

Batteries et piles à combustible : de fortes complémentarités pour les usages en véhicules électriques

par *Alain LE DUGOU, Aïmen SMATTI,*
I-tésé

L'association de deux technologies de stockage d'énergie pour les véhicules électriques, les batteries d'une part et les piles à combustible et réservoir d'hydrogène d'autre part, permet des gains sensibles en termes de coûts des déplacements au moyen de ce type de motorisation.

Aujourd'hui principalement consommatrice de produits dérivés du pétrole, la mobilité devrait faire l'objet de profonds bouleversements dans les décennies à venir. Une première analyse globale des impacts combinés des distances annuelles parcourues, des autonomies et des coûts (€/kWh) des batteries, ainsi que des coûts des piles à combustible (€/kW), avait en 2011 permis de dégager des tendances fortes sur les limites d'utilisations et de compétitivités respectives en CTP (Coûts Totaux de Possession) des différents systèmes (lettres I-tésé N° 14 et 15) : la mobilité électrique devient rentable pour des coûts faibles de batteries, plutôt inférieurs à 200\$/kWh, mais en revanche, le prix de l'électricité n'a que peu d'impact sur le coût total des déplacements. Côté hydrogène et piles à combustible, on a une très forte sensibilité du coût des piles à combustible sur le prix admissible de l'hydrogène à la pompe, environ 12€/kW pour 1€/kg.

Une récente étude a été élaborée afin de comparer les performances et les coûts de véhicules du futur équipés de diverses motorisations, en améliorant sensiblement la précision des données et les projections à l'horizon 2030 des performances et coûts des systèmes et carburants : CTP complets, classes de véhicules légers, architectures de motorisations, évolutions prévisibles des prix des combustibles (essence, gazole, électricité, hydrogène), des composants batteries (€/kWh), piles à combustible (€/kW – stack d'une part et système d'autre part), moteurs (à combustion interne et/ou électriques), évolutions des consommations. Il s'agit plus précisément de la comparaison des véhicules électriques - véhicules hybrides rechargeables (VHR), véhicules électriques à batterie (VEB), véhicules à hydrogène (VH2) et les véhicules électriques avec range extender (RE-EV) – avec les véhicules classiques équipés d'un moteur à combustion interne (MCI).

L'analyse a montré le rôle important des véhicules hybrides rechargeables ou avec range extender, qui offrent une économie et des capacités supérieures au VE pur entre 2010 et 2030. Un résultat central est que, compte tenu de nos hypothèses, les coûts de possession de l'ensemble des véhicules seraient assez voisins à l'horizon 2020-2030. Ce sont d'autres critères que le coût qui détermineront les choix d'équipements. Ce qui devra être nuancé en fonction des « spectres » de mobilité des différentes classes d'utilisateurs (flottes captives par exemple), des possibilités de recharges, des comportements...

Par ailleurs, les véhicules à hydrogène sont susceptibles d'offrir de solides arguments économiques en 2030, à condition que les coûts des piles à combustible atteignent un coût unitaire de production de 50€/kW en 2030, et que la disponibilité de l'hydrogène à faible coût (à 5€/kg en 2030) soit également réalisée. Si les coûts sont plus élevés, les coûts de possession des véhicules H2 sont susceptibles d'être semblables aux hybrides rechargeables ou aux RE-EV.

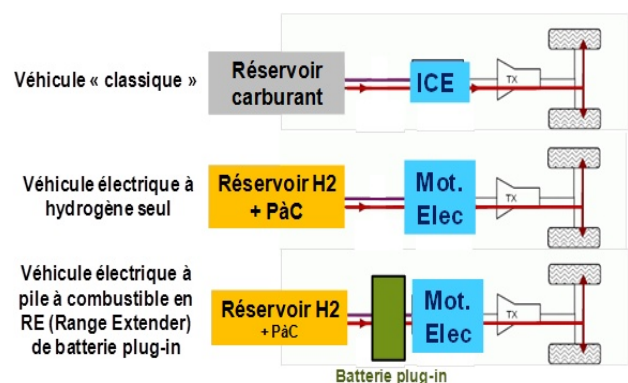
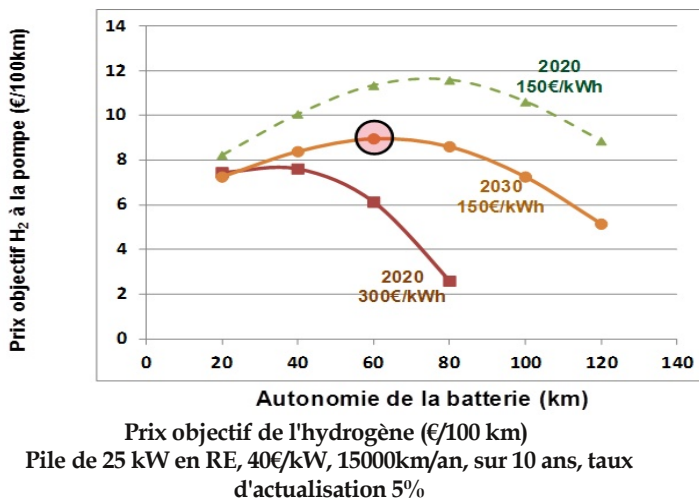


Schéma des motorisations classique, électrique à hydrogène seul et à batterie et range-extender hydrogène

Le cas des véhicules hybrides rechargeables avec range-extend hydrogène est quant à lui particulièrement intéressant. En effet, le rechargement en continu de la batterie par la pile à combustible ne nécessite, en assignant la partie « puissance » à la batterie, qu'un dimensionnement limité de la pile à des valeurs au moins 3 fois inférieures à celle nécessaire en architecture pile à combustible seule : la valeur maximale nécessaire ne dépend alors que de la vitesse moyenne du véhicule, et peu des pics de puissance qui ne sont que rarement nécessaires.

La figure ci-dessous matérialise ce gain en terme de prix admissible de l'hydrogène à la pompe (utilisation du modèle TrHyBaL[®]), en fonction de divers coûts de batteries (en €/kWh), et montre également l'existence d'optima d'autonomie des batteries : le calcul est fondé sur la distance et la segmentation moyennes des kilométrages parcourus en véhicule léger particulier en France, et traduit ainsi le surcoût que peut entraîner un surdimensionnement de batterie pour un usage annuel moyen donné (usage limité des kWh « en trop »). Il apparaît en effet raisonnable de se cantonner dans des capacités de l'ordre de 60 km, selon les cas.



On peut citer le cas d'une Kangoo ZE récemment équipée par l'entreprise SymbioFuelCell d'un range-extend hydrogène qui en double l'autonomie avec un réservoir de 1,5 kg d'hydrogène et une pile à combustible GENEPAC d'une puissance de ... 5 kW seulement, pour des trajets de livraisons en milieu urbain et périurbain.

Bien entendu, ces résultats peuvent être sensiblement différents en fonction des politiques gouvernementales : taxes, subventions ou pénalités à l'achat notamment.