

NOUVELLES TECHNOLOGIES,  
NOUVEAUX SERVICES,  
NOUVEAUX ACTEURS ?

# Sur la voie d'un véhicule particulier ne consommant que 2 litres de carburant aux 100 kilomètres

Le programme « Véhicule 2l/100km » figure parmi les 34 plans industriels annoncés par le Président de la République et s'inscrit dans le cadre du compromis européen devant ramené, sur la période 2012-2015, la moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves à 130 g CO<sub>2</sub>/km, puis à 95 g à l'horizon 2020.

Il s'agit d'un projet ambitieux dont la concrétisation exigera non seulement de poursuivre sur la voie des améliorations apportées aux systèmes de propulsion des véhicules et de la réduction de leur masse, mais aussi un recours accru aux technologies de l'information et de la télécommunication.

Des évolutions technologiques qui devront également s'accompagner d'un changement des comportements des conducteurs en les convertissant à l'éco-conduite.

Par **Olivier APPERT\***

**D**es mesures phare de réduction de la consommation des véhicules, et donc de leurs émissions de CO<sub>2</sub>, ont été mises en place au niveau national (dispositif bonus/malus, taxes sur les véhicules d'occasion et les voitures de société, etc.) et au niveau européen (étiquetage Énergie/CO<sub>2</sub>). Outre le programme national de véhicules décarbonés, l'État

a lancé les Investissements d'Avenir qui soutiennent la R&D de véhicules hybrides et électriques (plus récemment, ce même sujet a fait l'objet de l'un des 34 plans industriels lancés par le Président de la République).

Au niveau communautaire, le Parlement européen a adopté, le 17 décembre 2008, le compromis sur le projet de loi visant à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves à partir de 2012. Ce compromis prévoit d'étaler sur la période 2012-2015 l'effort deman-

\* Président-directeur général d'IFP Énergies nouvelles.

dé aux constructeurs pour ramener la moyenne des émissions de CO<sub>2</sub> des voitures neuves à 130 g CO<sub>2</sub>/km (120 g si l'on prend en compte les contributions des pneumatiques et des biocarburants). Le compromis introduit un second objectif, celui d'atteindre 95 g de CO<sub>2</sub>/km à l'horizon 2020.

### UNE RÉDUCTION RÉGULIÈRE DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DEPUIS 20 ANS

L'ensemble de ces mesures se traduit, dès à présent, par des gains très significatifs dans les consommations de carburant des véhicules commercialisés, ainsi que le montre le Graphique 1 qui présente l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules commercialisés en Europe.

On peut considérer qu'en l'espace de 5 ans, la consommation moyenne a été réduite de 10 à 15 % environ, et ce, aussi bien pour les motorisations essence que pour les motorisations Diesel. Cette évolution est liée à deux principaux facteurs :

- l'amélioration des systèmes de propulsion,
- une évolution des ventes vers les segments de véhicules de plus petite taille (sous l'effet du bonus/malus, notamment).

