

Pourquoi stocker l'énergie ? les grands enjeux autour du stockage de l'énergie

Deux types d'applications nécessitent de stocker de l'énergie : les applications stationnaires et les applications mobiles.

Pour les applications stationnaires, la croissance des énergies renouvelables (typiquement le photovoltaïque et l'éolien) se fait au détriment de la production d'énergie électrique pilotable (le nucléaire). Cela génère une augmentation de l'intermittence dans la production d'énergie électrique.

Pour faire face à cette intermittence, qui produit de l'énergie pas forcément au moment opportun, on doit être en capacité de stocker de l'énergie à différentes échelles de temps (de la seconde à quelques jours) pour la restituer au bon moment : en France, typiquement le matin entre 7h et 9h et le soir entre 18h et 20h. Pour cela, on dispose de plusieurs moyens de stockage : cela peut se faire sous forme de chaleur, sous forme électrochimique (les batteries, les supercondensateurs) ou sous forme chimique (l'hydrogène, les e-fuels).

Pour la mobilité, le problème est de recourir le moins possible aux produits pétroliers pour permettre de diminuer de manière drastique les émissions de gaz à effet de serre. Les émissions dues au transport représentent aujourd'hui près d'1/4 du total des émissions. Aussi, la seule façon pour décarboner nos moyens de transport est de les électrifier, en allant de l'hybridation légère jusqu'à l'électrification complète de la chaîne de traction.

Le réservoir d'énergie doit alors être transportable : c'est le cas des batteries et des réservoirs d'hydrogène.

Les solutions de batteries développées pour la mobilité convergent également avec les problématiques du stationnaire, comme par exemple la mise en œuvre de stockage de type « Vehicle to Home » et « Vehicle to Grid ».

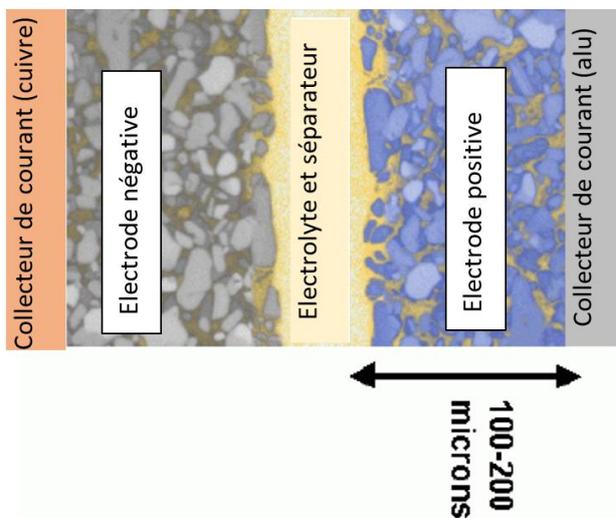
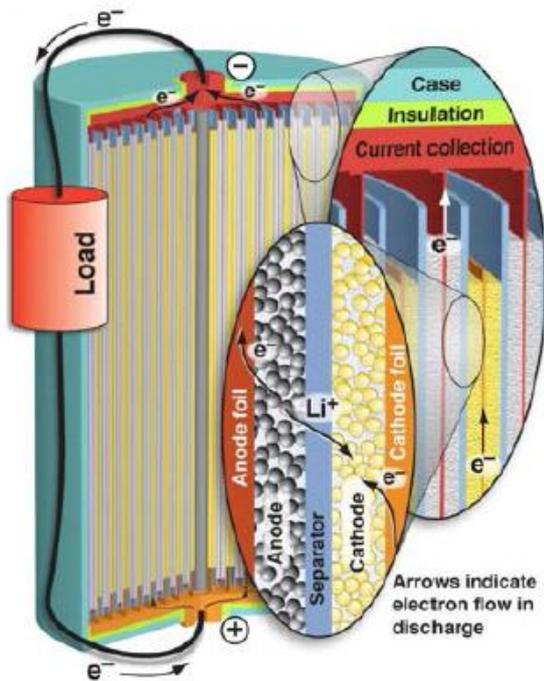
Les enjeux majeurs sont d'accroître de manière importante la densité d'énergie, la densité de puissance et la durée de vie tout en minimisant l'impact environnemental des matières utilisées ainsi que le coût énergétique et financier.

