stockage de l'énergie. Il faut savoir qu'Hydro-Québec consacre chaque année plus de 130 millions de dollars à la recherche et son institut est composé de 500 personnes (scientifiques, ingénieurs...).

Au sein de l'IREC il existe différents laboratoires, celui qui va nous intéresser aujourd'hui est celui de la direction CSE. L'IREC est leader dans le développement de matériaux pour la fabrication de batterie et dans la création des procédés d'avant-garde. L'IREC détient plus de 800 brevets et 40 licences, liés à des matériaux qui sont utilisés par les plus grands fabricants de batterie.

L'IREC a acquis une expertise en stockage de l'énergie et collabore avec des sociétés privées du Québec dans le cadre de la réalisation de borne de charge pour voitures électriques et hybrides dans le cadre de son programme de recherche. C'est travaux ont contribué au développement des batteries lithium ion, hautement performante et sécuritaire, qui peuvent se recharger rapidement.

Le laboratoire CSE France, est une filiale d'Hydro-Québec, la mission est d'effectuer des R&D dans le domaine des matériaux et applications aux batteries lithium ion.

Hydro-Québec est tourné vers l'international, il a des partenaires de recherche partout dans le monde qui travaillent sur différents types de technologies. Il collabore énormément avec des universitaires, principalement au Canada, aux Etats-Unis et en France.

CSE France a été créé en 2014 à Pau, c'est une propriété à 100% d'Hydro-Québec. Le budget est de 5.5 millions d'euros sur trois ans, financé à 100% par la Région La Nouvelle Aquitaine et par des industriels français. Les travaux de CSE France : (diapo schéma d'une batterie lithium ion). Elle est constituée d'une anode et d'une cathode, qui sont un mélange de matériel actif permettant l'insertion et la désinsertion du lithium, de conducteur électronique, et un polymère qu'on appelle Lianc qui va permettre une bonne cohésion entre toutes les particules et une bonne adhésion au niveau du collecteur. Entre la cathode et l'anode, il y a un polymère qui s'appelle séparateur qui va permettre de les séparer de manière physique et un électrolyte qui est un sel de lithium.

Nous avons deux laboratoires, dont un qui s'intéresse à la synthèse organique : développement de nouveaux composés, sel de lithium et des polymères, et un autre qui s'intéresse à la synthèse inorganique : développement de nouveaux matériaux, la cathode ou l'anode.

H. Henry

Nous allons voir aujourd'hui le système de gestion des batteries. Les batteries lithium, contrairement aux batteries plomb, nickel cadmium, batteries d'anciennes technologies où nous n'avons pas besoin d'électronique, elles ne peuvent pas fonctionner sans un environnement électronique et informatique très sophistiqué

Si on voudrait allumer une voiture avec une batterie lithium, il faudrait qu'elle soit munie d'une très grande intelligence et que cette dernière soit connectée au calculateur de bord de la voiture pour que tout fonctionne. Quand on roule, il y a des calories qui sont dégagées sous le capot, elles vont faire chauffer la batterie et on sait très bien ce que deviennent les batteries au lithium quand ce dernier est trop chaud. Le but de l'électronique est parfaitement d'éviter tout ça.

Les batteries lithium sont présentes dans tous les systèmes, nous avons tous une batterie lithium sur soi ou dans notre maison. Faut-il faire attention aux batteries lithium ? La réponse est oui.

Je vais insister sur la problématique de la mise en œuvre des batteries lithium. Nous verrons l'instabilité, les variations rapides de tension, l'intérêt de l'équilibrage de ces batteries lithium.

Type d'électrochimie :

- le plomb acide
- le nickel cadmium, dont on ne parle presque plus, sauf dans les trains et les avions.
- le nickel hydrure métallique, qui ne coûte pas chère mais ne sont pas très énergétiques.

Un comparatif de cellule :

Ces cellules s'appellent des NCM : Nickel Cobalte Manganese.

