Introduction

LA TECHNOLOGIE HYBRIDE DANS LES VOITURES DE DEMAIN ?

J.P. Le Denmat*, A. Close et M. Rinkel

IHS Global Insight, 133 Houndsditch, London, EC3A 7BX - UK

e-mail : jean-philippe.le-denmat@renault.com - andrew.close@ihsglobalinsight.com - marc.rinkel@ihsglobalinsight.com

* Adresse actuelle : Renault Technologie Roumanie, DIESC, North Gate Business Center, Bucharest - Romania

1 HYBRIDES : LA MEILLEURE SOLUTION ?

IHS Global Insight prévoit une augmentation de 40% du parc global de voitures particulières entre 2008 et 2020, tandis qu'en Chine seulement celui-ci devrait s'accroître de près d'un facteur 5 dans la même période. Cet article analyse comment accroître le nombre de voitures à ce niveau tout en réduisant leur impact sur l'environnement.

À court terme, les véhicules équipés de moteurs à combustion resteront, pour des raisons de coût, la principale technologie. Néanmoins, l'urgence des problèmes environnementaux a conduit les gouvernements à offrir des incitations et des réglementations encourageant les constructeurs et équipementiers à proposer des motorisations alternatives et/ou plus propres. Le secteur a besoin d'une réponse rapide dès maintenant, pour garantir un objectif zéro émission (ZEV) à long terme. Or, à ce jour, les consommateurs ne sont pas disposés à sacrifier les performances de leurs véhicules au nom de leur conscience écologique. En ce sens, la technologie hybride électrique peut représenter un changement graduel à court terme et constituer la voie à suivre pour de futures technologies ZEV.

Les technologies alternatives sont à considérer en deux temps. À court terme, trois alternatives principales ont été abondamment étudiées : les biocarburants, les GPL/GNV et les hybrides électriques. À long terme, les véhicules électriques à batterie et à pile à combustible semblent les solutions ZEV les plus intéressantes.

1.1 Les candidats en présence

1.1.1 Biocarburants, GNV/GPL ou hybrides

Le tableau 1 compare les trois carburants alternatifs sélectionnés.

Disponibilité et production d'énergie

Les véhicules hybrides (stop and start - micro hybride, assistance - mild hybride ou plus complexe avec mode électrique - full hybride) qui sont commercialisés aujourd'hui utilisent la même source d'énergie que les véhicules à moteurs conventionnels, quoique dans une moindre quantité. À court terme, ils possèdent un net avantage par rapport aux GNV/GPL, aux biocarburants et à l'électricité, qui requièrent tous des infrastructures énergétiques supplémentaires et un développement des capacités. Les biocarburants disponibles aujourd'hui (première génération) sont controversés en raison de leur impact sur l'environnement et sur le prix des denrées alimentaires.

Distribution

Les moteurs de véhicules hybrides ne nécessitent aucune nouvelle infrastructure de ravitaillement. La conséquence est que cette technologie peut être disponible de façon immédiate dans n'importe quel pays. Le GPL/GNV pose davantage de problèmes au niveau des réseaux de distribution : les stations-service ont besoin de réservoirs et de pompes spéciaux. Les biocarburants, quant à eux, requièrent une adaptation relativement mineure des stations-service existantes.

Intégration des technologies

Les principaux constructeurs ont développé des systèmes de motorisation hybrides électriques. Le système hybride « stop and start » n'est pas excessivement intrusif pour l'architecture des véhicules, et son coût est estimé à 400 USD. Un véhicule full hybride parallèle présenterait un surcoût de près de 3 000 USD. Il existe plusieurs variantes de systèmes (mild/full), et cette estimation correspond à un système relativement simple : comportant une seule machine électrique. Les ajustements technologiques requis pour permettre aux moteurs traditionnels à essence ou diesel de

TABLEAU 1

Comparaison entre les différents carburants alternatifs
 + = avantage par rapport à une autre solution alternative
 - = inconvénient par rapport à une autre solution alternative

	Disponibilité	Distribution	Coût de l'adaptation du véhicule (moyenne)	Prix du carburant	CO ₂		Principaux avantages
					WTW	TTW	
Hybrides	+++	+++ Aucun besoin	Micro 400 USD Full 3 000 USD	Prix de l'essence	-	++	Aucun besoin d'infrastructure (la décision n'appartient qu'aux constructeurs). Compatible avec l'objectif ZEV. Permet d'anticiper les futures réglementations, plus strictes.
GNV/GPL	++	--- Besoin d'infrastructure. Difficile à mettre en place.	8 000 USD en première monte De 8 000 à 18 000 USD pour un kit en deuxième monte	1/3 de moins que le prix de l'essence	+	+	Très bon marché à la distribution car produit à l'échelon national. Réduction de 60 à 90 % des polluants producteurs de smog. Réduction de 30 à 40% des émissions de gaz à effet de serre.
Biocarburants	---	+ Besoin d'infrastructure. Facile à mettre en place.	100 USD	Approximativement le prix de l'essence	+/-	--	Produits à l'échelon national, ils réduisent la dépendance vis-à-vis des importations de pétrole. Réduction des émissions de polluants atmosphériques. Plus résistant au cliquetis. Très faible coût supplémentaire par véhicule.

fonctionner avec des biocarburants sont moindres. Le coût supplémentaire pour le consommateur peut être estimé à environ 100 USD. Il existe des kits en deuxième monte pour le GNV/GPL qui sont vendus entre 8 000 et 18 000 USD aux États-Unis. Les prix varient selon les marchés : ils sont significativement inférieurs en Australie, par exemple. Un moteur GNV/GPL ayant les mêmes spécifications offre souvent des performances inférieures, tandis que les biocarburants ou hybrides offrent des performances identiques ou supérieures aux moteurs à essence conventionnels.

