Transport 21

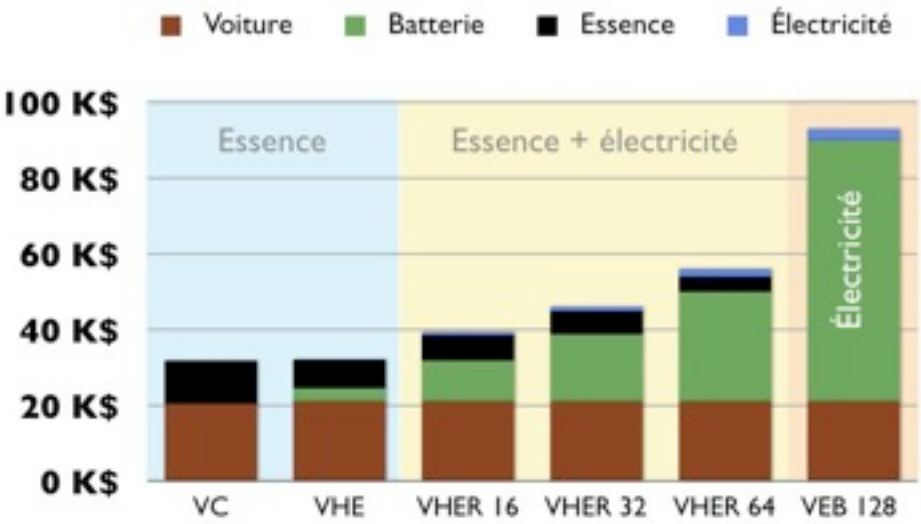
Numéro 9
Février 2010

Une infolettre sur les transports terrestres écologiques du 21e siècle

Le NREL analyse les coûts d'achat et de l'énergie pour des voitures électriques et hybrides rechargeables

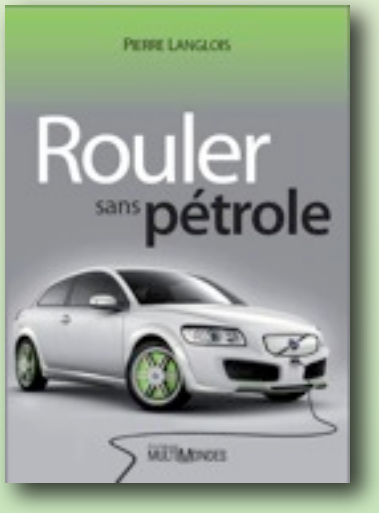
Le National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux États-Unis vient de publier une étude en février 2010 qui évalue les coûts d'achat et d'énergie requis pour que des voitures compactes parcourent 300 000 km. La durée de vie des voitures est de 15 ans, selon l'étude, d'où 20 000 km/an.

Les chercheurs du NREL comparent les coûts d'une voiture conventionnelle à essence à ceux d'une hybride ordinaire, de trois



Les coûts d'achat de voitures compactes ($ US) de même que les coûts pour ***l'essence (à 0,85 $ / L)*** *et l'électricité permettant de parcourir* ***300 000 km sur 15 ans****, selon l'étude du NREL (février 2010). Les conditions sont décrites dans le tableau plus loin et* ***on n'utilise que 34% de la capacité des batteries pour prolonger leur durée de vie****. Les abréviations signifient:* ***VC*** *= voiture conventionnelle,* ***VHE*** *= voiture hybride électrique,* ***VHER 16*** *= voiture hybride électrique rechargeable avec une autonomie de 16 km en mode électrique,* ***VEB 128*** *= voiture électrique à batterie avec une autonomie de 128 km.*

Cette revue commentée de l'actualité en écomobilité est réalisée par Pierre Langlois, physicien, auteur de *Rouler sans pétrole*



Pour recevoir **Transport 21** gratuitement, adresser les demandes à

pierrel@coopcscf.com

Les autres parutions sont archivées sur le site

www.planglois-pca.com

© Pierre Langlois 2010

hybrides rechargeables avec une autonomie électrique de 16 km, 32 km et 64 km, et aux coûts d'une voiture tout électrique avec une autonomie de 128 km.

Les principaux résultats sont présentés sur le graphique de la page précédente. Pour calculer ces coûts, ils ont utilisé les paramètres du tableau ci-contre.