- La petite fait 100 ampères/h et la grande fait 120 ampères/h.
- La petite est à faible capacité, la capacité nominale est de 20 ampères/h et la grande propose une plus grande capacité de 100 ampères/h

La technologie de l'électrochimie est Le Nickel Cobalte Manganese qui aujourd'hui est très utilisée.

Comment peut-on définir les paramètres fondamentaux ?

- La capacité nominale : 20 ou 100 ampères/h
- L'électrochimie NCM.

Que se passerait-il, aujourd'hui si l'on se changeait d'électrochimie ?

On pourrait avoir 20 ampères/h et 100 ampères/h pour nos deux cellules, mais en fonction de l'électrochimie les tensions de fonctionnement de ces cellules seront très différentes et si l'on fait le produit de la tension du fonctionnement par la capacité, on va tout simplement multiplier des tensions par des ampères/h, ça va nous donner des wh. On va déduire des paramètres à partir de l'électrochimie et de la capacité nominale qui est l'énergie de nos cellules.

Avec ces deux cellules, nous faisons passer du courant. Le courant entre par la borne positive et il sort par la borne négative. Que se passe-t-il, si dans la petite on laisse passer 1 ampère alors que sa capacité est de 20 ampères/h ? Que se passe-t-il si dans la grosse on fait passer du courant 100 ampères dans la batterie qui fait 100 ampères/h ? On voit que pour discuter de batterie en fonction de la taille batterie, qu'elle fasse 20 ampères/h ou 100 ampères/h, les courants changent en valeur d'ampère et le fait que ce courant change, ça va nous amener beaucoup de complexités. Pour tout simplifier, si l'on dit que l'on fait passer un courant de 20 ampères dans une batterie de 20 ampères/h on a le courant d'une fois la capacité, et si on fait passer un courant de 100 ampères dans une batterie de 100 ampères/h, on a aussi le courant d'une fois la capacité. Alors est-ce que c'est le même ? En relatif oui, comme les batteries ont une taille différente, si l'on fait une étude de répartition de courant par une unité de surface des électrodes et bien ça revient exactement au même. Une cellule qui a un courant de 20 ampères, mais une petite capacité, a exactement le même courant qui passe par centimètre carré dans les électrodes, qu'une cellule qui a une capacité de 100 ampères mais qui a 100 ampères de capacité.

Pour la suite nous allons utiliser un c quand nous faisons passer un courant de 20A dans une veine A/h dans une 100A/h et on dira qu'on a un courant de $2c$, qui fera 40A dans la veine A/h et 100A dans la 100A/h. Désormais nous allons parler de $n \cdot c$.

Le courant classique que l'on fait passer dans une batterie, c'est $1c$. Si la batterie fait 20ampères/h le courant fait 20 ampères/h, le chargeur sera de 20 ampères/h. L'intérêt est que la batterie fasse $1c$, certaines batteries supportent $1c$ et donc ne supportent pas $1.5c$. Aujourd'hui on supporte facilement $3c$, elles représentent des batteries tout à fait classiques. La société américaine Xalt énergie qui fabrique des voitures lithium, ces batteries sont utilisées à 2méga wh dans un ferry qui est en train d'être construit en Suède pour 1000 passagers entièrement électrique avec 2 millions de wh à l'intérieur.

Que faut-il pour mettre en œuvre les cellules électrochimie de type lithium ?

Voici les paramètres essentiels.

- La capacité de 100 ampères/h, l'énergie nominale à $1c$ 360wh, le NCM a une tension nominale de 3,6V/100A, qui font 360wh.
- L'énergie massique à $1c$ de décharge, cette cellule de 100A/h pèse à peu près 2kg.

Il y a des paramètres en tension minimum de charge, de température maximum (45°), la même chose en charge, ensuite il y a des paramètres de durée de vie de la batterie, etc.