CO₂ : du puits au réservoir (WTT) et du réservoir à la roue (TTW)

Cet article s'attache aux émissions du véhicule (Tank-To-Wheel ou « du réservoir à la roue », TTW). Il est cependant important d'évaluer l'impact de la production de carburant sur l'environnement, à savoir les émissions du Well-To-Tank ou « du puits au réservoir » (WTT). Pour les biocarburants, le bénéfice en matière de CO₂ WTT dépend largement de la filière utilisée, et peut être meilleur ou pire que les carburants traditionnels à base d'hydrocarbure. L'effet du GNV/GPL sur les émissions WTT est relativement faible, tandis que celui des motorisations hybrides est identique à l'essence.

1.1.2 Réponse des consommateurs et coût de possession

Le comportement des consommateurs en matière financière dépend principalement du prix d'achat initial, des incitations gouvernementales et des prix du carburant. Aux États-Unis, la *Toyota Prius* de troisième génération coûte 24 600 USD (22 400 USD HT). En Australie, le même véhicule vaut 36 740 USD. Sur les mêmes marchés, la tendance s'inverse pour la *Honda Civic GX* (motorisation GNV). Les comportements varient également avec les régions. En Amérique, les biocarburants étaient populaires pour des raisons d'ordre patriotique, ce qui n'est pas le cas en Europe (exception faite du cas isolé de la Suède). Ils le sont également au Brésil pour des raisons de coût. Il en va de même des GNV/GPL. Ces combustibles sont bien acceptés lorsqu'ils sont bon marché (Iran et Australie) ou bénéficient d'incitations et d'une bonne infrastructure de distribution (Italie et Allemagne). Les carburants alternatifs suivent généralement la même évolution que le prix du pétrole.

Étude de cas

Il est également possible d'étudier les coûts de possession de la *Toyota Prius* dans le monde (sur la même base de 15 000 miles par an).

En raison du caractère indéterminé des valeurs de revente, ce paramètre a été considéré identique dans toutes les régions. Comme le montre le tableau 2, il est beaucoup plus cher de posséder une Prius en France ou en Australie qu'aux États-Unis.

1.1.3 Perspectives

À court terme, les constructeurs ont un choix difficile à faire, puisque les trois alternatives ont leurs avantages et leurs inconvénients. D'un point de vue historique, il a été observé que le succès des biocarburants et des GNV/GPL dépendait largement du marché. Un investissement conjoint (de la part des producteurs d'énergie, des constructeurs et équipementiers, et des gouvernements) est nécessaire pour en garantir la durabilité. Il est probable que la segmentation de cet investissement rende les hybrides plus attrayants pour les constructeurs mondiaux du marché de masse. À l'échelon international, l'implantation des hybrides sera plus rapide que celui des alternatives GNV/GPL à plus grande échelle (fig. 1).

Vers une réponse à long terme

Certains gouvernements, comme c'est le cas en Californie, en France et en Suède, sont plus stricts ou ambitieux en matière de réglementation environnementale, et c'est une politique qui tend à se répandre.

Les technologies ZEV ne sont pas encore compétitives sur le marché de masse, mais la majeure partie des constructeurs et équipementiers travaillent actuellement à la fabrication de véhicules électriques de différents types.

Ces véhicules utilisent des parties communes aux systèmes hybrides, notamment le moteur électrique, l'électronique de puissance et le dispositif de stockage d'énergie.

Avant que ces technologies ne deviennent compétitives, un certain nombre de problèmes doivent être résolus, comme les performances, le temps de charge, la durée de vie et la sécurité des batteries. Les mêmes problèmes existent, quoique dans une moindre mesure, pour le développement des hybrides.

2 UNE DEMANDE DIFFÉRENTE SUR CHAQUE MARCHÉ

2.1 Analyse régionale du marché des hybrides

Dans la mesure où les premières étapes d'un développement technologique génèrent des coûts élevés, les hybrides seront surtout disponibles sur des marchés mûrs, comme les pays d'Amérique du Nord signataires de l'ALENA, le Japon et l'Europe. Ces régions possèdent des modèles de mobilité variés, ce qui donne lieu à différents niveaux d'hybridation. Dans ce chapitre, nous allons comparer les marchés asiatique (fig. 2), européen (fig. 3) et américain (fig. 4).

2.1.1 Asie

Chine

IHS Global Insight prévoit un développement modéré des hybrides en Chine. En 2013, il est probable que la pénétration des hybrides soit inférieure à 1 %.

TABEAU 2
Prix et taux de change au mois d'octobre 2009

	Prix d'achat (USD TTC)	Consommation mixte	Prix du carburant (USD)	Coût en carburant (USD/an)	Incitation fiscale (USD)	Coût de possession sur 10 ans (USD)
USA	24 640	50 mpg	2,75/gal	825	630	32 260
France	39 017	3,9 L/100 km	1,83/L	1 723	2 976	53 274
Australie	36 740	3,9 L/100 km	1,14/L	1 079	Aucune	47 528

Figure 1

Pénétration des solutions alternatives : 2003, 2007 et 2014.

Figure 2

Pénétration des hybrides dans la production et ventilation des différents types d'hybrides en Asie : 2007 et 2014 (prévisions IHS Global Insight).

