

MDI a interviewé M. Michel Armand, l'inventeur de la batterie Lithium.

M. Armand a consacré sa vie à la recherche. Il est plus particulièrement connu comme l'inventeur de la batterie au lithium, qui équipe tous vos petits appareils électroniques, vos téléphones, mais aussi les voitures électriques actuelles. Très prolifique, Michel Armand a déposé plus de 150 brevets, est double médaillé du CNRS où il était directeur de recherche et dont il est encore émérite. Nous lui avons demandé son avis sur les évolutions quant aux batteries électriques, et aussi quant à notre procédé à air comprimé.

MDI : Pendant combien de temps avez vous travaillé sur la batterie au lithium ?

M.A. : J'ai commencé à travailler sur la batterie au lithium quand j'avais 25 ans, je vivais aux Etats-Unis en 1972. Le lithium-polymère, je l'ai proposé en 1978, c'est quelque chose qui est plus ancien que la batterie au lithium-ion japonaise de 1991.

La notion d'électrode pour les batteries au lithium date de 1972 et en 1978 il y a eu la découverte des électrolytes polymères.

J'ai bénéficié assez rapidement d'un soutien assez important d'Elf, mais qui n'a pas fait grand chose et puis d'Hydro-Québec au Canada, qui est l'équivalent d'EDF.

Ils ont mis pas mal d'argent (1 Milliard de \$) pour arriver à produire les premières batteries, pour passer d'une batterie de quelques centaines de milligrammes à une batterie de voiture, dans les années 2000.

Il a été fondé la société « Avestor » au Canada qui a commencé à construire des batteries au lithium, mais qui n'étaient pas très fiables. Ils ont fait des raccourcis en voulant jouer sur l'épaisseur de l'électrolyte.

En 2005, la société était en faillite et a été rachetée par Bolloré.

Bolloré a conservé l'usine qui était au Canada, qui fabrique encore la plupart des batteries de voitures qu'on voit tourner à Paris. Bolloré a sorti une batterie industrielle qui ne pose pas de problème de sécurité, à partir de 2011, dans la « blue-car ».

MDI : Sur quel type de batteries travaillez-vous actuellement ?

M.A. : Je suis émérite à l'université d'Amiens où j'ai fini ma carrière, mais je participe maintenant à un centre de recherche qui a été créé dans le pays Basque, en Espagne. J'ai aussi pas mal de déplacements en Australie où j'ai un poste pour développer des batteries à partir de liquides ioniques, qui sont des produits différents des polymères. Je travaille principalement sur de nouveaux polymères qui permettraient de travailler sur des voltages de batteries plus importants. Pour l'instant, une batterie lithium-métal avec un polymère et une cathode en phosphate de fer lithié, ça donne 3,5 volts, et il serait possible peut-être d'étendre ceci à 4 volts, 4,2 volts, et de gagner proportionnellement autant sur la densité d'énergie.

Le gros défi ce sont les voitures électriques et depuis quelques temps le stockage hors pointe des énergies renouvelables et les problèmes de batteries.

MDI : Quels obstacles pourraient se profiler pour ces nouvelles batteries novatrices ?

M.A. : Le projet Bolloré reste encore confidentiel : ce sont une toute petite fraction de la production de voitures électriques qui sont déjà sur les routes ou qui vont l'être. Bolloré est la

seule batterie tout solide dans laquelle il n'y a pas d'électrolyte liquide inflammable, qui circule dans le monde. Mais sa production d'environ 10 000 voitures au total est négligeable par rapport au nombre de voitures électriques qui circulent en Chine, telles que j'ai pu les voir lors de mon dernier voyage.

MDI : Il y a beaucoup de véhicules électriques en Chine ?

M.A. : Oui, surtout des bus. Les chinois investissent énormément pour faire des bus électriques qui posent moins de problèmes d'autonomie de la batterie que pour les voitures individuelles.

MDI : C'est parce que le système de ravitaillement est préférable ?

M.A. : Quand la batterie est sous-dimensionnée, le bus est obligé de rentrer à mi-journée pour une session de charge ou d'échange pour des batteries rechargées, ce qui se fait automatiquement par un robot.

MDI : Quels sont les obstacles qui peuvent se poser pour les batteries du futur ?

M.A. : Les progrès sont spectaculaires. La moitié de l'humanité travaille sur les batteries ou presque maintenant, c'est une véritable folie, surtout en Asie. Le problème principal du développement à grande échelle des batteries est l'utilisation de matériaux pas très abondants dans l'écorce terrestre, comme du cobalt. 50% est produit en république démocratique du Congo et exploité dans des conditions assez déplorables quant au respect des droits de l'homme et de l'individu.

MDI : Et pour le lithium ?

M.A. : Le lithium, il y en a pour une dizaine d'années. Il n'y a pas de pénurie pour l'instant. En Bolivie, il y a des mines qui ne sont pas encore en exploitation. Le recyclage va intervenir, mais pour l'instant, c'est très marginal. Le lithium pourra alors tourner en circuit fermé. Mais oui, le lithium n'est pas un élément très abondant. Il a été « fabriqué » pendant le big-bang et il n'y en a pas du tout qui a été « fabriqué » après.