Entre -20 et +40° de température, au soleil la batterie va monter jusqu'à 50°, si on a des paramètres tous les 5°, on va voir qu'on a un très grand nombre de variables. Conclusion : ces variables vont rester en mémoire, qui est gérée par un microprocesseur, cet ensemble électronique et informatique va gérer notre batterie lithium, on l'appelle le système de gestion de la batterie Lithium (BMS : Battery Management System). Tous ces paramètres sont mis dans le BMS. Ce qui justifie la présence d'une électronique assez sophistiquée qui doit être associée à nos batteries lithium.

Maintenant nous mettons en œuvre notre batterie.

Quelles sont les différentes problématiques de mise en œuvre :

L'instabilité du lithium à température élevée

- Difficulté à mesurer la température au cœur de toutes les cellules, c'est un problème non résolu
- Il y a une évolution rapide de la tension.
- Difficulté de mesurer la tension des cellules à fort courant.
- Il y a des déséquilibres par autodécharge.
- Il y a des déséquilibres par dissipation thermique.
- Difficultés à la connaissance de l'état de charge.
- La durée de vie de la batterie.

Etude de mise en œuvre :

Instabilité : toutes les batteries lithium sont instables. Le contrôle de la température est très important. Lorsque ce processus est amorcé, il est irréversible. Les batteries possèdent comme une fusée, du comburant et du carburant. Il faut donc que les batteries soient stables, c'est pour ça qu'il faut de l'électronique autour qui aura le rôle d'assurer la sécurité des batteries. D'où la mise en œuvre du BMS.

Variation rapide de tension : quand on décharge une batterie, on ne va jamais talonner ici la descente brusque de tension, sinon le véhicule va s'arrêter. Mais lorsque l'on passe cette batterie en charge avec certains éléments lithium qu'on appelle DNCA, produits à Bordeaux par la SAFT. Nous avons une montée en tension en charge très linéaire et si l'on prend des éléments beaucoup plus surs que la DNCA qui sont des sodiums sulfates, nous avons un grand pallier on est à 3.7v, 3.8v et si on ne fait pas attention on est à 12v. Il faudra que notre électronique surveille de très près cette montée rapide en tension. Il faudra que notre BMS ait son activité.

L'équilibrage des cellules : c'est le problème majeur avec ses batteries là. Avec les batteries nickel cadmium que je connais très bien, il y avait un problème majeur d'effet de mémoire. Le lithium n'a pas d'effet de mémoire.

Il y a plusieurs problèmes à l'origine de ce déséquilibre, la première cellule que j'appelle c1 qui est mise en série avec c2, qui est mise en série avec c3. La batterie c'est c1+c2+c3, on les mets dans un

coffret et on met ça sous le capot et on fait un véhicule. On suppose que c1 est une cellule théorique on n'a pas de perte et elle dure une infinité de temps. La c2 est d'une qualité normale, a une perte normale de 5%. La cellule c3 est d'une qualité faible et à 10% de perte. Nous avons nos 3 cellules alignées toutes à 100%, notre batterie est chargée à 100% on peut l'utiliser et décharger toutes les cellules jusqu'à 0, on va récupérer toute l'énergie de notre batterie. Si après avoir chargé notre batterie à 100%, on n'utilise pas notre voiture pendant un mois, après avoir parlé de nos cellules, on a des pertes que l'on appelle : l'autodécharge. Un mois après la c1 est à 100%, elle n'a pas de perte, la c2 a perdu 5% en un mois et la c3 a perdu 10% en un mois. Si on fait une décharge de ces cellules, comme elles sont en série, la première qui arrive au taquet à 0 c'est celle qui nous arrête. En conséquence l'énergie qui est réellement disponible c'est celle de c3, car c1 en a beaucoup plus et quand c3 arrive à 0, c1 sera à plus 10% et on va tout arrêter. Donc on voit maintenant qu'il y a une différence entre l'énergie qui est réellement disponible et l'énergie théoriquement disponible.

Les cellules qui sont au centre vont vieillir plus vite que les autres qui sont à la périphérie.

Le but de l'équilibrage est que l'énergie dont on dispose soit égale à une énergie maximale disponible.

Comment procéder ?