Figure 3

Pénétration des hybrides dans la production et ventilation des différents types d'hybrides en Europe : 2007 et 2014 (prévisions IHS Global Insight).

Figure 4

Pénétration des hybrides dans la production et ventilation des différents types d'hybrides dans les pays de l'ALENA : 2007 et 2014 (prévisions IHS Global Insight).

- **Coût d'achat** : les véhicules hybrides sont encore trop chers pour être acceptés par les consommateurs chinois. La Prius coûte plus de 260 000 renminbis, tandis qu'une Toyota Vios traditionnelle à essence 1,5 litre vaut de l'ordre de 120 000 renminbis. Et pour aggraver le tout, il n'existe aucune incitation encourageant les consommateurs chinois à acheter des hybrides;
- **Coût de fabrication** : à ce jour, aucune chaîne d'approvisionnement ne permet d'assurer la fabrication d'hybrides en Chine. Bien que la Chine soit riche en minerais de lithium, et même si certaines compagnies chinoises comme BYD Auto sont les plus grands fournisseurs de batteries pour téléphones cellulaires et ordinateurs portables, les batteries automobiles sont plus exigeantes en matière de sécurité, densité d'énergie, rapidité de charge, etc. Pour cette raison, pour pouvoir lancer un véhicule hybride, les constructeurs automobiles chinois seraient obligés d'acquérir des licences ou d'externaliser la réalisation des systèmes hybrides (batteries et moteurs) auprès de compagnies étrangères, d'où une augmentation considérable des coûts de fabrication ;
- **Coût de fonctionnement** : les véhicules hybrides ne semblent pas propices à faire des économies, malgré leur faible consommation de carburant (il faudrait y ajouter les coûts de maintenance et le problème du vieillissement des batteries). Même le coût du système « stop and start » des compagnies à capital étranger (comme Bosch et Delphi) sera supérieur à celui pratiqué en Europe tant que la technologie ne se sera pas réellement maîtrisée. Compte tenu du strict contrôle du prix des carburants par le gouvernement central, une hausse soudaine de leur coût semble improbable à court terme. Pour cette raison, IHS Global Insight estime qu'à court terme il restera difficile pour les hybrides de se faire une place sur le marché chinois. Pourtant, pour un taxi qui effectue 100 000 kilomètres par an, le coût supplémentaire pourrait être récupéré en l'espace d'un an. Pour cette raison, plusieurs modèles « stop and start » ont été lancés fin 2008 en vue de tester leur acceptation par le marché chinois.

Japon

Les consommateurs japonais semblent davantage disposés à faire de leur prochaine voiture un véhicule hybride. Ce type

de véhicule bénéficie notamment d'un prix très intéressant grâce aux incitations fiscales et aux subventions (existant depuis avril 2009) aux automobiles respectueuses de l'environnement. Toyota a lancé récemment deux modèles hybrides : la Lexus HS250h en juillet 2009 et la Toyota SAI en octobre 2009. Le succès des ventes de la Prius et de l'Insight ont permis à Mitsubishi, Mazda et Fuji Heavy Industries de prendre conscience que l'introduction et l'accélération du développement de la technologie hybride était nécessaire à leur survie sur le marché japonais aujourd'hui en contraction. Toyota et Honda jouissent d'une expérience de plus de 10 ans dans la production de véhicules hybrides pour le marché de masse. Sans un système productif efficace, les autres constructeurs ne seront pas en mesure de fournir des véhicules hybrides à un prix abordable aux consommateurs.

Même si les ventes de la Toyota Prius et de la Honda Insight sont satisfaisantes, les deux compagnies ont besoin de prendre en considération les répercussions de ces véhicules. Globalement, l'industrie automobile a commencé à réfléchir sur la manière d'atteindre des valeurs d'émission de carbone de 95 g/km en 2020. La Toyota Prius est capable de respecter ces émissions de 95 g/km sans aucune modification ni amélioration pendant les 10 prochaines années, et la durée de vie de la Prius est estimée à une moyenne de 11 ans au Japon. Pourquoi les utilisateurs de la Prius actuelle voudraient-ils donc acquérir une nouvelle voiture ? Si les constructeurs automobiles ne sont pas capables d'offrir des véhicules attrayants aux consommateurs, le marché japonais de l'automobile poursuivra sa tendance de contraction. Dans un avenir proche, la concurrence entre les véhicules hybrides s'exprimera en termes de consommation, ceux-ci devant offrir des valeurs de plus de 40 km/litre (2,5 L/100 km). La consommation de carburant des véhicules hybrides rechargeables pouvant même être meilleure que 50 km/L (2 L/100 km).

2.1.2 Europe

Dans les prochaines années, la technologie micro-hybride, souvent dénommée « stop and start », aura une influence considérable sur le marché. Fiat et PSA ont annoncé séparément que cette technologie serait utilisée sur chaque véhicule produit, parallèlement à certaines mises à jour ou

améliorations des modèles. Les autres marques introduisent la technologie de façon plus sélective, mais toujours dans de très larges proportions. Cette stratégie permettra à chaque véhicule de réduire ses émissions de CO₂ de 4 à 7 %. Il s'agit certainement de bonnes nouvelles pour *Bosch* et *Valeo*, qui seront les fournisseurs de la plupart des pièces. Même si les constructeurs devront faire face à des coûts supplémentaires, les plus grands volumes de production devraient atténuer cet impact et apporter une contribution significative aux émissions de CO₂ du secteur en 2012. Avec l'apparition de la prochaine génération de véhicules (vers 2010), tout modèle ou constructeur sans option ou variante « stop and start » sera fortement désavantagé.

