



Véhicule et fonctions du futur : l'automobile à la croisée des chemins



Décembre 2010

Le message du président



La **Plateforme de la Filière Automobile (PFA)**, mise en place en avril 2009, est la concrétisation d'une volonté commune des constructeurs, équipementiers et fournisseurs de créer un lieu d'échanges et de concertation contribuant à l'amélioration de la compétitivité de l'ensemble de la filière française, base indispensable pour relever les défis cruciaux pour son avenir, dans un environnement national et international complexe.

Pour ce faire, la PFA s'est donné pour objectif de proposer des solutions concrètes afin de répondre rapidement aux attentes des acteurs de la filière qui souhaitent rester ou devenir de réels leaders d'une industrie automobile française toujours plus performante et innovatrice dans des technologies en constante évolution.

Aujourd'hui, près de quatre cents dirigeants et collaborateurs des constructeurs, équipementiers, fournisseurs, organisations professionnelles, pôles de compétitivité et associations régionales, se sont spontanément engagés dans des groupes de travail structurés pour construire ensemble des plans de progrès déterminants pour l'avenir.

Les résultats des réflexions de ces groupes spécialisés constituent autant de pistes d'actions à mettre en œuvre pour porter les performances de la filière automobile française à un nouveau niveau d'excellence.

Le présent document en est un remarquable exemple, et je souhaite féliciter chaleureusement l'ensemble des contributeurs, et tout particulièrement **Igor Demay** et **Jean-Pierre Miraille**, qui ont co-présidé ce groupe, pour l'excellence du travail accompli, reconnu par tous.

Bonne lecture,


Claude Cham

Introduction



Les équilibres techniques, économiques et même sociétaux qui caractérisent la France de ce début de 21^e siècle résultent en bonne partie des avancées technologiques, de leur accueil par le public et de l'usage que le consensus conscient et parfois subi leur a assigné. Accès au travail, aux soins, à l'éducation, aux loisirs, la mobilité est devenue un droit. Dans ce cadre, l'automobile est désormais une des composantes majeures de notre vie quotidienne. Objet de rêve tant qu'elle



n'est restée accessible qu'à une minorité, elle a perdu progressivement son caractère magique. Sa généralisation, par les contraintes qu'elle entraîne, a mis en lumière des impacts pour la société : pollution, congestion, accidentologie.

Cette vision ambivalente – développement versus empreinte – est aujourd'hui exacerbée par une sensibilité du « retour à l'essentiel » liée sans doute à une perte de confiance dans le progrès technique (la désaffection des filières scientifiques en est une illustration).

C'est, paradoxalement, dans ce cadre et à cause de cette sensibilité que l'automobile se trouve confrontée au plus grand défi technologique la concernant depuis 80 ans. Un foisonnement de solutions techniques pour réduire significativement, voire drastiquement, les émissions de CO₂ des véhicules entraîne l'industrie automobile dans de multiples voies dont nous ne savons pas si elles convergeront et à quel horizon.

Ce contexte justifie pleinement l'importance des réflexions autour des chaînes de traction décarbonées et le fait que la PFA leur ait consacré un groupe de travail spécifique. Néanmoins, dans cette remise en cause du produit automobile, il faut noter que le reste du véhicule est, lui aussi, fortement contributeur :

- des niveaux de consommation accessibles (ou d'autonomie pour un véhicule électrique) par ses caractéristiques masse, dimension, SCx, résistance au roulement,
- de la trace écologique du véhicule par les matériaux employés et leur origine, leur aptitude au démontage et leur recyclabilité, leur « coût CO₂ » de mise en œuvre et l'efficacité énergétique des moyens de production,
- par les synthèses véhicule/chaîne de traction/prestations recherchées qui peuvent permettre des équilibres différents.
- de l'acceptabilité de l'automobile en termes de sécurité, en particulier par son caractère non agressif (et sans les progrès réalisés ces dernières années, nous serions peut-être dans une situation critique),
- d'une conduite apaisée, agréable et confortable par les progrès apportés en matière de silence, de véhicule communicant, de conduite assistée ou aidée, gage à la fois de la compétitivité de l'offre automobile et de sa bonne contribution à la sécurité globale.