On remarquera que les coûts des batteries sur le graphique semblent excessifs par rapport à ce que les fabricants nous annoncent, en particulier pour la voiture tout électrique. Mais, il faut d'abord réaliser que les batteries des prochaines voitures électrisont garanties pour 160 000 km, et que les gens vont devoir acheter une deuxième batterie pour compléter la vie des voitures, sinon leur autonomie électrique pourrait diminuer de moitié. Par ailleurs, les batteries considérées dans l'étude sont celles de la Volt de GM et de la Leaf de Nissan qui vont être offertes en 2010. Or ces batteries ont un nombre de cycles de recharge limité. Pour augmenter leur durée, GM va utiliser une batterie 2 fois plus grosse que nécessaire et ne prélever que 50 % de l'énergie électrique qu'elle peut contenir.

Pour atteindre une durée de vie de 300 000 km, pratiquement le double de la batterie de la Volt, les chercheurs du NREL considèrent qu'on aura besoin de batteries 3 fois plus grosses que nécessaire. Par exemple, ils ont calculé que la batterie de la voiture électrique compacte devrait avoir une

Voiture	compacte
Durée de vie	15 ans
Kilométrage annuel	20 000 km
Prix de l'essence	0,85 $ / L
Prix de l'électricité	0,10 $ / kWh
Prix des batteries (fournisseurs)	700 $ / kWh + 22 $ / kW + 680 $
Facteur de majoration pour les batteries	1,75
Taxe de vente	7,8 %

Les conditions utilisées par le NREL pour leur étude de coûts. Les montants sont en dollars US.

capacité de 47 kWh pour lui donner une autonomie de 128 k, alors que 16 kWh serait suffisant si on pouvait la décharger en entier.

Ils ont également évalué le coût des batteries en supposant qu'on les changent une fois dans la vie des voitures. En procédant de la sorte, cela ne change pas grand chose pour les voitures hybrides rechargeables mais on économise 10 000 $ pour la voiture électrique.

Enfin, dans l'évaluation du coût des batteries, il faut aussi prendre en compte la cote part des fabricants automobile, qui doivent tester, assembler, intégrer, garantir les batteries, distribuer les voitures et en faire la promotion, tout en faisant un profit. L'étude du NREL utilise pour ses calculs du prix que doit payer le client un facteur de majoration (markup) de 1,75. Ainsi, lorsque le fournisseur demande 700 $ / kWh de capacité pour ses batteries, l'acheteur de voiture paiera 1 225 $ du kWh à quoi il faut ajouter 22 $ par kW de puissance pour la batterie, majoré du facteur 1,75. À tout ça s'ajoute enfin la taxe de vente de 7,8 % considérée dans l'étude.

Certains pourront dire que le facteur de majoration de 1,75 considéré par le NREL semble élevé et que les fabricants automobile pourraient probablement le diminuer. Mais n'oublions pas que les frais de financement de la voiture et de la batterie n'ont pas été considérés...

La première constatation qui saute aux yeux en regardant le graphique de la page précédente, c'est que les voitures tout électriques sont trop chères dans l'état actuel des choses.

Par ailleurs, deux conclusions s'imposent. La première c'est qu'on doit absolument prolonger la durée de vie des batteries pour ne pas avoir à doubler ou tripler leur grosseur inutilement. La deuxième conclusion c'est qu'on doit diminuer le plus possible la consommation d'énergie des voitures pour réduire la grosseur de la batterie.

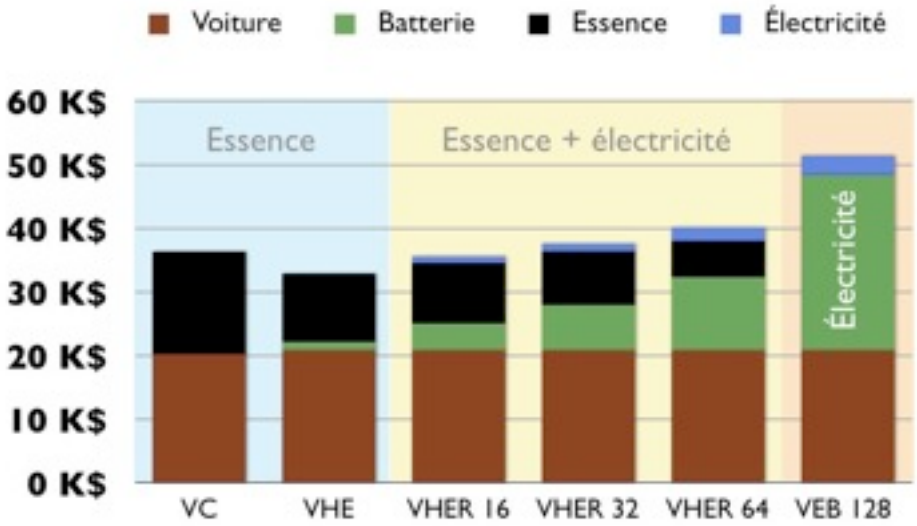
Pour prolonger la durée de vie des batteries, la solution est sur le point d'être commercialisée. il s'agit d'utiliser les batteries au nanotitanate de lithium développées à l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), qui