Toyota, *Honda* et *Daimler* sont les leaders de l'introduction de la production de full et mild hybrides en Europe. La production de leurs modèles respectifs a été lancée en 2009. D'autres constructeurs majeurs rejoindront plus sérieusement ce marché dès 2010, date à laquelle est prévue la construction de plus de 25 000 hybrides de type full et mild en Europe. Il est probable que la pénétration de ces systèmes de motorisation sur le marché augmentera lentement en raison de leur coût, mais leur production s'accroîtra une fois la réglementation sur les émissions Euro-6 entrée en vigueur en 2015. Les véhicules diesel se verront alors désavantagés par des coûts supplémentaires de post-traitement à l'échappement, rendant la technologie hybride relativement plus abordable et intéressante.

2.1.3 Amérique du Nord

Pour ce qui concerne l'ALENA (zone de libre échange entre États-Unis, Canada et Mexique), il est probable que la production de motorisations hybrides et électriques augmentera significativement au cours des 10 prochaines années. La nouvelle réglementation sur les émissions et les économies de carburant contribuera à la production de motorisations hybrides. Les prévisions font état d'une augmentation de plus de 12 % de la production de véhicules nord-américains avant 2020. Nos hypothèses, à court et moyen terme, se basent sur la norme CAFE, qui exige une moyenne d'économie de carburant pour la totalité de la flotte de 25,3 miles par gallon mpg, soit 9,3 L/100 km pour l'année de référence 2010. Cette limite augmentera de 8 % jusqu'à une moyenne de 27,3 mpg (8,6 L/100 km) pour l'année de référence 2011. L'objectif à long terme est d'atteindre une valeur de 35 mpg (6,7 L/100 km) pour l'ensemble de la flotte nationale en 2020.

2.2 Stratégie micro-hybride : étude de cas n° 2

Un modèle « stop and start » permet généralement une économie de carburant de 7 %. Sur la base de 15 000 km par an, d'un prix de l'essence à 1,2 euros le litre et d'un coût supplémentaire de 300 euros pour le client, la figure 5 montre que

Figure 5

Scénario d'amortissement (en années) pour un système « stop and start » coûtant 300 euros.

plus la consommation de carburant est élevée, plus rapide est l'amortissement. Pour cette raison, le bénéfice en termes de coût de fonctionnement des modèles « stop and start » ne peut s'appliquer qu'aux modèles de la gamme supérieure.

Les incitations gouvernementales, comme le bonus-malus français (tab. 3), peuvent avoir une influence sur l'acquisition de l'option « stop and start », puisque le véhicule passe ainsi à une tranche d'émission de CO₂ plus favorable et bénéficie du bonus correspondant. Cet argument peut avoir une grande influence sur la décision d'acheter un système hybride « stop and start ».

TABLEAU 3
Évolution du système bonus-malus français

Système français du bonus/malus en 2009		Système français du bonus/malus en 2010	
g/km	euros	g/km	euros
Moins de 60 (*)	- 5000	Moins de 60 (*)	- 5000
61-100	- 1000	61-95	- 1000
101-120	- 700	96-115	- 500
121-130	- 200	116-125	- 100
131-160 (**)	0	126-155 (**)	0
161-165	200	156-160	200
166-200	750	161-195	750
201-250	1600	196-245	1600
Plus de 250	2600	Plus de 245	2600

* Pour les véhicules dont les émissions de CO₂ sont inférieures ou égales à 60 g/km, la valeur du bonus ne peut pas dépasser 20 % du coût d'acquisition du véhicule.

** Le bonus est de 2 000 € pour les véhicules GPL, GNV ou hybrides diesel/essence émettant moins de 135 g/km.

La décision d'achat débouche donc sur trois types de situation :

- acheter immédiatement et profiter ainsi de l'incitation gouvernementale qui réduit le prix du véhicule ;
- évaluer la réduction des coûts de fonctionnement une fois compensé le coût supplémentaire du système « stop and start » ;
- ne pas acheter si la période d'amortissement du système est trop longue.

2.3 L'hybridation est-elle durable ?

La Commission européenne a fixé un objectif de 130 g/km en moyenne pour la flotte. En 2012, 65 % des véhicules neufs mis en circulation par les différents constructeurs doivent respecter (en moyenne) la courbe seuil fixée par la réglementation. Une fois tous les programmes lancés, IHS Global Insight pense que l'objectif sera presque atteint, avec une moyenne de l'ordre de 138 g/km pour la production européenne totale en 2012 (fig. 6).

Figure 6

Développement de l'hybridation en Europe par segment : 2012 (prévisions IHS Global Insight).

Une simulation reposant sur un niveau approprié d'hybridation par segment automobile, et sur la base de la production européenne, montre qu'en 2012, la moyenne serait de 113 g/km.

Le résultat dépasse largement l'objectif de 130 g/km et laisse penser que l'objectif de 95 g/km proposé par l'UE pour 2020 n'est pas inconcevable.

3 AUTRES OPPORTUNITÉS ET DIFFICULTÉS

3.1 Acceptation par les consommateurs

À l'aube de ce siècle, les problèmes écologiques à l'ordre du jour ont favorisé la sensibilisation des consommateurs (séparation des ordures ménagères en vue de leur recyclage, ampoules basse consommation, etc.). Dans le domaine automobile, la sensibilisation est croissante, et bel et bien réelle depuis que des taxes et des incitations ont été appliquées. Les constructeurs ont créé des labels verts (Eco2, Efficient Dynamics, Blue Lion, etc.).