C'est pour répondre à ces objectifs que le GTEC 3 « Véhicule et fonctions du futur » de la PFA a démultiplié ses travaux en **6 thèmes prioritaires** qui lui sont apparus comme présentant les domaines clés de l'évolution de l'automobile hors chaîne de traction.

Ces thèmes, pris en charge par des sous-groupes composés de spécialistes, sont les suivants :

- **Thème 1 : Acoustique et vibrations**
- **Thème 2 : Interface homme-machine**
- **Thème 3 : Sécurité**
- **Thème 4 : Système thermique**
- **Thème 5 : Systèmes de stockage d'énergie**
- **Thème 6 : Matériaux et trace écologique du véhicule**

Il est présenté ci-après une vision de synthèse de ces travaux. Les recommandations qui en découlent font l'objet d'un document Powerpoint séparé (disponible sur www.pfa-auto.fr) Les 6 groupes ont tous exprimé le désir de continuer à vivre et à échanger ; pour chacun, une structure d'accueil sera proposée.

Nous voudrions conclure cette introduction par un plaidoyer pour l'avenir de la mobilité individuelle.

Sans préjuger de ce que seront les solutions techniques accessibles pour limiter les émissions de CO2 - l'éradication totale des autres émissions reposant sur une maturité technologique accessible dans les 10 à 15 ans avec les carburants actuels, l'existence d'un moyen de déplacement individuel ou familial économiquement accessible est un des fondements du fonctionnement de notre société. Y renoncer ne nous paraît pas plausible et ne serait en aucun cas anodin.

L'automobile a contribué, en effet, à créer des conditions de vie auxquelles nous ne pourrions renoncer sans lourds impacts, par exemple :

- Ambulance, médecin de campagne, infirmière itinérante, bibliothèque mobile sont des piliers de l'existence d'une population partiellement rurale.
- La capacité de transport de bagages sans rupture de charge est une base difficilement contournable des vacances familiales (camping, location, etc.)
- La mobilité des seniors, qui augmentent en nombre, est largement conditionnée par les facilités et le confort automobile, c'est une contribution majeure à leur autonomie.

Par ailleurs, en zone urbaine concentrée, les transports collectifs restent une solution imparfaite, complexe en investissements et coûts d'exploitation, même sur les trajets les plus empruntés souvent de type radial. Imaginons quel serait le coût de transports collectifs périurbains généralisés sur des trajets de type rocade !

Nous sommes convaincus que l'automobile, repensée en termes de produits et services, a un avenir majeur en tant que contribution au fonctionnement d'une société équilibrée et respectueuse des individus.



Igor DEMAY

Co-président du GTEC 3 de la PFA
Adjoint au Directeur de la Recherche et de
L'Ingénierie Avancée
Direction Recherche et Développement
PSA PEUGEOT CITROEN



Jean-Pierre MIRAILLE

Co-président du GTEC 3 de la PFA
Ancien Secrétaire Général de la Recherche
de RENAULT
Membre de la SIA

1 – Réduction des émissions de CO₂

1.1 Contribution des véhicules à la réduction des émissions de CO₂ (en usage)

Même si la transformation de carburant en CO₂ est le fait de la chaîne de traction, les caractéristiques du véhicule ont un impact majeur sur le résultat global. Cherchant à offrir des prestations toujours supérieures aux véhicules remplacés, en particulier pour répondre aux préoccupations de sécurité, les automobiles ont grossi et se sont alourdies très fortement au cours des 20 dernières années. Pendant toute cette période, ce sont les progrès du GMP qui ont contenu l'évolution des émissions de CO₂.

L'émergence de ces dernières comme préoccupation n°1 a créé une rupture dans les équilibres de prestations visées et doit entraîner dans les prochaines années une spirale vertueuse dans la définition des véhicules.