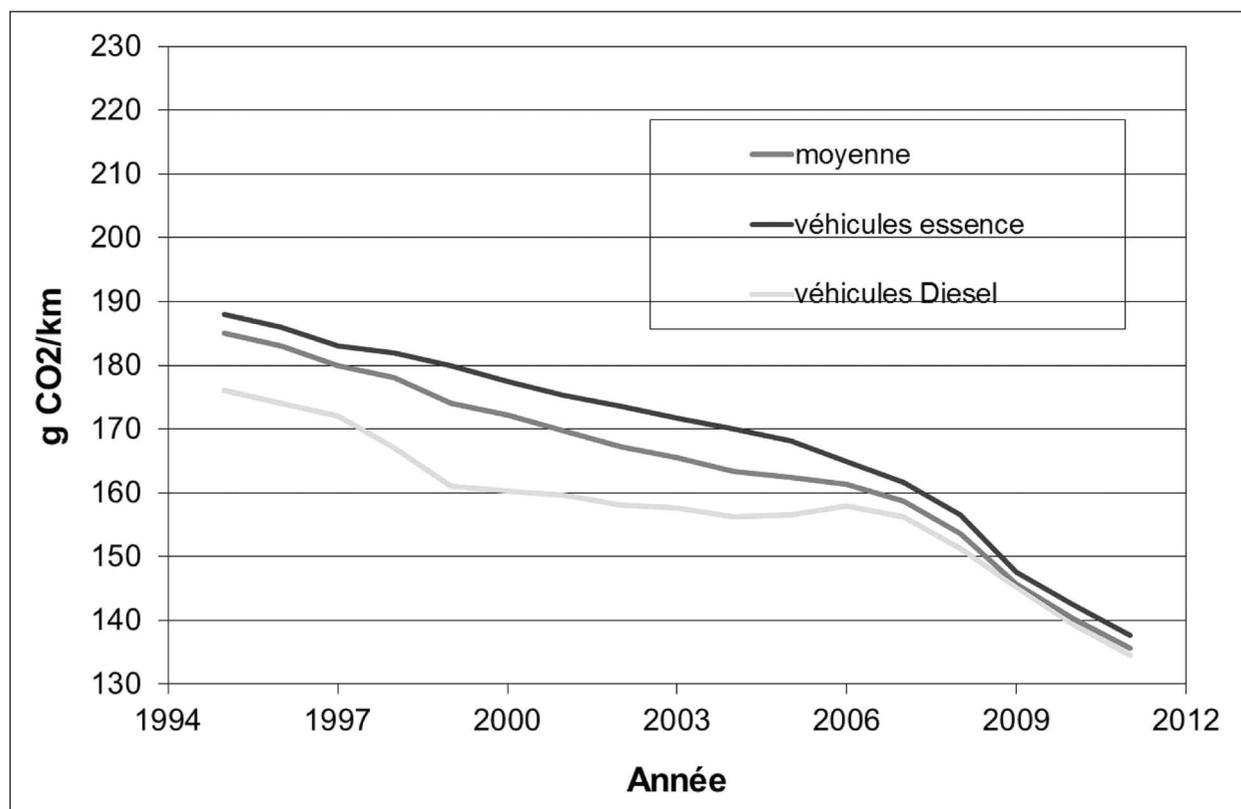
La masse du véhicule, qui est le paramètre le plus important en matière de consommation liée au véhicule lui-même (si l'on fait abstraction de la nature de

son système de propulsion), a, pour sa part, continué globalement à augmenter pendant cette même période (à titre d'exemple, dans le cas d'une motorisation conventionnelle, une réduction de 100 kg de la masse induit une réduction des émissions de l'ordre de 5 g CO<sub>2</sub>/km).

Cependant, conscients de cet effet négatif, les constructeurs ont tous mis en œuvre des plans de réduction de ladite masse, dont on commence aujourd'hui à observer les effets pour certains modèles, avec une réduction de masse supérieure à 100 kg (en moyenne) pour un nouveau modèle par rapport au précédent.

Ainsi, la nouvelle Peugeot 208, qui vient de remplacer la 207, offre une réduction moyenne de 110 kg par rapport à sa devancière, avec une entrée de gamme inférieure à une tonne (975 kg).

Le second paramètre lié au véhicule (par ordre d'influence sur la consommation) est la traînée aérodynamique qui est la force qui s'oppose au déplacement du véhicule dans l'air et dont la composante principale est proportionnelle à la densité de l'air, au carré de la vitesse de déplacement, au maître couple (ou surface frontale) du véhicule (S) et au coefficient de traînée, Cx. Ce dernier a énormément progressé avec de plus en plus de véhicules ayant des Cx sous la barre des 0,3. À titre d'exemple, la nouvelle Peugeot 208 affiche un Cx de 0,29. Cependant, la taille des véhicules et l'attrait pour les monospaces et les véhicules utilitaires sport (SUV – *Sport Utility Vehicles*) ont limité l'impact de ces gains



Graphique 1 : Évolution des émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules particuliers commercialisés en Europe.

aérodynamiques (Cx), du fait de la composante surface frontale du véhicule, qui est, quant à elle, globalement en hausse.