Même si les consommateurs sont sensibles aux aspects environnementaux, il existe toujours une certaine confusion à propos du CO₂ et des hybrides. Un sondage réalisé à l'occasion du salon britannique international de l'automobile de 2008 indique que 60 % des consommateurs n'ont pas une vue claire sur les émissions de CO₂ et les technologies hybrides : 84 % ne savent pas si 100 g/km est une valeur élevée ou non, 25 % pensent que les biocarburants ne génèrent aucune émission, 30 % que les hybrides fonctionnent avec des biocarburants, et 4 % qu'un hybride est un ensemble de deux voitures soudées entre elles. Il est certain que cette situation s'améliore, mais il reste beaucoup à faire. L'image positive de la Toyota Prius n'est pas injustifiée, même si ses performances ne sont pas exceptionnelles, et des efforts considérables devront être déployés par les autres constructeurs pour élargir cette perception à leurs véhicules à faible émission de CO₂.

3.2 Les constructeurs ne sont pas seuls

L'enjeu ne concerne pas seulement les constructeurs. Un changement a commencé à se faire sentir dans le secteur des constructeurs et équipementiers, et beaucoup d'entre eux s'orientent vers le problème du rendement des motorisations.

La législation jouera un rôle essentiel dans le développement et la commercialisation de nouvelles technologies efficaces.

Figure 7

Taxation CO₂ en Europe en 2009.

Il a fallu attendre la détermination des objectifs de 2012 par l'UE pour que les constructeurs augmentent leurs investissements en hybrides. Auparavant, leur progression était lente. Le programme de l'UE a conduit à l'introduction de taxations CO₂ dans 15 pays, et d'incitations à la réduction des émissions CO₂ dans quatre pays en 2009 (fig. 7).

CONCLUSION

Les systèmes hybrides constituent une solution rapide, à grande échelle, susceptible d'offrir une réponse durable à l'amélioration de l'impact environnemental des motorisations. À l'heure actuelle, leur prix et leur période d'amortissement n'en font pas une alternative rentable pour les consommateurs de la plupart des régions du monde. Cependant, les incitations actuelles et futures des gouvernements introduisent une nouvelle donne. Dans la mesure où les hybrides ont plusieurs composants en commun avec les véhicules électriques, ils offrent au secteur une première étape vers l'objectif à long terme des zéro émission. Dans l'immédiat, il est probable que les véhicules hybrides progresseront lentement sur le marché, mais un développement beaucoup plus significatif est prévu à moyen terme.

RÉFÉRENCES

- 1 Proposition de la Commission européenne COM (2007) 856, 2007. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1965>.
- 2 EUCAR/JRC/CONCAWE, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, 2007. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>.
- 3 Directive UE 2003/30/CE.
- 4 IHS Global Insight, prévisions en matière de motorisation. www.ihsglobalinsight.com/automotive.
- 5 Union européenne. http://ec.europa.eu/environment/co2/co2_monitoring.htm
http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_home.htm.
- 6 Jato Dynamics, 2008. <http://www.jato.com/>.
- 7 Étude de prix, Université technologique de Vienne (IVK).
- 8 Toyota. <http://www.toyota.com.au/prius>
<http://www.toyota.com/prius-hybrid/>
http://www.toyota.fr/cars/new_cars/prius/index.aspx.
- 9 Enquête consommateurs sur le CO₂. http://www.autoindustry.co.uk/news/17-07-08_2.

*Manuscrit final reçu en décembre 2009
Publié en ligne en mars 2010*

Introduction

WILL HYBRIDS EVER POWER TOMORROW'S CARS?

J.P. Le Denmat*, A. Close and M. Rinkel

IHS Global Insight, 133 Houndsditch, London, EC3A 7BX - UK

e-mail: jean-philippe.le-denmat@renault.com - andrew.close@ihsglobalinsight.com - marc.rinkel@ihsglobalinsight.com

* Currently at Renault Technologie Roumanie, DIEESC, North Gate Business Center, Bucharest - Romania

1 ARE HYBRIDS THE BEST ALTERNATIVE?

IHS Global Insight forecasts a 40% increase of the global passenger car park from 2008 to 2020, whilst in China alone, it should increase by almost a factor of five within the same timeframe.. This article explores how the volume of cars might be increased to this level but with a reduction in environmental effects at the same time.

In the shorter term, combustion engine vehicles will remain the main propulsion technology, thanks to cost, but the urgency of environmental issues has pushed governments to provide incentives and legislation to pressure Original Equipment Manufacturers (OEMs) to offer alternative and/or cleaner powertrains. The industry needs a quick answer for now but a long-term target of zero emissions (ZEV). However, to date, customers are not willing to be greener at the cost of performance. As a result, electric-hybrid technology can represent a smooth shift in the short term and lead the way for ZEV future technologies.

Alternative technologies are considered over two time scales. In the short term, three main alternatives have been actively studied: bio fuels, LPG/CNG, and electric-hybrids. In the longer term, battery electric and fuel cell vehicles are discussed as the most attractive ZEV solutions.

1.1 The Competitors of Today

1.1.1. Biofuels vs CNG/LPG vs Hybrids

Table 1 compares the three selected alternative fuels.

Energy Availability and Production

The micro-hybrid to full-hybrid electric vehicles on sale

today are using the same energy supply as vehicles with conventional engines, although slightly less. In the short term, this presents a net advantage over CNG/LPG, biofuels, and electricity, which all require additional energy supply infrastructure and capacity development. Currently available biofuels (first generation) remain controversial in regard to environmental outcome and the cost implications for the food chain.