La description de 2 dispositifs de rééquilibrage de ces cellules :

Rééquilibrage passif : il consiste à mettre une résistance en paramètre avec les cellules, mais commandé par un interrupteur qu'on appelle k1 et r1 pour la cellule c1. Sur la cellule la plus déchargée nous allons ouvrir l'interrupteur k3, alors que nous allons fermer k2 et k3. La c3 ne bougera pas, la c2 va se décharger et la c1 va aussi se décharger dans les résistances. En conséquence, la c1 et la c2 qui vont se décharger dans les résistances pour dégager de la chaleur et cette chaleur va sortir du pack batterie, notre lithium est très sensible à la chaleur, il faut donc éviter de chauffer cette batterie avec ce déséquilibre. La c3 arrive au niveau où elle était, et donc on va descendre c2 et c1 jusqu'au niveau de la c3, et quand elles seront au même niveau que la c3 on aura réalisé notre équilibrage.

Rééquilibrage actif : le transfert de charge est simple. Je pars du point initial de c1 à 100%, c2 à 95% et c3 à 90% au bout d'un mois d'autodécharge dans le garage. C3 à un rank et que c1 se porte bien, alors on va prélever un peu de c1 pour le mettre dans c3. On va prélever 5% à c1 pour arriver à 95% et l'ajouter à c3 pour arriver également à 95%, donc les 3 cellules sont au même niveau à 95%. Pour arriver à 100%, il faut rebrancher mon chargeur une seconde fois et on arrive à 100%. Comment est réalisé un rééquilibrage actif ? Tout à l'heure on a parlé de résistance, ici on parle de convertisseur avec un transformateur, ce dernier est obligatoire car derrière on va tout mettre en parallèle. Le but est de décharger c1 et de charger la c3. Ce transfert d'énergie est contrôlé de façon électronique et a priori il n'y aucune perte au rendement près du convertisseur, aujourd'hui on sait faire des convertisseurs de rendement de l'ordre de 90%. Avec 100 cellules, on va utiliser un micro-processeur et un logiciel, qui va être un des points forts du BMS.

Quelles sont les fonctions du BMS ?

Protéger les cellules

Gestion des cellules

Evaluer le SOH

Gestion des modes dégradés

Gestion des charges

Gestion de l'équilibrage

Gestion de la décharge

Contrôle du convertisseur du moteur

La garantie de la batterie

Le BMS est composé de deux grands blocs :

Le premier, le power train management system (motorisation), il est contrôlé par un calculateur.

Le reste est composé par des cellules batterie. 100c = 400v, 200c = 600v ...etc. Pour contrôler ces cellules il y a des cellules de contrôle ionique, il y en a 100, 150... Ça fait beaucoup d'électronique. Pour surveiller le paramètre thermique (TCU), qui va surveiller et gérer la totalité de la thermique y compris le refroidissement avec la clim de bord et un système de sécurité qui va gérer les relais sur l'alimentation puissance qui va gérer les fusibles qui sont sur l'alimentation puissance, les défauts d'isolement. Tout cela est associé par un bus scan qui a été inventé par Bosch, il y a 20 ans, on les trouve dans tous les véhicules d'aujourd'hui. Tous ces petits appareils seront réunis par un scan bus de type batterie et la gestion globale va être assurée par une batterie de contrôle ionique que l'on appelle parfois BMS, et cette batterie de contrôle ionique est en contact et en relation avec l'informatique avec le véhicule par un autre bus scan que j'ai appelé le Heckel scan bus. L'ensemble communique et c'est comme ça que l'on va contrôler la batterie lithium quel que soit le véhicule.

Le BMS sert d'interface entre la batterie lithium et le reste de l'utilisation. C'est une interface qui rend la batterie intelligente, la sécurise et la met à disposition de tous les autres éléments du véhicule. Son développement nécessite des centaines de paramètres très complexes. Les progrès dans la connaissance des cellules lithium et de l'électronique embarquée de notre carte BMS font qu'aujourd'hui les constructeurs ont acquis une certaine maîtrise, de la gestion des batteries lithium.