Ainsi, si l'on considère, en 2011, des véhicules de gamme moyenne (segment B), leur niveau de consommation se situait environ à 4 litres/100 km (émissions : 104 g CO<sub>2</sub>/km) pour les véhicules Diesel et à 6 litres/100 km (138 g CO<sub>2</sub>/km) pour les véhicules à essence.

Au cours de l'année 2012, on observe à nouveau des améliorations substantielles des consommations, pour certains véhicules. Ainsi, dans le segment A, les nouvelles Peugeot 208 et les nouvelles CLIO affichent des niveaux d'émissions de CO<sub>2</sub> et de consommation record, et ce, grâce à l'optimisation des moteurs Diesel existants et à l'arrivée de tout nouveaux moteurs à essence 3 cylindres (900 cc pour Renault, et 1 et 1,2 litres pour PSA).

Grâce à ces nouvelles motorisations, mais aussi à l'amélioration des caractéristiques véhicule (masse, SCx, etc.) et à l'utilisation de systèmes micro-hybrides du type *Start&Stop*, la Peugeot 208 affiche une consommation minimale de 3,4 l/100 km en Diesel (87 g CO<sub>2</sub>/km) et de 4,3 l/100km en essence (99 g CO<sub>2</sub>/km), tandis que Renault annonce une consommation minimale de 3,2 l/100km en Diesel (83 g CO<sub>2</sub>/km) et, comme pour Peugeot, de 4,3 l/100km en essence (99 g CO<sub>2</sub>/km).

En motorisation Diesel sur le segment B, on peut citer le cas du véhicule Renault Mégane, avec ses 3,5 litres/100 km (90 g CO<sub>2</sub>/km). Enfin, on peut citer également, pour les berlines et les SUV, les sorties des premiers hybrides Diesel chez PSA, notamment de la 508 HY4 ou de la 3008 HY4, qui affichent respectivement des émissions de 95 et de 104 g CO<sub>2</sub>/km.

## DES MOTORISATIONS MOINS GOURMANDES

Ces évolutions dans la consommation de carburant proviennent en premier lieu des améliorations apportées aux groupes motopropulseurs, notamment :

- le *downsizing* associé à la suralimentation tant en Diesel (tous les moteurs Diesel du marché sont des moteurs suralimentés) qu'en essence (moteurs TCe Renault, par exemple),
- l'accroissement du rapport volumétrique (en essence), grâce notamment à l'introduction de l'injection directe d'essence (moteur THP de PSA, en version 4 cylindres – et, bientôt, en version 3 cylindres),
- l'amélioration des performances des systèmes d'injection,
- la mise en œuvre de commandes de soupapes flexibles (allant du simple déphaseur d'arbre à cames jusqu'à la levée variable des soupapes),
- le thermomanagement (gestion optimisée de la mise en température afin de réduire les pertes d'énergie),

- la poursuite de la réduction des frottements (segmentation, pistons, paliers, pompes, etc.) couplée à l'amélioration des lubrifiants (diminution de leur viscosité à froid),
- l'accroissement du nombre des rapports des boîtes de vitesses (la version bas de gamme comporte aujourd'hui 5 rapports, la plupart des applications en ont déjà 6 et certaines versions « grand public » atteignent les 7 rapports – c'est le cas de la boîte robotisée DSG de Volkswagen -, voire 8, dans des versions plus haut de gamme),
- le développement de boîtes de vitesses mécaniques pilotées, automatiques ou à variation continue (CVT), notamment dans des applications comportant un grand nombre de rapports qui permettent une optimisation systématique du rapport enclenché pour améliorer le rendement d'utilisation du moteur,
- le pilotage du groupe motopropulseur (GMP : moteur(s) + système de transmission) est également devenu un enjeu dans la réduction des consommations, avec notamment le développement de modèles intégrés de gestion d'énergie de plus en plus complexes,
- la généralisation progressive des systèmes micro-hybrides (*Stop&Start*).