Distribution

Hybrid vehicle powertrains do not require any new refuelling infrastructure. The consequence is that this technology can be offered in any country immediately. LPG/CNG is the most affected by the distribution network; refuelling stations need special tanks and pumps. However, biofuels can be made available with relatively minor adaptation to existing stations.

Technology Integration

Major OEMs have developed hybrid-electric powertrain systems. The stop-start hybrid system is not very intrusive to vehicle architecture and has a retail cost estimated at around US\$ 400. A parallel full hybrid vehicle would cost closer to US\$ 3000. There are several variants of mild/full systems and this price estimation is for a typical, relatively simple system. The technological adjustments required to allow the traditional petrol (gasoline) or diesel engine to run on biofuels are minor. The extra cost for the consumer can be estimated at US\$ 100. There are aftermarket kits for CNG/LPG; these are sold for between US\$ 8000 and US\$ 18000 in the United States. The prices vary by market: they are significantly lower in Australia, for example. An equal specification CNG/LPG engine often offers lower performance, whereas biofuels or hybrids perform equally or better compared with conventional petrol engines.

TABLE 1

Alternative fuels comparison
 + = have an advantage compared to other alternative solution
 - = have a disadvantage compared to other alternative solution

	Energy sourcing	Distribution	Vehicle adaptation cost (average)	Fuel price	CO ₂		Major advantages
					WTW	TTW	
Hybrids	+++	+++ No infrastructure needed.	US\$ 400 micro US\$ 3 000 full	Gasoline price	-	++	No infrastructure needed (OEM's decision only). Prepare for ZEV Will benefit from tougher future legislations.
CNG/LPG	++	--- Lack infrastructure. Complicated to implement.	US\$ 8 000 on vehicle US\$ 8 000 to US\$ 18 000 for aftermarket kit	1/3 less than gasoline price	+	+	Very cheap at pump as domestically produced. 60-90% reduction in smog-producing pollutants. 30-40% reduction in greenhouse gas emissions.
Biofuels	---	+ Lack infrastructure. Easy to implement.	US\$ 100	About gasoline price	+/-	--	Domestically produced, reduces reliance on imported petroleum. Lower emissions of air pollutants. More resistant to engine knock. Added vehicle cost is very small.

CO₂: Well-To-Tank and Tank-To-Wheel

The remainder of this article considers Tank-To-Wheel (TTW) vehicle emissions. However, it is important to acknowledge the environmental effect of fuel production: Well-To-Tank (WTT). For biofuels, the WTT CO₂ benefit depends strongly on the production feed stock and so it can be better or worse than conventional oil-based fuels. The WTT effect of CNG/LPG is relatively low, while hybrid powertrains remains the same as gasoline.

1.1.2 Customer Response and Ownership Cost

The financial position for consumers depends primarily on initial purchase price, government incentives and fuel prices. The third-generation *Toyota* Prius costs US\$ 24 600 (US\$ 22 400 excluding VAT) in America. The same vehicle costs US\$ 36 740 in Australia. This relationship is inverted for the

Honda Civic GX (CNG powered) in the same markets. Attitudes also vary, depending on regions. In America, biofuels were popular for patriotic reasons, but they are not in Europe (apart from an isolated Swedish case). Biofuels are popular in Brazil because of the cost. The same story applies to CNG/LPG. These fuels are popular where they are cheap (Iran and Australia) and where they are incentivised and well distributed (Italy and Germany). Alternative fuels generally rise in profile as the oil price rises.

Case Study

We can also study the different costs for the *Toyota Prius* owner in the world (same hypothesis of 15 000 miles).

Because of uncertain resale values, this parameter is assumed to be the same for all regions. As Table 2 shows, it is lot more expensive to own a Prius in France or Australia than it is in the United States.

TABLE 2

Prices and currency exchange rate in October 2009

	Purchase price (US\$-VAT inc)	Mixed consumption	Petrol price (US\$)	Petrol cost (US\$/year)	Tax incentive (US\$)	10 years Ownership cost (US\$)
US	24 640	50 mpg	2.75/gal	825	630	32 260
France	39 017	3.9 L/100 km	1.83/L	1 723	2 976	53 274
Australia	36 740	3.9 L/100 km	1.14/L	1 079	None	47 528

1.1.3 Outlook

In the short term, OEMs have a difficult choice, as all three alternatives have pros and cons. The success of biofuels and CNG/LPG has historically been observed as very market dependant. A common investment (by energy suppliers, OEMs and governments) is needed to ensure a sustainable business. The localised and piece-wise nature of this investment is likely to make hybrids more attractive for mass-market global OEMs. Internationally, the ramp-up of hybrids will be faster than that of larger scale CNG/LPG offerings (Fig. 1).

A bridge to long-term answer

Some governments, such as those in California, France, and Sweden, are more aggressive or ambitious about environmental targets and this trend is set to expand.

ZEV technologies are not yet competitive in the mass market, but still most major OEMs are working on battery electric vehicles of some sort. These use major parts that are common to hybrid systems, notably the electric motor, power electronics, and an energy storage device.

Several issues have to be overcome before these technologies become competitive, such as battery performance, time charging, lifecycle, and safety. These issues will also be relevant on a smaller scale when developing hybrids.