Les principaux leviers par lesquels le véhicule influe sur le résultat CO₂ sont les suivants :

- **la masse**, par les effets d'inertie qu'elle entraîne - avec le type de motorisation utilisé sur une voiture moyenne actuelle, un gain de 100 kg permet un gain direct de 4 g CO₂/km, à définition égale par ailleurs, et de 8 g CO₂/km si le gain de masse est consacré au gain de consommation et dans les performances dynamiques ajustées,
- **l'aérodynamique**, à la fois par le S et le Cx - un gain de 5 dm² de SCx apporte un gain de 2,5 g CO₂/km,
- **la consommation des équipements du véhicule** - 100 W représentent 1g CO₂/km,
- **les énergies embarquées**, par leur management et la nature des carburants,
- pour les véhicules rechargeables (électriques ou hybrides), **l'infrastructure de charge**.

1.1.1 La masse

Depuis les années 70-80, la masse des véhicules à catégorie identique et jusque vers 2005 a crû de l'ordre d'une centaine de kg d'un véhicule à son remplaçant, apportant près de 200 kg supplémentaires au véhicule en 15 ans.

Cette évolution est liée :

- aux exigences croissantes de sécurité et de silence (20 à 30 kg peuvent être attribués au traitement acoustique),
- à l'enrichissement des véhicules en équipements,
- à une inflation dans les dimensions d'habitacle offertes (surtout en largeur et hauteur),
- aux contraintes de dépollution,
- à certaines règles d'homologation discutables (ex : les 5 litres de liquide de lave-glace associés aux lave-projecteurs).

La claire nécessité d'arrêter ou d'inverser cette tendance, apparue depuis quelques années, est un des thèmes de travaux et de développements nouveaux pour les années à venir. Il se joue à la fois au niveau de la synthèse voiture (prestations et architecture) et de ses composants organiques.

1.1.1.1 L'architecture

Dans les véhicules moyens européens, l'architecture répond à un standard quasi généralisé :

- moteur avant transversal avec boîte en bout
- traction avant
- train avant pseudo Mac Pherson
- caisse auto porteuse en tôle d'acier emboutie soudée

Pour le peu de contraintes d'un véhicule thermique dans l'usage européen, cette architecture est certainement la plus performante et, de plus, cette standardisation porte en elle-même les germes de sa pérennité par les effets d'échelle qu'elle entraîne. Pour des motorisations classiques, on peut penser qu'il y a peu de rupture vraisemblable, d'autant plus qu'une rupture entraînerait très certainement des coûts industriels considérables. Qui plus est, cette volonté de standardiser le « non visible » est exacerbée par les contraintes économiques liées à la déstandardisation du visible en réponse à un marché éclaté.

Les motorisations hybrides devraient être développées dans les mêmes architectures en limitant les impacts à des zones locales (à l'exception notable des implantations batteries et, évidemment, des architectures électriques de puissance).

Les véhicules purement électriques (y compris prolongateur d'autonomie « range extender ») sont dès lors une opportunité d'introduire une rupture d'architecture dont l'ampleur dépendra partiellement de leur succès commercial mais aussi du caractère microvoiture plus ou moins marqué entraîné par les choix produit.

1.1.1.2 Les prestations

Le redéploiement potentiel des attentes clients vers des prestations plus citoyennes et une conduite plus apaisée pourrait entraîner des thèmes différents dans l'évolution des prestations sous l'angle de l'allègement.

- Vitesse maxi → Cette prestation devrait disparaître des attentes mais n'entraînera que peu d'évolutions. Les caractéristiques dynamiques d'un véhicule sont aujourd'hui essentiellement dimensionnées par les accélérations (capacité d'évitement, introduction dans le trafic), la vitesse maxi est une résultante et ne dimensionne que très partiellement les organes de freinage. Par contre, pour les véhicules électriques, ceci pourrait être une opportunité de simplifier les transmissions.
- Acoustique et vibrations → L'allègement des structures va nécessairement poser des problèmes nouveaux de vibrations et de propagation sonore qui devront être résolus sans l'utilisation de masses additionnelles (voir ci-dessous § 4.1).

1.1.1.3 Les organes et les matériaux

Le choix des matériaux eux-mêmes doit jouer un rôle important dans le nécessaire allègement des véhicules. Le véhicule du futur va dépendre grandement des possibilités d'application de matériaux légers, « intelligents » et innovants. Le développement des critères de conception adaptés à la réduction de masse va donc jouer un rôle majeur dans la mise sur le marché de produits efficaces et à plus basse consommation énergétique.