peuvent durer plus de 15 ans tout en étant déchargées et rechargées complètement plusieurs fois par jour (voir le numéro 4 de Transport 21). On pourrait alors diminuer la grosseur des batterie considérées dans l'étude du NREL de 60 % sans problèmes. Pour une même capacité, leur prix sera égal ou inférieur aux batteries Li-ion utilisées présentement, selon le docteur Zaghib de l'IREQ, l'inventeur principal de ces ultra-batteries.

En ce qui concerne la diminution de consommation d'énergie des voitures, **les moteurs-roues prennent ici tout leur sens**, puisqu'ils permettent de diminuer la consommation d'énergie de 25 % en conduite mixte ou de 35 % en conduite urbaine.

Maintenant, question de voir un peu mieux où l'on s'en va, supposons qu'on utilise des batteries au nanotitanate (60 % moins grosses que dans l'étude NREL) et que le litre d'essence soit à 1,19 $ US le litre (40 % plus que dans l'étude du NREL). Dans ces conditions, le graphique de la page 1 deviendrait celui qu'on retrouve au bas de la présente page. Sur ce graphique, le prix du kWh pour la batterie est demeuré à 700 $ (du fournisseur).

Il est particulièrement intéressant de constater qu'à 1,19 $ US le litre d'essence, avec des batteries au nanotitanate de lithium, la voiture hybride rechargeable avec une autonomie de 32 km (VHER 32) a les mêmes coûts d'achat et de consommation d'énergie que la voiture conventionnelle à essence (VC). Mais, n'oublions pas que les coûts d'entretien, qui ne sont pas comptabilisés sur ce graphique, sont moindres pour une voiture hybride rechargeable qui parcourra la majorité de ses kilomètres à l'électricité. Et c'est encore plus vrai pour la voiture hybride rechargeable avec une autonomie électrique de 64 km (VHER 64). En prenant en compte les coûts d'entretien, cette dernière voiture aurait donc un coût de propriété probablement inférieur à celui d'une voiture conventionnelle (VC).



*Les coûts d'achat de voitures compactes ($ US) de même que les coûts pour l'essence et l'électricité permettant de parcourir 300 000 km, lorsqu'on augmente de 40% le prix de l'essence et qu'**on diminue de 60% la grosseur des batteries par rapport à l'étude du NREL**. On paierait alors **l'essence 1,19 $ / L**. La diminution de 60% de la batteries est possible **grâce au nanotitanate de lithium** qui permet 20 000 cycles de recharge profondes (100%).*

En ce qui concerne la voiture tout électrique, force est de constater que malgré les conditions plus favorables que nous avons posées, elle demeure 10 000 $ à 15 000 $ plus chère qu'une voiture hybride rechargeable, selon la grosseur de la batterie.

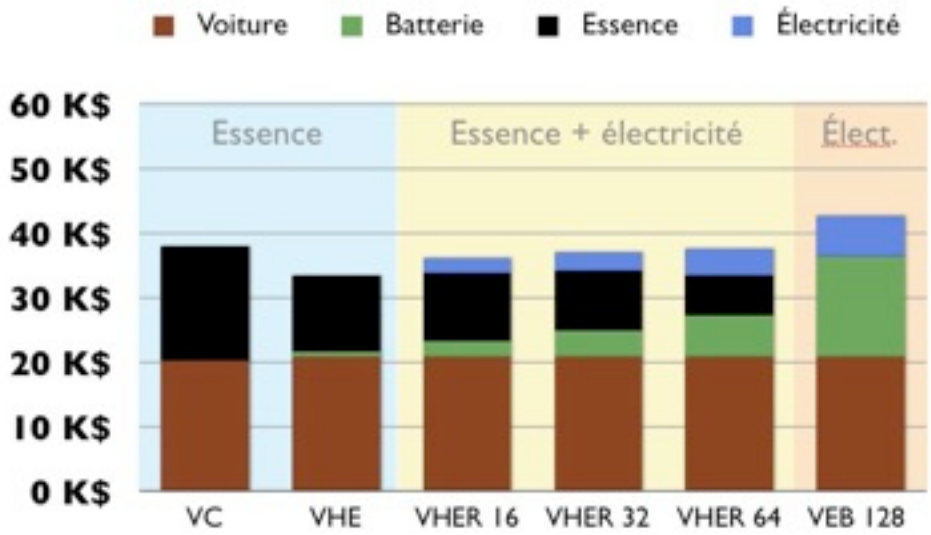
Ajoutons à cela le fait que les voitures tout électriques ont une autonomie très limitée et que les stations de recharge rapide seraient peu nombreuses en comparaison des stations d'essence, et on comprend pourquoi les gens vont opter pour une voiture hybride rechargeable, c'est le GROS BON SENS. En plus d'avoir une autonomie de 700 km, les voitures hybrides rechargeables vont pouvoir faire le plein de carburant dans toutes les stations-service de la planète, tout en parcourant 80 % de leurs kilomètres avec l'électricité du réseau.