## VERS UN VÉHICULE CONSOMMANT MOINS DE 2 LITRES/100 KM

Par rapport à cette situation, un gain significatif de l'ordre de 40 à 50 % sur la consommation est cependant encore possible au niveau des motorisations, si l'on travaille plus particulièrement sur les postes suivants :

- le rendement moteur, *via* l'optimisation poussée de la plupart des technologies déjà mises en œuvre (injection, suralimentation, combustion, etc.),
- l'optimisation du fonctionnement *via* le contrôle, notamment dans les phases transitoires, afin de se rapprocher le plus possible des *optima* obtenus en fonctionnement stabilisé,
- la réduction des pertes (mais aussi et surtout leur récupération), que celles-ci soient d'ordre cinétique au niveau du véhicule (freinage récupératif au travers d'une hybridation et d'un stockage électrique ou mécanique) ou d'ordre thermique (enthalpies du fluide de refroidissement du moteur et des gaz d'échappement récupérables pour être réutilisées dans la mise en action plus rapide lors d'un redémarrage ultérieur ou transformées en travail *via* des procédés comme le *turbocompound*, le cycle Rankine ou encore la thermoélectricité),
- l'optimisation de l'utilisation du moteur, en l'exploitant au plus près de son domaine de meilleur rendement (couple/régime moteur) grâce notamment :
  - à la généralisation de transmissions à haut rendement et à grande ouverture (rapport entre la démulti-

plication maximale et la démultiplication minimale) qui peuvent maintenir le régime moteur dans une zone optimale quelle que soit la vitesse,

- à l'hybridation, qui permet notamment d'ajuster la charge du moteur thermique dans sa zone de meilleur rendement relativement indépendamment du besoin véhicule, en utilisant un moteur électrique comme complément de charge ou comme convertisseur de charge (stockage de l'énergie excédentaire).

L'IFP Énergies Nouvelles (IFPEN) a identifié très tôt le bénéfice de la réduction de la cylindrée, voire du nombre de cylindres, couplée à l'utilisation quasi-systématique de la suralimentation. L'IFPEN a ainsi fortement contribué à l'émergence (en Europe, notamment, et chez les constructeurs français, en particulier) des nouveaux moteurs à essence 4 et 3 cylindres suralimentés. Les programmes aujourd'hui engagés à l'IFPEN pour la réduction de la consommation des véhicules sont orientés vers :

- la poursuite de l'optimisation énergétique des motorisations Diesel et essence, au travers notamment du développement de nouveaux systèmes de combustion et de l'optimisation énergétique globale des différents systèmes embarqués,

- l'augmentation de la pénétration des technologies pour l'hybridation et, plus généralement, pour l'électrification du véhicule,

- l'amélioration de la consommation d'usage, au travers de développements d'optimisation globale de l'énergie véhicule, d'aide à la conduite et d'interaction avec les infrastructures en vue d'améliorer l'efficacité énergétique du véhicule,

- le développement de motorisations exploitant des carburants bas carbone (biocarburants, gaz naturel),

– le développement de technologies de récupération de l'énergie thermique.

Enfin, pour atteindre la cible des 2 litres/100 km, les améliorations apportées à la chaîne de transmission devront nécessairement être associées, pour la partie véhicule, à un effort très significatif sur la masse de celui-ci pour revenir à des niveaux de l'ordre de 700-800 kg (c'est-à-dire ceux des véhicules des années 1970-80).