Le développement de matériaux nouveaux - ou à propriétés améliorées - et de leurs technologies de mise en œuvre devra suivre une approche intégrée prenant en compte la

totalité du cycle de vie du produit. Ces matériaux devront offrir le meilleur compromis en termes de performance, de coût, de critères fonctionnels.

Dans ce domaine aucun des constructeurs automobiles européens n'a une position de marché telle qu'il puisse convaincre les fournisseurs de matériaux d'entreprendre des recherches coûteuses qui soient cohérentes avec l'échelle des enjeux de l'industrie automobile. Des recherches collaboratives doivent donc être entreprises à l'initiative de plusieurs constructeurs en intégrant l'ensemble des acteurs de la filière.

Ces recherches doivent concerner pratiquement la totalité du véhicule et plus particulièrement :

- la caisse en blanc, élément clé de la structure du véhicule - un programme comme « superlight car » (PCRD) a montré la voie, il mérite d'être poursuivi et affiné en prenant en compte la compatibilité avec les outils industriels existants ayant représenté des investissements colossaux,
- les vitrages, dont le budget masse dans les véhicules actuels est très important (plusieurs dizaines de kg) et qui doivent contribuer en proportion à l'allègement,
- les équipements et l'intérieur du véhicule, avec comme exemple les sièges,
- les groupes motopropulseurs conventionnels qui, pendant les décennies à venir, continueront à jouer un rôle important avec une part de marché conséquente - principalement la réduction de masse des parties tournantes et la réduction des pertes mécaniques par frottement - leur downsizing tel que proposé dans les travaux du GTEC 4 « Motorisation propre » sera un contributeur notable.

Le type de matériaux considérés concerne donc, sans avoir un caractère exhaustif :

- les alliages de magnésium,
- les aciers et alliages d'aluminium,
- les matériaux organiques renforcés ou non de fibres de diverses origines (carbone, verre, naturelles), en particulier les composites pour lesquels des projets de recherche communs automobile/aéronautique pourraient être proposés,
- les caoutchoucs/élastomères et leurs alternatives thermoplastiques,
- les nanomatériaux,
- la combinaison de plusieurs de ces matériaux.

Les travaux devront également porter sur les procédés d'assemblage correspondants (collage, soudure...), de mise en forme, de protection et de décoration.

Enfin, dans la mesure où l'allègement risque de poser des problèmes acoustiques, il sera nécessaire d'inventer de nouveaux types de matériaux à propriétés d'amortissement des vibrations et à isolation phonique améliorées, mais à masse réduite.

1.1.2 L'aérodynamique

Elle est la deuxième grande caractéristique transversale, après la masse, influant sur les émissions de CO2 des véhicules.

Les facteurs à prendre en compte dans les travaux futurs sont les suivants :

- Surface frontale → des évolutions dans ce domaine semblent peu probables, sauf quelques véhicules « niche » très bas ou monoplaces - l'espace offert en latéral contribue de façon décisive au confort des passagers et la part croissante des véhicules

« hauts » (monospace, SUV, crossover) rend de plus en plus inconfortable une position de conduite enfoncée dans la circulation.

- Coefficient de forme → les choix sur cet item (la théorie est bien connue) sont des équilibres de prestation qui laissent peu de liberté de manœuvre.
- Traitements locaux → c'est sans doute ce volet là qui offre le plus de pistes pour les travaux futurs - traitement des dessous de caisse, des passages de roue, des appendices tels que les rétroviseurs.

1.1.3 Les équipements

La consommation d'énergie (électrique en général) liée aux équipements embarqués dans le véhicule va devenir un des facteurs clé de leur prestation, que ce soit pour les véhicules thermiques ou hybrides pour lesquels elle contribue aux émissions de CO₂, ou pour les véhicules électriques pour lesquels elle influe directement sur l'autonomie.

Les principaux équipements méritant ce type de développement sont :

- le chauffage,
- la climatisation,
- le dégivrage/désembuage,
- l'essuyage,
- les sièges chauffants,
- les assistances de direction.