Projetons-nous maintenant en 2020, alors que le litre d'essence se vendra au moins 2,00 $ / L, et les moteurs thermiques consommeront 33% moins d'essence. Les batteries devraient coûter environ 400 $ / kWh, selon plu-

sieurs études, et on utilise toujours des batteries 60 % moins grosses que dans l'étude NREL. De plus, considérons une augmentation de 20 % des tarifs d'électricité et transférons les taxes sur l'essence en ajoutant au coût de l'électricité 15 % de la différence entre le coût de l'essence pour la voiture conventionnelle (VC) et le coût de l'essence pour les voitures branchables. La comparaison approximative des coûts ressemblera à ce qui est illustré sur le graphique à droite. Le coût d'achat des voitures (sans la batterie) a été maintenu égal à celui de l'étude du NREL.

Si on tient compte du fait que l'entretien des voitures à motorisation électrique sera moindre que celle des voitures conventionnelles, on peut déduire de ce graphique que tous les véhicules à motorisation électrique (hybrides ou non) présenteront un coût de propriété plus faible que celui d'une voiture conventionnelle.

Mais, pour aider la pénétration de ces technologies, les gouvernements vont devoir subventionner l'achat des voitures branchables pour quelques années et attendre avant de transférer les taxes sur l'essence à l'électricité. Par ailleurs, même si les coûts de la voiture tout électrique se rapprochent de ceux des hybrides rechargeables, n'oublions pas que ces voitures ont toujours le problème de l'autonomie réduite (128 km), et nécessitent une nouvelle infrastructure pour faire le plein.



Extrapolation en 2020 *des coûts d'achat de voitures compactes ($ US) et des coûts pour l'essence et l'électricité permettant de parcourir 300 000 km, à partir de l'étude du NREL.* ***L'essence a été augmentée à 2,00 $ / L et la consommation des moteurs thermiques diminuée de 33%****. De plus,* ***on réduit de 60% la grosseur des batteries*** *et on considère un coût de* ***400 $ / kWh au lieu de 700 $ / kWh****. Le tarif de l'électricité est majoré de 20 % à* ***0,12 $ / kWh****. De plus* ***les taxes sur l'essence ont été transférées à l'électricité en y ajoutant 15 % de la différence entre le coût de l'essence pour la voiture conventionnelle et le coût de l'essence pour les voitures branchables****. Les taxes sur l'essence ne sont pas élevées aux États-Unis.*

Si on voulait prolonger l'autonomie de la voiture tout électrique à 160 km, on devrait payer environ 9 000 $ de plus qu'une voiture hybride rechargeable en 2020, selon des valeurs du graphique.

On comprend pourquoi selon l'étude de l'Agence internationale de l'énergie, présentée dans le numéro 5 de Transport 21, 75 % des voitures branchables seraient des hybrides en 2030.

En terminant, j'aimerais faire remarquer qu'en utilisant 4 moteurs-roues sur la voiture VHER 64 on pourrait réduire les coûts de batterie et d'énergie de 25% à 35%, soit 4 300 $ en conduite mixte et de 6 000 $ en conduite urbaine. De quoi faire réfléchir!

Les Coréens se lancent dans la commercialisation des hybrides rechargeables

On apprenait le 12 février 2010 que Hyundai a l'intention de commercialiser une voiture hybride rechargeable en 2012, et que son autonomie en mode électrique se situera entre 24 km et 40 km.

La voiture concept Blue Will de Hyundai, une hybride rechargeable avec 64 km d'autonomie électrique.

C'est une annonce à laquelle on s'attendait depuis le Salon de Détroit en janvier 2010, alors que Hyundai présentait la Blue Will, une voiture concept hybride rechargeable (video YouTube).