Concernant les batteries, nous arrivons actuellement à la limite des systèmes Lithium-ion. Aussi, pour accroître la densité d'énergie des batteries, la seule solution est d'utiliser une électrode en lithium métal. Le lithium métal est incompatible avec les électrolytes liquides actuellement utilisés. C'est pourquoi, nous nous focalisons nos recherches sur les systèmes dits « tout solide ».

Quelques données pour comprendre :

Un accumulateur lithium-ion est constitué de 2 électrodes (une électrode + et une électrode -) séparées par un séparateur (pour éviter un court-circuit !). Le tout est imprégné par de l'électrolyte (un ou plusieurs solvants organiques avec un sel de lithium dissous dans ces solvants). L'électrolyte est le porteur des ions entre les 2 électrodes, un peu comme une chaise à bascule. Le nom « lithium-ion » provient du fait de la seule mobilité des ions lithium entre les électrodes. Dans les autres batteries « classiques » (batteries plomb, Nickel-Cadmium, NiMH), une des 2 électrodes est métallique et est partiellement dissoute puis reconstituée lors des cycles de charges / décharges.

Dans le cas du Li-ion, les ions sont stockés dans des matériaux « hôtes », un peu comme si on pressait par alternance deux éponges : on a beau presser l'éponge... ça reste une éponge !



Vue en coupe d'un accumulateur (électrode + / séparateur / électrode -)

Pour comparer un véhicule thermique (essence, par exemple) et un véhicule électrique :

Critère	Essence (ex: Clio III)	Batterie Li-ion (Zoe V2)
Rendement sortie roues	24% 36% (sortie moteur)	77% (ou 86% après stockage) 95% (charge AC/DC) x 95% (η batterie) x 95% (décharge DC/AC) x 90% (moteur électrique)
Densité de l'énergie (à l'échelle de la batterie ou du réservoir)	11500Wh/kg 8625Wh/L	134Wh/kg 171Wh/L
Densité d'énergie (Wh/kg) utilisable	2760Wh/kg 2070Wh/L	115Wh/kg 147Wh/L
Réservoir d'énergie utile	50L / 37,5kg, soit 103,5kWh	240L / 305kg, soit 35,1kWh
Puissance de charge max. utile	3 105kW	39kW (= 43kW x 0,9)
Consommation/100km	13,2kWh	
Vitesse de charge max.	3 minutes	57 minutes
Distance accessible /charge	800km (6,25L/100km)	265km

En fait, le problème est la vitesse de charge et la densité d'énergie.

Sinon, le rendement est excellent !

Cependant, l'autonomie devient moins un problème aujourd'hui : les véhicules qui contiennent 50kWh (exemple Zoe ZE50) permettent de parcourir sans problème plus de 300km, ce qui correspond à plus de 98% des usages réels.

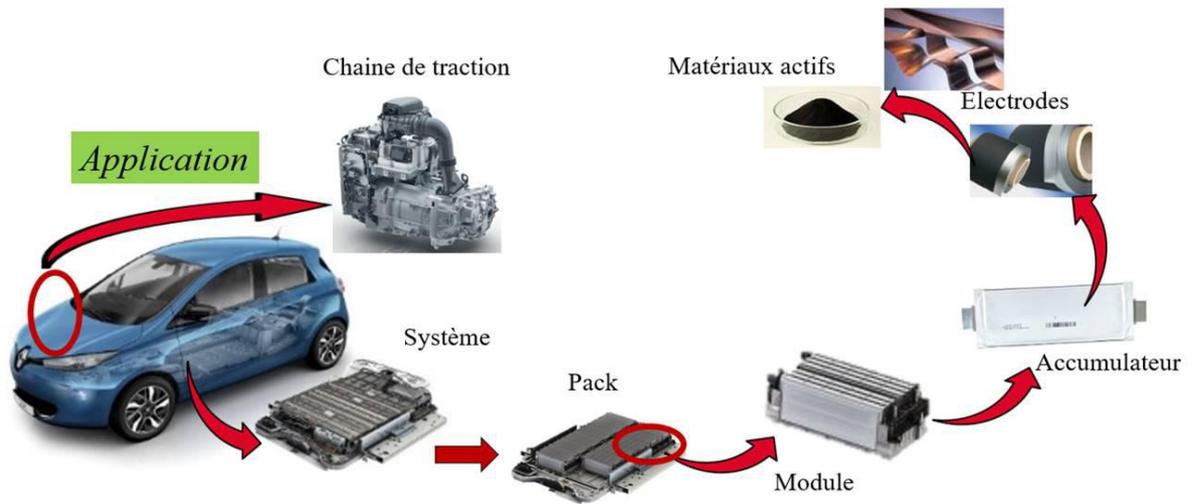
Un ordre de grandeur pour comprendre le problème sur la charge :