1.1.4 L'énergie

1.1.4.1 Les carburants alternatifs

Le principal but des recherches sur les carburants alternatifs est de réduire la dépendance aux carburants fossiles par l'utilisation de sources d'énergie primaire qui soient renouvelables, sûres, suffisamment abondantes et beaucoup plus compatibles avec l'environnement.

Dans le court terme, cela consiste pour les constructeurs à proposer plus de véhicules qui utilisent des carburants à taux de carbone fossile plus faible.

Dans le plus long terme, de nouveaux types de carburants dérivés des sources d'énergie primaire renouvelable devront être mis au point en parallèle avec le développement des groupes motopropulseurs compatibles et des solutions matériaux adaptées (perméabilité carburant, corrosion, etc.) Ces carburants, dits alternatifs (au pétrole), enveloppent la large gamme des carburants liquides ou gazeux et l'hydrogène.

Des données fiables et mises à jour de façon continue, sont requises pour construire les scénarios d'introduction de ces produits en cohérence avec les évolutions de la technologie des véhicules, ainsi qu'une stabilité des politiques publiques en termes de normalisation, de distribution, d'incitations et de taxation.

Les standards de qualité et les spécifications doivent être définis précisément et notamment, il est utile de chiffrer la dégradation potentielle des performances des moteurs, ainsi que les effets sur la composition des gaz d'échappement et leur compatibilité avec les normes présentes et à venir.

Un effort de recherche important devra être consacré aux études de combustion et à la problématique d'optimisation du couple carburant-moteur.

Pour les futurs moteurs « à essence » le potentiel d'utilisation :

- des mélanges alcooliques,
- du gaz naturel et du bio-méthane,
- de l'hydrogène,
- des mélanges hydrogène, gaz naturel,

doit être investigué aussi bien en performance, qu'en compatibilité avec les matériaux.

Pour l'optimisation des futurs moteurs « diesel », le champ est vaste d'utilisation de carburants renouvelables comme les biodiesels, diméthyle éther (DME) et autres huiles végétales.

Enfin, les conséquences sur l'architecture des véhicules du fait de l'utilisation de carburants gazeux devra impulser les recherches sur de nouveaux types de réservoirs (polymorphes, résistant aux hautes pressions, etc.)

1.1.4.2 Les batteries et le management de l'énergie

L'introduction sur le marché de véhicules avec un GMP électrifié ou électrique dépend principalement du coût et de la performance de ces véhicules. Le composant le plus critique à cet égard est le système de stockage de l'énergie. Dans le court terme, les batteries seront de type lithium-ion.

Mais il faut prendre en compte le système de batterie dans son ensemble qui, en-dehors des cellules, comprend les composants nécessaires pour assurer leur interconnexion, le packaging et le management thermique et électrique de l'équipement. Tous ces composants ont une influence notable sur la durée de vie, le poids et le prix du système.

EUCAR, au nom des constructeurs automobiles européens, a récemment publié (juillet 2009) un document de recommandation sur les points clés de R&D dans le domaine de l'électrification des véhicules et des systèmes de transport urbain.

Il a ainsi déterminé les objectifs quantifiés que devra atteindre le système Li-ion :

- Performance : la densité d'énergie devra atteindre au moins 180Wh/kg en 2020 (par rapport à 100Wh/kg aujourd'hui).
- Durabilité : les objectifs de durée de vie calendaire et cyclée devront atteindre la durée de vie des véhicules, soit pour les batteries, un objectif de 15 ans calendaires et de 5500 cycles de charge/décharge en 2020.
- Coût : un coût inférieur à 140 euros par kWh doit être atteint à cette même date.

L'atteinte simultanée de ces 3 objectifs est une clé de la réussite des véhicules électriques.

Sans attendre, il est nécessaire d'engager des recherches à long terme sur ce que seront les technologies post Li-ion, à savoir la mise au point de couples électrochimiques permettant d'améliorer l'ensemble des propriétés de la solution actuelle.