2 DIFFERENT PLACE, DIFFERENT DEMAND

2.1 Regional Analysis of the Hybrid Market

As the early stages of technological development entails high cost, hybrids will still be available mainly in mature markets, such as NAFTA, Japan, and Europe. Each of these regions has a very different mobility pattern and so the level of hybridisation will not be the same. In this section, we will compare the Asian (Fig. 2), European (Fig. 3) and American (Fig. 4) markets.

2.1.1 Asia

China

IHS Global Insight holds a conservative view about the development of hybrids in China. Even by 2013, hybrid penetration is likely to be below 1%.

- *Purchase cost:* Hybrid vehicles are still too expensive to be accepted by Chinese consumers. The Prius costs more than 260 000 renminbi, while a conventional 1.5 litre petrol Toyota Vios costs around 120 000 renminbi. To make matters worse, there is as yet no incentive for consumers to buy hybrids in China;
- *Manufacturing cost:* There is currently no supply chain to support hybrid manufacture in China. Although China is

Figure 1

Penetration of alternative fuels: 2003, 2007 and 2014.

Figure 2

Hybrid penetration in Asia production and split according to the different technical solutions (IHS Global Insight forecast).

Figure 3

Hybrid penetration in European production and split according to the different technical solutions (IHS Global Insight forecast).

Figure 4

Hybrid penetration in NAFTA production and split according to the different technical solutions (IHS Global Insight forecast).

rich in Li-ion minerals and although Chinese manufacturers like *BYD Auto* are the biggest suppliers of cell phone and laptop batteries, car batteries require more in terms of safety, energy density, rapid charging, etc. For this reason, to launch a hybrid vehicle, Chinese domestic carmakers would have to license or outsource the hybrid systems (such as batteries and motors) from foreign companies, and this would keep manufacturing costs very high;

- *Running cost*: A hybrid vehicle does not appear to save money, despite its reduced fuel consumption (this does not consider the maintenance cost and battery ageing problem). Even the cost of the stop-start system from foreign-invested companies (such as *Bosch* and *Delphi*) will be higher than in Europe until the technology really takes off. Considering the central government's tight control of fuel prices, a sudden surge in prices is deemed unrealistic in the near term. Consequently, IHS Global Insight believes that hybrids will continue to struggle in the Chinese market in the near term. However, for a taxi that covers 100 000 kilometres a year, the added cost can be paid back within one year. For this reason, several stop-start models were launched at the end of 2008 to test acceptance by the market.

Japan

Japanese consumers are more interested in hybrid vehicles as their next candidate car. Hybrids in particular are benefiting because of their very attractive price, thanks to tax incentives and eco-car subsidies (effective from April 2009). *Toyota* recently launched two hybrid models: the *Lexus HS250h* in July 2009 and the *Toyota SAI* in October 2009. Strong sales of the *Prius* and *Insight* have led *Mitsubishi*, *Mazda*, and *Fuji Heavy Industries* to decide that the introduction and acceleration of the development of hybrid technology is necessary for their survival in the shrinking Japanese market. *Toyota* and *Honda* have more than 10 years' experience in mass-producing hybrid vehicles. Without an effective production system, other OEMs will not be able to provide affordable hybrid vehicles to consumers.

Although sales of the *Toyota Prius* and *Honda Insight* are good, both companies need to consider the side effects of these vehicles. Globally, automotive industries have started to think about how to realise carbon output at 95 g/km by 2020. The *Toyota Prius* is capable of meeting carbon emissions at 95 g/km without any changes or improvements for the next 10 years and the life of the *Prius* is estimated at 11 years on average in Japan. Therefore, what will motivate users of the current *Prius* to buy a new car? If car manufacturers cannot keep offering attractive vehicles to consumers, the Japanese automotive market will continue to shrink. Competition in fuel consumption among hybrid vehicles will shift to over 40 km/litre in the near future. Plug-in hybrid vehicles will realize fuel consumption of over 50 km/litre.

2.1.2 Europe

Micro-hybrid technology often referred to as stop-start technology, will have a big influence on the market in the next few years. *Fiat* and *PSA* have each announced that the technology will be used in every vehicle produced in line with model updates or face-lifts. Other brands are introducing the technology more selectively, but still in very high volumes. This strategy will allow each vehicle to reduce its CO₂ emissions by 4-7%. This is certainly positive news for *Bosch* and *Valeo*, who will supply most of the parts. Although manufacturers will incur additional cost, the large volumes will mitigate this somewhat and make a significant contribution towards the 2012 industry CO₂ level. As we move into the next generation of vehicles (around 2010), any vehicle or manufacturer without a stop-start option or variant will be at a considerable competitive disadvantage.

Toyota, *Honda*, and *Daimler* are leading the introduction of full and mild hybrid production in Europe. Production of their respective model variants began in 2009. Other premium manufacturers will also participate more seriously in this market from 2010, with more than 25 000 full and mild hybrids expected to be built in Europe. Market level penetration of these powertrains is expected to grow slowly because of cost, but production should increase once the Euro-6 emissions legislation is implemented in 2015. Diesel vehicles will become saddled with higher exhaust after-treatment costs at this time, which will lead to hybrid technology becoming relatively more affordable and attractive.

2.1.3 North America

Production of hybrid and electric vehicle powertrains is expected to grow significantly over the next 10 years. We expect that new and anticipated fuel economy and emissions legislation will drive production of hybrid vehicle powertrains. We anticipate a hybrid market with a share reaching more than 12% of North American light vehicle production before 2020. Our near-term and medium-term assumptions consider CAFE legislation, which requires a fleet-wide fuel-economy average of 25.3 miles per gallon (mpg) for the 2010 model year. The requirement will increase by 8% to an average of 27.3 mpg for the 2011 model year. The long-term goal of achieving a national fleet-wide standard of 35 mpg is set for 2020.