Un four à la maison nécessite une puissance maximale de 4kW (en mode pyrolyse, par exemple), mais pas pendant 10h !! Une prise dédiée à la maison (« type WallBox ») peut fonctionner plusieurs heures (typiquement 15h max.) à 3,2kW. Au-delà, il faut une installation très spéciale qui coûte un peu cher.

Dans la rue, on installe généralement des prises à 7kW (ce qui est déjà pas mal) voire 22kW. Au-delà, il faut des installations très spéciales : on appelle cela des prises de charge rapide (ce que j'ai indiqué dans le tableau : 43kW, est une prise de charge rapide). On ne trouvera jamais cela à la maison : on risque de faire disjoncter toute la rue !!

Si on voulait se charger totalement en 5 minutes avec une voiture de 500 km d'autonomie (17kWh/100km pour un cycle extra-urbain), il faudrait une puissance de 1 000kW (1MW !). Cela correspondrait alors à 250 fours en mode pyrolyse en même temps !

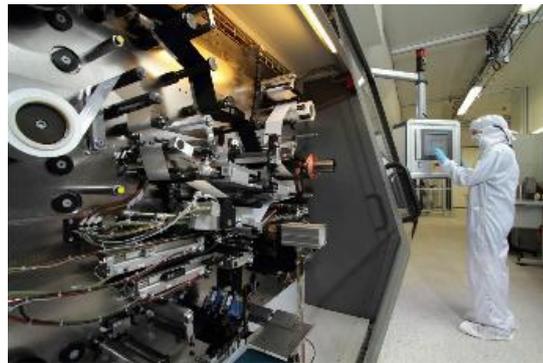
Au CEA, on travaille sur l'ensemble de la chaîne de la valeur : du véhicule jusqu'aux matériaux.



Un système contient un pack batterie, de l'électronique, un moyen de refroidissement, de la mécanique ...

Un pack batterie est un assemblage de modules, eux-mêmes constitués de cellules. Les cellules (ou accumulateurs) sont constitués de matériaux, comme nous l'avons vu précédemment.

Tout cela doit pouvoir être recyclable ! c'est un élément très important de nos développements.



Quelques photos au CEA:

En haut à gauche, une personne qui prépare de nouveaux matériaux pour les électrodes.

En haut à droite : une personne en train d'assembler des accumulateurs dans une salle à l'abri de l'humidité.

En bas, une personne qui assemble un pack batterie.

Ma bio en quelques lignes :

Après un DEA en structures et propriétés multiéchelles des matériaux, j'ai obtenu un doctorat en sciences et technologies industrielles en 2003 en collaboration avec SAFT (fabricant de batteries). J'ai rejoint le Groupe Bolloré (Batscap / Blue Solutions) en 2006 en tant que responsable de la l'Innovation et de la Recherche pour l'activité Supercapacités. Fin 2011, j'ai rejoint le CEA pour coordonner des projets pluridisciplinaires de recherches et de développement dans le domaine du stockage de l'énergie (notamment batteries lithium-ion) avec des partenaires industriels et académiques. En 2014, j'ai obtenu mon habilitation à la direction de recherches (HDR). Je suis spécialiste du carbone et des systèmes de stockage d'énergie et je dirige également des thèses dans ces domaines. Aujourd'hui, je m'occupe du programme dédié au stockage et à la flexibilité de l'énergie au CEA (toute ce qui concerne le stockage sous forme de batteries et d'hydrogène).