VÉHICULE ÉLECTRIQUE : LA BATTERIE LITHIUM-ION
ELECTRIC VEHICLE: THE LITHIUM-ION BATTERY

PACK BATTERIE COMPLET
FULL BATTERY PACK

La batterie Lithium-ion est le réservoir d'énergie du véhicule électrique. Elle est composée d'unités élémentaires appelées modules, qu'on agence (nombre, géométrie) selon les besoins en capacité et les contraintes d'architecture.

The Lithium-ion battery is the electric vehicle's energy tank. It is composed of elementary units, called modules, stacked (number, and layout) according to capacity needs and architecture constraints.

MODULE

Un module contient 4 cellules. C'est dans les cellules qu'ont lieu les réactions électrochimiques réversibles qui permettent de produire du courant (batterie en décharge) ou stocker l'énergie (batterie en charge).

Each module contains 4 battery cells, in which take place reversible electrochemical reactions, allowing to produce electrical current (battery in discharge) or to store energy (battery in charge).

CELLULE - CELL

Phase d'utilisation : Les ions lithium migrent de l'anode vers la cathode. Cette réaction entraîne un déplacement d'électrons (courant électrique) dans le circuit extérieur. En phase de charge, la réaction inverse se produit.

Using: The lithium ions move from the anode to the cathode. This reaction causes a flow of electrons (electrical current) in the supply circuit. Charging: the opposite reaction happens.

Crédits : Dir. Communication Renault

Batterie pour véhicule électrique, produite à l'usine de Flins (France)

Par ailleurs, dans le véhicule tout électrique, l'énergie consommée par l'ensemble des accessoires de sécurité ou de confort est fournie par les batteries. Il est donc crucial pour conserver une autonomie correcte du véhicule d'avoir un management très fin de l'énergie et de la thermique, et en plus d'investiguer toutes les possibilités de récupération d'énergie (freinage par exemple).

1.1.5 L'infrastructure de charge et l'intégration au réseau

Un des domaines les plus critiques de R&D pour promouvoir l'usage de masse des véhicules électrifiés est la connexion de ces véhicules à l'infrastructure.

Deux recherches sont particulièrement prioritaires :

- Le développement de systèmes de charge rapide, avec une interface conviviale avec l'infrastructure.
- Un système dédié d'information pour la gestion de la charge, la localisation des stations, la facturation, etc.

On distingue communément :

- la charge normale (entre 1h et 4h) et la charge lente au-delà - elles se font essentiellement à la maison, au travail ou en parking public,
- la charge rapide en station service adaptée,
- l'échange de batteries en station.

Nous ne reviendrons pas sur l'existence de groupes de travail spécifiques, à l'échelon français ou européen sur la standardisation et la normalisation prenant en compte tous les composants du réseau : batteries et auxiliaires, prises sur le véhicule, câblerie, bornes et stations.

Par contre, la R&D a un rôle crucial à jouer tout en étant cohérente avec les business-models et les mesures réglementaires.

Même pour le cas le plus simple d'une charge lente à la maison, un contrôle unidirectionnel de la charge est nécessaire et, pour tirer avantage de tout le potentiel des véhicules électrifiés, une charge bidirectionnelle intelligente doit être mise au point. Ces recherches devront concerner les différents acteurs : constructeurs, fournisseurs, producteurs d'électricité, opérateurs de réseau et autorités publiques.

1.2 Contribution du véhicule à la réduction du CO2 dans son cycle de vie (hors usage)

Ce thème regroupe l'ensemble des sujets contribuant aux impacts environnementaux en dehors des émissions de CO2 de la phase d'usage par le client :

- Éco-conception en prenant en compte les problématiques substances (REACH, VHU) et recyclage (dépollution, démontage), et en utilisant un maximum de matériaux dits « verts ».
- Éco-fabrication limitant les consommations (énergies, eau, ressources naturelles) et les rejets en usine.
- Recyclage assurant la récupération des composants en fin de vie et leur réutilisation.

1.2.1 L'éco-conception

L'éco-conception vise à minimiser l'empreinte des matériaux, de leur extraction à leur mise en œuvre, jusqu'à leur recyclage et leur valorisation en fin de vie, dans un cadre économique performant. L'éco-conception doit également intégrer l'existence et l'amélioration des principaux process utilisés dans l'automobile : fonderie, usinage, emboutissage, injection, soudage, peinture et montage.