2.2 Micro-Hybrid Strategy: Case Study 2

A stop-start feature will typically result in a fuel economy improvement of 7%. Assuming 15 000 kms a year, petrol at 1.2 euro a litre, and an additional customer price of 300 euro, Figure 5 demonstrates that the higher the fuel consumption, the better the payback. As such, the running cost benefit of stop-start can apply only to large cars.

Figure 5

Payback scenario (in years) for a stop-start system costing 300 euro.

Government incentives, such as the French bonus-malus (Tab. 3), can affect the acquisition of the stop-start option by shifting the car into a more favourable CO₂ band and related incentive. This can significantly influence a customer's decision about whether to purchase an optional stop-start hybrid system.

TABLE 3

Evolution of the French bonus-malus scheme

French bonus/malus scheme in 2009		French bonus/malus scheme in 2010	
g/km	euros	g/km	euros
Below 60 (*)	-5000	Below 60 (*)	-5000
61-100	-1000	61-95	-1000
101-120	-700	96-115	-500
121-130	-200	116-125	-100
131-160 (**)	0	126-155 (**)	0
161-165	200	156-160	200
166-200	750	161-195	750
201-250	1600	196-245	1600
Above 250	2600	Above 245	2600

* For vehicles with CO₂ emissions below or equal to 60 g/km, the amount of the incentive cannot exceed 20%.

** The incentive is € 2 000 for LPG, CNG, or diesel/petrol hybrid vehicles emitting less than 135 g/km.

The decision to purchase then falls into three categories:

- to buy immediately, as the price of the car is lower because of the incentive;

- to consider evaluating the reduction in running costs, in case the additional stop-start cost may be offset;
- not to buy, in case the payback period of the stop-start system is too long.

2.3 Is hybridisation sustainable?

The European commission has set up a fleet average target of 130 g/km. In 2012, 65% of each manufacturer's newly registered cars must comply (on average) with the limit value curve set by the legislation. With all the programmes launched, IHS Global Insight believes that the target is close to being reached, with an average of around 138 g/km expected for total European production in 2012 (Fig. 6).

A simulation assuming an appropriate level of hybridisation by car segment should lead to a 2012 average of 113 g/km, based on European production.

This result considerably exceeds the 130 g/km target and suggests the EU-proposed target of 95 g/km for 2020 is not unrealistic.

Figure 6

Hybrid scenario in Europe by segment: 2012 (IHS Global Insight forecast).

3 FURTHER OPPORTUNITIES AND HURDLES

3.1 Customer Acceptance

Since the beginning of the century, green issues have been well debated, leading to consumer awareness (separation of household rubbish for recycling, low-energy light bulbs, etc). In the automotive area, awareness is growing. It has been real from the moment taxes and incentives were applied. OEMs

have created green labels (Eco2, Efficient Dynamics, Blue Lion, etc).

Although consumers are aware of environmental issues, there is still confusion about CO₂ issues and hybrids. A poll performed at the 2008 British International Motor Show indicates that 60% are confused about emissions, 84% does not know if 100 g/km is high or low, 25% think that biofuels are emission free, 30% think that hybrids run on biofuels, and 4% think a hybrid is two cars welded together. This situation is undoubtedly improving, although clarity is some way off. The positive image of the *Toyota Prius* is not undeserved, although its performance is not unique and considerable effort by other OEMs will be required to extend this perception to their low-CO₂ vehicles.

3.2 The OEMs are not Alone

It is not only the OEMs that are challenged. A shake-up has become apparent in the automotive supply base and many are focussing on powertrain efficiency.

Legislation will play a key role in the development of and the business case for new efficient technologies. Only since the EU set up the 2012 target have OEMs been increasing

investment in hybrids. Previously, progress had been slow. The EU programme led to CO₂ tax schemes being set up in 15 countries and CO₂ incentives being introduced in four countries in 2009 (Fig. 7).

CONCLUSION

Hybrid systems present a rapid, large-scale solution that could offer a sustainable answer to improving the environmental performance of motoring. The price and payback scenario does not currently make them a cost-competitive option for customers in most regions. However, current and future government incentives change this equation. As hybrids share many components with electric vehicles, they do provide the industry with a first step towards the long-term goal of achieving zero emissions. For now, hybrid vehicles are expected to make slow and steady progress in the market, but the outlook for the medium term is brighter.

REFERENCES

- 1 European Commission Proposal COM (2007) 856, 2007 <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/07/1965>.
- 2 EUCAR/JRC/CONCAWE, Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, 2007. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>.
- 3 EU Directive 2003/30/EC.
- 4 IHS Global Insight, Powertrain Forecast. www.ihsglobalinsight.com/automotive.
- 5 European Union. http://ec.europa.eu/environment/co2/co2_monitoring.htm http://ec.europa.eu/environment/air/transport/co2/co2_home.htm.
- 6 Jato Dynamics (2008). <http://www.jato.com/>.
- 7 Price study, Technology University of Vienna (IVK).
- 8 *Toyota*. <http://www.toyota.com.au/prius> <http://www.toyota.com/prius-hybrid/> http://www.toyota.fr/cars/new_cars/prius/index.aspx.
- 9 Customer survey on CO₂. http://www.autoindustry.co.uk/news/17-07-08_2.

Figure 7

CO₂ tax in Europe in 2009.

Final manuscript received in December 2009
Published online in March 2010