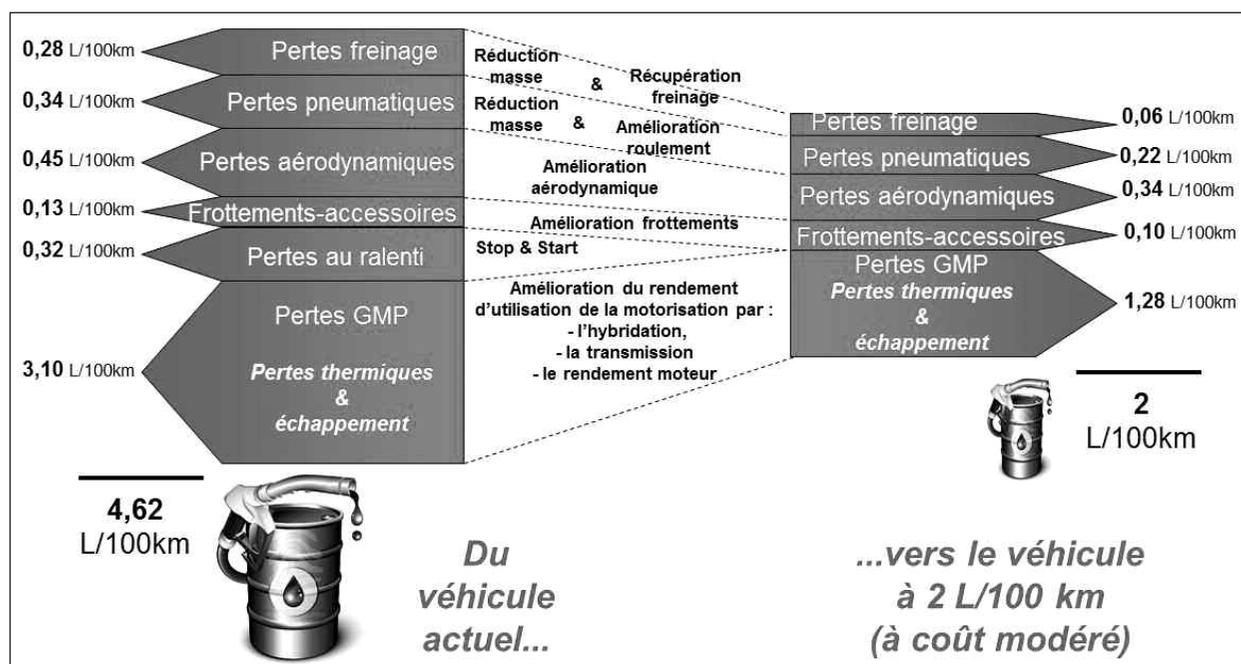
Cette démarche devra être accompagnée d'un niveau de SCx exemplaire et de frottements les plus bas possibles, notamment au niveau des pneumatiques (par exemple, à faible largeur).

De plus, une limitation des performances (accélération, vitesse maximale) devrait être la conséquence d'un juste dimensionnement du moteur permettant d'assurer la compatibilité entre mobilité et bon rendement énergétique.

## LES ENJEUX DE L'ÉCOCONDUITE

Certes, les développements technologiques que nous avons rappelés plus haut permettent d'envisager la mise sur le marché d'ici à la fin de la décennie de véhicules consommant 2 litres/100 km. Mais même avec ce faible niveau de consommation, un comportement inapproprié du conducteur pourrait dégrader très significativement les performances énergétiques des véhicules.

En ce sens, les TIC constituent un apport technologique majeur pour les transports. Elles permettent en



Graphique 2.