La remise en cause de ces process industriels très lourds supposerait une évolution de moyens de fabrication très énergivores (consommation au sens large, y compris eau, etc.) Il en va de même pour les process de récupération, recyclage et valorisation.

De ce fait, les principaux gains de conception sont liés :

- à l'usage de matériaux moins énergivores et moins polluants dans leur extraction et leur mise en œuvre (une pièce en fonte d'aluminium est plus tendre à usiner qu'une fonte ferreuse, mais peut nécessiter des traitements),
- à l'usage des matériaux « verts »,
- à l'usage de matériaux plus recyclables,
- à la simplification des définitions (par exemple caractère multi-usages de certains composants),
- à la simplification des assemblages (un clipsage peut éviter l'utilisation d'une visseuse).

On entend par matériaux verts des matériaux ayant une empreinte écologique réduite et se substituant à des matériaux issus de ressources non renouvelables, essentiellement pétrole et produits assimilés.

Il faut distinguer :

- les matériaux recyclés réutilisant des produits déjà élaborés,
- les matériaux biosourcés (fibres, végétaux, bioplastiques, etc.)

Pour ce qui concerne les matériaux biosourcés, une attention particulière sera apportée à l'origine des ressources utilisées, particulièrement vis-à-vis de la ressource alimentaire.



Copyright : CITROËN Communication

Fibres naturelles utilisées dans la tablette arrière, le tablier et le tapis de coffre de la Citroën C4

Une réflexion est à engager avec les pouvoirs publics et les diverses organisations professionnelles pour évaluer l'impact socio-économique qu'aurait une croissance forte de l'utilisation des ressources renouvelables par l'industrie automobile. La mise en œuvre de ces matériaux "verts" sur véhicule doit être recherchée autant que possible. Ce qui nécessite le soutien des actions de R&D dans ce domaine.

De plus même quand le surcoût est très limité, le frein principal à leur usage est le coût de validation des solutions tant en ce qui concerne leur mise en œuvre que le respect de la totalité des cahiers des charges du produit fini. Une incitation aiderait la filière à progresser, ainsi que la mise en place de moyens de validation communs qui offrirait un intérêt pour des fournisseurs (rang 2 en particulier) aux moyens limités.

Un travail sur les méthodes d'évaluation (§2.2.4) est nécessaire afin de normaliser le caractère « vert » de certains matériaux.

1.2.2. L'éco-fabrication

La volonté de pratiquer une éco-fabrication respectueuse de l'environnement est parfaitement synergique avec les objectifs :

- de certification ISO 14001 pour les processus communs des sites de fabrication,
- de réduction des coûts de fabrication pour les processus spécifiques de chaque opération,
- de limitation des rebuts de production (amélioration des rendements et valorisation des déchets).

Ce deuxième item se décline donc par métier et il sera proposé sa prise en compte dans les GTFM de la PFA.

1.2.3. Le recyclage (fin de vie)

L'item recyclage ayant été inclus dans le périmètre pris en compte par le GTEC 1 « Développement durable », le GTEC 3 suivra ces travaux et leurs conclusions.

Le cadre réglementaire impose la notion de limitation des déchets et devrait inciter à l'utilisation de matière première secondaire. La mise en œuvre des nouveaux matériaux doit absolument s'inscrire dans les objectifs de valorisation définis par la réglementation, et doit donc démontrer une capacité de recyclage ou de valorisation avérée.

Un cas particulier est à considérer, celui du recyclage des nouvelles batteries et en particulier Li-Ion.

1.2.4. L'évaluation environnementale et la méthodologie

Afin de garantir la qualité environnementale de choix de matériaux ou de technologies innovantes, il faut disposer d'un outil de mesure pertinent et reconnu par tous. Aujourd'hui **l'Analyse de Cycle de Vie (ACV)** est la méthode scientifique la plus appropriée car prenant en compte toutes les étapes du cycle de vie. De plus cette méthode est reconnue et normée (ISO 14040), elle permet de calculer les impacts environnementaux (réchauffement climatique, eutrophisation de l'eau, etc.) d'un produit à partir des entrants (matériaux, énergie) et des sortants (émissions de polluants, déchets, etc.) à chaque étape du cycle de vie du produit.