J-C. GRENIER :

Nous travaillons dans un secteur de la chimie des matériaux et notre laboratoire travaille sur l'énergie, les piles à combustibles, les batteries, etc. Nous avons des partenariats avec de grandes industries locales, nationales et internationales.

Je vais vous parler de l'évolution des énergies fossiles aux énergies renouvelables et de la place de l'hydrogène dans la place du mix énergétique. Tous les problèmes ont commencé à apparaître dans

les années 1800, on a inventé le moteur, il a fallu du charbon, du gaz. Plus tard on a eu recours à l'hydraulique, au nucléaire et maintenant aux énergies renouvelables. Si on regarde la consommation mondiale de l'énergie c'est 82% de fossiles environ, 6% de nucléaire et 12% de renouvelable.

Où en sommes-nous des réserves des énergies fossiles ?

Pour le pétrole : 55 ans.

Le gaz : 100 ans

Le charbon : 200 ans

Vers 1850, on était dans une ère de la biomasse, puis nous sommes passés à l'ère du fossile. Lorsqu'on se place à l'échelle du temps, on voit que l'ère fossile sera un point important dans la vie de l'homme. On en a encore pour 200 ans, il est urgent de trouver des solutions.

Les solutions pérennes sont donc les énergies renouvelables (solaire, biomasse, éolienne, géothermie). L'énergie solaire donne en 15secondes, ce que la terre utilise en une journée.

Les principales sources de stockage de l'énergie :

Les step : stations de pompage, il y en a 6 en France, elles représentent 5gw. Ce n'est qu'1.3 de la production d'EDF.

Des moyens électrochimique : des batteries à super condensateur

Des moyens mécaniques : l'air comprimé

Quand on regarde tous ces moyens de stockage on se rend compte que les steps c'est 99% des moyens de stockage aujourd'hui et tout le reste c'est 1%.

Il y en a un qui pourrait être très intéressant, les supra conducteurs qui ont la propriété de conduire le courant sans aucune perte d'énergie et peuvent faire du stockage magnétique. C'est une solution très futuriste.

Il faut imaginer d'autres solutions pour stocker l'énergie, à partir de l'hydrogène. Le principe est d'électrolyser de l'eau, on utilise l'hydrogène comme stockage plutôt chimique et ensuite on utilise les piles à combustibles pour faire de l'électricité. On peut soit, aller directement dans le réseau électrique, soit en résidentiel en utilisant la chaleur et l'électricité. On réformé de l'eau et cette eau n'est pas perdue puisqu'elle revient dans le circuit. Au lieu des énergies renouvelables on peut le faire à partir du nucléaire et c'est ce qui est actuellement envisagé en France.

Ce qui est intéressant dans ce système que nous avons ici, c'est que l'électrolyseur va faire de l'énergie à partir de l'hydrogène, que l'hydrogène revient dans les piles à combustibles et on peut revenir dans le circuit électrique ou aller directement au consommateur, c'est ce qu'on appelle le smart green.

L'idée de l'hydrogène s'est vraiment posée dans les années 1974, après le premier choc pétrolier. Même Jules Verne l'avait dit « *Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme*

combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisées isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir (...) L'eau est le charbon de l'avenir. »

QUESTIONS :

Q1 : On a tous des batteries lithium dans nos téléphones portables, nos ordinateurs. Pouvez-vous expliquer la différence au niveau du BMS ?

H.Henry : On prend un portable et un ordinateur où il y a de la batterie lithium, on vient de voir que la batterie doit être gérée par un BMS et si on ne le fait pas ça brule. Le problème d'équilibrage, c'est que pour nos véhicules, on a besoin d'une grosse quantité d'énergie, pour avoir une grosse énergie on met des cellules en série, ça pose un problème d'équilibrage qu'on sait résoudre, c'est compliqué et cher.

La solution : avec une seule cellule on n'a pas de problème d'équilibrage, donc dans vos téléphones, ordinateurs, tablettes, vous avez une seule cellule. Nous avons juste à gérer la température et la tension.