La Blue Will peut rouler 64 km en mode électrique et continuer par la suite en mode carburant avec une consommation de 4,7 L/100 km. Son autonomie totale (électrique + essence) est de 1050 km.

C'est une hybride parallèle dont les deux moteurs (électrique et thermique) peuvent actionner les roues séparément ou conjointement, comme la Prius rechargeable. Le moteur à essence de 1,6 litres à injection affiche 113 kW de puissance alors que le moteur électrique peut fournir 100 kW. Sa batterie est une Li-polymère de LG Chem (compagnie coréenne).

Par ailleurs, Kia, la compagnie soeur de Hyundai, vient de présenter une voiture hybride rechargeable concept au Salon de Chicago en février. Il s'agit de la Ray, dont le profil est très très aérodynamique. Son autonomie en mode électrique est de 80 km, que le moteur à essence peut prolonger à 1 190 km (vidéo YouTube).

C'est également une hybride parallèle dont le moteur à essence à injection affiche 114 kW de puissance, alors que le moteur électrique est capable de fournir 78 kW.

La Mercedes F800 Style, une autre voiture concept hybride rechargeable

Le 21 février 2010, Daimler dévoilait une nouvelle voiture expérimentale qui préfigure la prochaine génération de Mercedes. Il s'agit de la F800 Style, une hybride rechargeable qui peut rouler 30 km à l'électricité sur une recharge de sa batterie Li-ion.

Elle est équipée d'un moteur à essence de 220 kW et d'un moteur électrique de 80 kW. Elle peut atteindre une vitesse de 250 km/h tout en accélérant de 0 à 100 km/h en 4,8 sec. Mais, en mode électrique sa vitesse est limitée à 120 km/h. L'autonomie totale atteint 700 km, et la consommation 6,7 L/100 km après avoir déchargé la batterie jusqu'à son niveau de maintien.

Le rendez-vous des véhicules verts 2010 au Parc Marie-Victorin

Pour tous les passionnés de transport durable, ne manquez pas le *Rendez-vous des véhicules verts* au Parc Marie-Victorin de Kingsey Falls, près de Victoriaville. La version 2010 se tiendra dimanche le 13 juin 2010.

Le RENDEZ-VOUS des VÉHICULES VERTS

Il y aura plusieurs véhicules de toutes sortes en démonstration, et des conférenciers, dont moi, pour vous entretenir de l'avenir des transports et son électrification.

Avis aux gens et entreprises qui aimeraient montrer leurs réalisations à un public ciblé. Vous trouverez plus d'information sur le site du Parc dans la section ***Évènements spéciaux***.

La Ray de Kia, une hybride rechargeable concept avec une autonomie électrique de 80 km, prolongée à 1 190 km par le moteur à essence.

La Mercedes F800 Style concept, une hybride rechargeable qui peut parcourir 30 km en mode électrique, à des vitesses inférieures à 120 km/h.

Des conférences dynamisantes qui éclairent et présentent des solutions réalistes pour notre indépendance énergétique

Télécharger la fiche descriptive

Pour plus d'informations:
pierrel@coopcscf.com
www.planglois-pca.com

Photo : Stéphane Lessard

QUELQUES INSTITUTIONS QUI ONT ACCUEILLI PIERRE LANGLOIS À TITRE DE CONFÉRENCIER DEPUIS 2009

ORGANISATIONS PROFESSIONNELLES
- Réseau des ingénieurs du Québec
- SAE (Soc. Auto. Engineers) - Montréal

SERVICES PUBLICS
- Société d'assurance automobile du Québec
- Institut d'adm. publique du grand Montréal

INSTITUTS DE RECHERCHE
- Institut de recherche d'Hydro-Québec

GROUPES ENVIRONNEMENTAUX
- Coalition QuébecKyoto
- Conseil rég. de l'environnement de Québec
- Solidarité Nord-Sud des Bois-Francs

MUSÉES ET PARCS
- Jardin botanique de Montréal
- Parc Marie-Victorin, Kingsey Falls
- Musée Armand Frappier, Laval
- Musée régional de Vaudreuil-Soulange

INSTITUTIONS D'ENSEIGNEMENT
- Université du Québec à Montréal (UQAM)
- Université du Québec à Rimouski (UQAR)
- École Polytechnique de Montréal
- Collège Montmorency, Laval
- Collège Laflèche, Trois-Rivières
- École secondaire De Rochebelle, Québec

© Pierre Langlois 2010