MDI : On dit qu'il y aurait du Lithium en Corée du Nord ?

M.A. : C'est possible. Cela ne m'étonnerait pas car les sources de lithium principales sont les salars qui sont en Amérique du Sud, au Tibet, qui sont des fonds de mer évaporés dans lesquels le lithium s'est concentré. Ils sont donc relativement faciles d'exploitation et puis un minerai qui est en silicate de lithium et d'aluminium qui s'appelle le spodumène. Il y en a des dépôts assez importants en Australie, et on en trouve aussi au Québec. Ça ne m'étonnerait pas vu la richesse géologique de la Corée du Nord, qu'ils aient des mines de spodumène à disposition.

MDI : Selon vous, quel pays vous semble en pointe dans les batteries lithium-ion et lithium-polymères ?

M.A. : Lithium-polymère, c'est de toute évidence Bolloré. Hydro-Québec a aussi une activité. Mais d'une manière générale, le pays qui va dominer tout le marché, c'est la Chine.

Ils ont tellement de problèmes de pollution qu'ils cherchent à prendre le problème à bras-le-corps et il y a des incitations ou des règlements maintenant qui favorisent énormément les véhicules électriques.

MDI : Est-ce qu'à la production, ces batteries lithium-ion ou lithium-polymères sont polluantes ?

M.A. : C'est un autre aspect effectivement. J'ai déjà parlé du cobalt. Ce n'est pas un matériau dont la signature carbone est très bonne. Il y a beaucoup de cuivre aussi dans les batteries à lithium-ion. Il n'y en a pas dans les batteries lithium-polymère. Un peu plus de lithium que dans les batteries lithium-ion, mais l'électrode est un phosphate de fer qui ne pose aucun problème de disponibilité sur terre.

MDI : C'est la ressource que vous suggérez ?

M.A. : Oui, de ce point de vue, la technologie Bolloré n'est pas très polluante dans le sens où la technique d'extrusion est plus propre : on fait passer le tout dans une grande seringue, on pousse, et ce qui sort au bout, un film mince, peut être utilisé directement dans les composants de la batterie. Donc cela en fait une technologie assez peu chère, peu polluante, et donc, le phosphate de fer et de lithium n'est pas polluant. Il y a seulement besoin de lithium, c'est tout.

MDI : On dit que la blue-car a un inconvénient, c'est de devoir être toujours branchée pour rester en chauffe ?

M.A. : Oui, nous ne sommes jamais arrivés à faire fonctionner la batterie à des températures inférieures à 60 degrés. La voiture est maintenue en permanence à une température tiède ou chaude et certains écologistes considèrent qu'il y a beaucoup de déperdition d'énergie dans une batterie qui est maintenue à 60 degrés. Mais les pertes sont quand même assez faibles, la batterie est bien isolée. L'avantage de cette technologie c'est d'être au-dessus de cette température moyenne qui environne la voiture, à 60/70°. Et donc, il n'y a pas les problèmes liés à la technologie lithium-ion, qui elle, utilise un électrolyte liquide et pour laquelle les problèmes de fonctionnement commencent à se poser à partir de 50° ce qui peut être atteint dans une voiture garée au soleil.

De plus les Li-ion ne fonctionnent pas dans des températures froides, en-dessous de moins 5°.

MDI : Est-ce qu'il y a des risques d'inflammation de batteries ?

M.A. : Oui. Les batteries d'une manière générale, sauf les voitures Bolloré, sont assez dangereuses. Il y a énormément de feux de voitures dus à la batterie qui s'enflamme. Il y eu au moins quatre Tesla qui ont pris feu, simplement parce qu'il y avait un caillou, un petit obstacle sur la route qui a fait un court-circuit en enfonçant le bas de caisse. Les batteries ont pris feu.

MDI : Peut-on avancer un ratio, un pourcentage de batteries qui pourrait prendre feu dans les voitures ?

M.A. : Oui, oui, je ne sais pas la production exacte de Tesla, peut-être une vingtaine de milliers dans le monde, mais il y en a quand même quatre qui ont brûlé. Ce n'est pas énorme, mais ça leur pose des problèmes de sécurité. Ils ont à répondre de cela devant leurs actionnaires.

La batterie Bolloré, curieusement, c'est plus stable parce que les polymères ne réagissent pas comme les électrolytes liquides. Il n'y a eu plusieurs cas d'incendie, dû à du vandalisme, où la voiture a été incendiée volontairement, mais dans la plupart des cas, cela n'affecte pas la batterie qui reste intacte. Il y a un exemple à ma connaissance où la batterie a été atteinte à cœur par l'incendie provoqué, en la mettant en divergence thermique.

MDI : Pourquoi travaillez-vous en Espagne et ailleurs, et pas en France ?