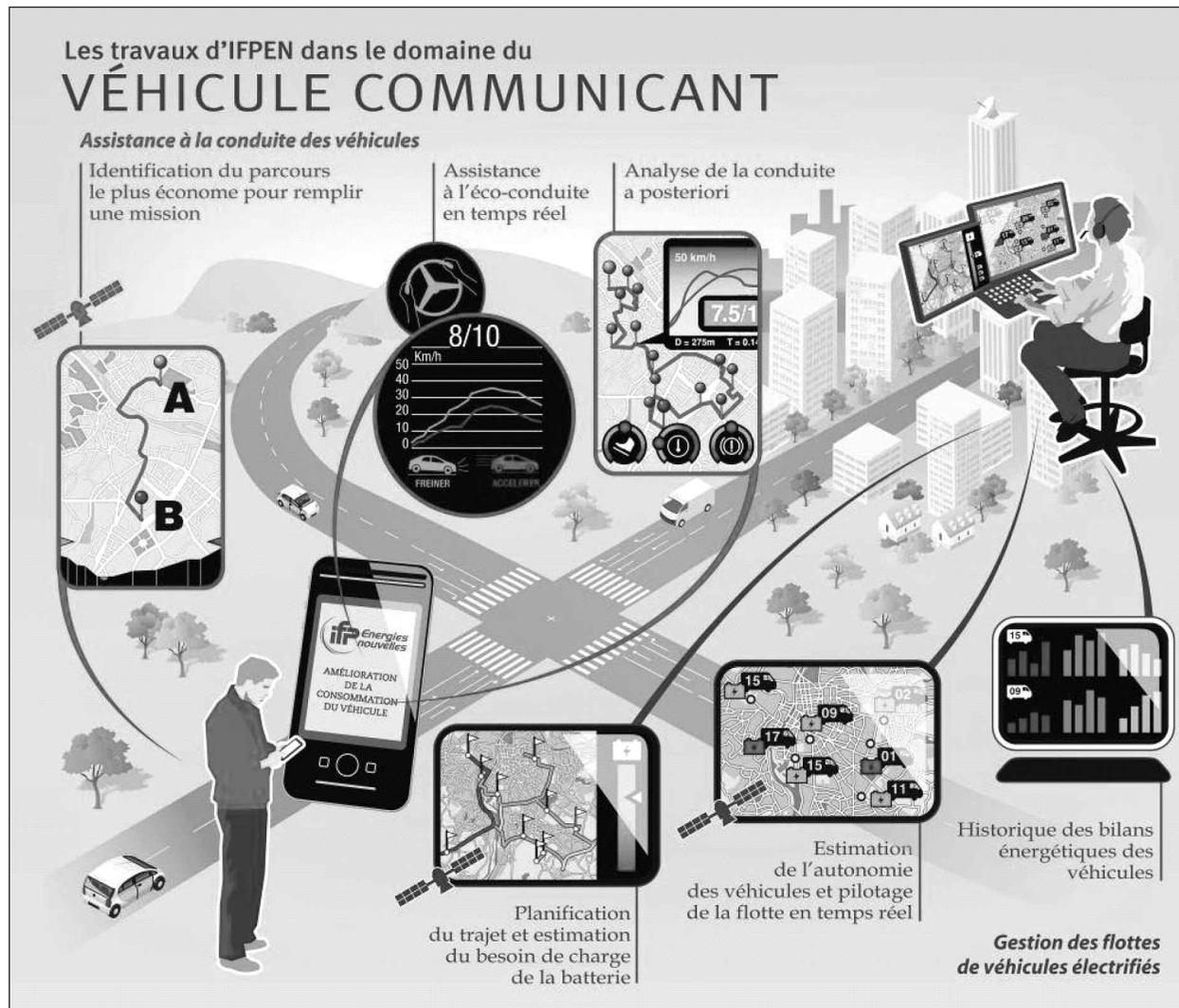


Image 1 : Les travaux de l'IFPEN dans le domaine du véhicule communicant.

effet d'accompagner le déploiement des nouvelles technologies véhicules et des nouveaux usages. Elles peuvent non seulement alimenter des routines d'optimisation/télédiagnostic, mais aussi modifier le comportement du véhicule/du conducteur par une meilleure prise en compte des éléments extérieurs. C'est l'enjeu du véhicule communicant.

L'écoconduite présente un potentiel significatif de réduction de notre dépense énergétique. Il convient d'optimiser l'utilisation des accessoires (climatisation, chauffage, etc.), de rouler moins vite (mais sans arrêt) et d'adopter un style de conduite « économique ». Pour ce faire, il est nécessaire de s'approcher de la trajectoire énergétique optimale en tenant compte du parcours (plan de circulation, trafic) et du véhicule

(moteur, châssis). Ainsi, l'écoconduite ne modifie pas le temps de parcours et n'impacte ni le confort ni la prestation du véhicule.

L'utilisation des TIC représente donc un complément indispensable des technologies mises en œuvre pour relever le défi du véhicule ne consommant que 2 litres/100 km.

L'ensemble de ces programmes mobilisent les constructeurs, les équipementiers et les organismes de recherche dans le cadre des programmes lancés par les pouvoirs publics. Ils devraient permettre à notre industrie de se positionner à la pointe d'une concurrence internationale forte visant à développer des véhicules qui soient adaptés aux contraintes de la transition énergétique.