M.A. : Je vais toujours à mon laboratoire à Amiens, mais j'ai atteint la limite d'âge de 65 ans, à partir de laquelle on est émérite, et donc on a très peu d'action possible sur le cours des choses.

En Espagne il n'y a pas d'âge limite, et c'est un nouveau laboratoire qui est assez dynamique et donc je me plais pas mal là-bas. Je fais ça par goût de la science, j'ai même une addiction certaine à la science.

MDI : Connaissez-vous la technologie que nous développons chez MDI ?

M.A. : Oui, je connais, je ne sais pas quelle est l'autonomie avec le système d'air comprimé ?

MDI : Cela dépend de la taille des réservoirs. Nous chargeons notre réservoir à 248 bars et avec cela, dans un AirPod nous arrivons à parcourir environ 100 à 120 Kms en mono-énergie. Nous parvenons à obtenir le triple en bi-énergie par le fait de brûler un carburant renouvelable dans un brûleur extérieur au moteur. Soit 300 à 360 kms d'autonomie avec ce principe bi-énergie.

M.A. : Les chiffres que vous obtenez sont très intéressants. Je suis étonné car vous savez, dans les piles à combustibles, on stocke de l'hydrogène à 700 bars.

MDI : Oui, en l'occurrence, les réservoirs que nous utilisons peuvent connaître une pression de 750 bars. C'est la pression à laquelle nous les soumettons pour vérifier leur résistance une fois tous les cinq ans. Mais pour le stockage de l'air, nous nous contentons de 248 bars avec lesquels nous obtenons de bons résultats.

M.A. : Et vous avez des développements vers les bus ?

MDI : Oui, c'est une perspective que nous cherchons à développer et nous le ferons lorsque nous aurons les fonds.

M.A. : Peut on « charger » rapidement la voiture par simple transfert d'air déjà comprimé, équivalent de station-service ?

MDI : Oui, cela peut se faire à partir d'une station haute pression, mais tout le monde n'en a pas à disposition, il faudra attendre qu'un réseau se constitue. La recompression peut se faire à la maison, en « branchant » le véhicule au réseau électrique, un moteur électrique intégré au véhicule inverse alors le moteur à air comprimé pour qu'il charge le réservoir.

M.A. : C'est très intéressant, et cela suppose un investissement qui est plus faible que celui des batteries.

Mais comme je le disais, il y a un tel engouement dans le monde pour les batteries au lithium et sodium, sodium pour les périodes hors pointe et le stockage des énergies renouvelables intermittentes, que c'est une machine que l'on ne peut plus arrêter.

MDI : Oui il y a une orientation politique claire orientée vers l'électrique. Nous pensons qu'avec l'électrique, nous allons avoir des problèmes de surcharges de réseaux en périodes de pointe, de capacité électrique et de production. Cela va poser des difficultés.

M.A. : Oui, cela fait partie du débat, et le problème, de la part du nucléaire, des énergies renouvelables, de l'Allemagne qui est encore au charbon, ça pose de vrais problèmes éthiques, de choix énergétiques.

Une voiture électrique qui fonctionne avec le mix allemand produit plus de CO2 que l'équivalent en moteur thermique.

MDI : Oui. Avez-vous l'occasion de repasser en France ? Nous serions ravis de vous recevoir chez MDI pour vous montrer notre technologie et pouvoir échanger avec nos ingénieurs.

M.A. : Avec plaisir.

MDI : Qu'ajouteriez vous au sujet de la voiture électrique, par rapport à l'air comprimé ?

M.A. : Je pensais que l'autonomie des voitures à air comprimé était de 60 à 80 kms, et les chiffres que vous avancez sont plus importants, et ne sont pas très loin de ce que se faisait au début des batteries au lithium, de la « Leaf » de Nissan qui faisait dans les 200 kms.

MDI : Oui, c'est très encourageant, et nous avons toute une gamme d'autres véhicules, et aussi de générateurs électriques. Toute cette gamme part d'un seul concept : le moteur à air comprimé qui permet la mise à disposition d'une énergie stockée sous une forme inerte, sans danger.

Quel est le rendement de stockage des batteries au lithium au maximum ? On m'a parlé de 95 %

M.A. : Oui, la fourchette haute se situe à 95 % quand on ne demande pas de puissance à la batterie et quand on la charge en quelques heures, le rendement énergétique peut être très bon. C'est la valeur haute, mais la valeur basse, c'est près de 80 %.

Il y a beaucoup de gens qui cherchent à faire des batteries à recharge rapide, à 80% en vingt minutes, mais là, le rendement énergétique est assez faible.

Le rendement d'une pile à combustible n'est que de 50%.

MDI : Que pensez-vous des piles à combustible, des piles à hydrogène ?

M.A. : Je serais très favorable si on trouvait une solution au catalyseur en platine.

Ce métal rare est aujourd'hui irremplaçable personne n'a réussi à faire mieux. Pour l'instant, on diminue la quantité de platine, comme catalyseur, et à ce moment là, la durée de la cellule devient beaucoup plus faible.

MDI remercie M. Michel Armand pour sa disponibilité.