L'ACV souffre néanmoins d'un certain nombre de défauts :

- Le cadre méthodologique fourni par la norme ISO laisse la liberté dans le choix des hypothèses, ce qui rend difficile la comparaison entre différents produits ou même l'échange de résultats.
- Les évaluations se font sur des produits finis dont l'outil industriel est en place, mais l'évaluation des innovations est délicate.
- La quantité de données à collecter et à traiter ainsi que la complexité de la méthode mettent celle-ci hors de portée des PME.
- La lecture et la communication des résultats sont difficiles.

Afin de pallier ces défauts, il convient de développer un pôle de compétences sur l'ACV et l'éco-conception ¹ afin :

- d'avoir un référent en termes de méthodologie,
- de garantir la qualité des bases de données nécessaires aux ACV,
- de développer des méthodes d'évaluation environnementales simplifiées accessibles aux PME,
- de rendre visible et compréhensible des évaluations environnementales vis-à-vis du grand public et des institutions.

De plus, le monde universitaire doit être incité à réaliser des études de ce type et à mettre à disposition les données liées aux nouveaux matériaux et/ou aux nouveaux procédés.

¹ Action à coordonner avec les initiatives européennes sur le sujet - il est essentiel de développer une compétence en France afin d'avoir une représentation crédible et reconnue au niveau européen sur le sujet.

2 – Citoyenneté et sécurité routière

La sécurité routière ne peut s'appréhender qu'en adoptant un point de vue systémique et donc en considérant l'ensemble des acteurs interagissant : les usagers de la route (conducteurs, motocyclistes, piétons...), les véhicules, l'infrastructure et ses équipements de régulation de trafic, de modération de la vitesse et de retenue des véhicules, les réglementations, le système éducatif, la communication sur la sécurité routière, les instances de contrôle, les structures de ravitaillement et/ou de gestion et la psychologie humaine.

Les enjeux de la sécurité routière à l'horizon 2015-2020 doivent aboutir à la réduction du nombre et de la gravité des accidents et à la protection des autres utilisateurs de la route que les conducteurs et leurs passagers mais en prenant en compte les contraintes environnementales (réduction du CO₂, mobilité durable), économiques (limitation du coût des déplacements) et les évolutions créées par les progrès techniques (systèmes d'aide à la conduite, systèmes d'information en temps réel).

2.1 Le conducteur

Le conducteur aura accès à un nombre d'informations dépassant largement sa capacité de traitement. Le défi à relever consiste donc à lui présenter de façon contextuelle l'information pertinente pour lui permettre une anticipation des dangers, une meilleure perception de la route et des autres usagers. Ainsi les interfaces homme-véhicule devront être adaptées en fonction des situations environnementales, des besoins et des limitations de l'usager. Dans ce cadre, le développement de modèles de perception et de comportement de l'être humain doit faciliter la conceptualisation de systèmes d'aide à la conduite pour l'ensemble de la population des usagers. En particulier, ce seront des outils permettant de prendre en compte les modifications progressives des capacités cognitives et perceptives avec l'âge.

2.2 Le véhicule

Les performances de sécurité des véhicules doivent progresser grâce à la conjugaison des sécurités primaire, secondaire et tertiaire. En effet, les effets de l'allègement du véhicule (réduction de CO₂) peuvent être largement compensés par la réduction des énergies du choc grâce aux systèmes de sécurité primaire tandis que la sécurité tertiaire facilite l'intervention des secours.

De nombreux efforts ont été faits ces dernières années pour le développement des systèmes d'aide à la conduite. Une première génération de ces systèmes est actuellement commercialisée. A l'horizon 2015-2025 les principaux objectifs seront l'amélioration des performances et de la robustesse des systèmes existants, l'extension de leurs domaines de fonctionnement, par exemple aux milieux urbain ou périurbain ou ruraux, la mise en œuvre d'approches intégrées allant vers une automatisation partielle du véhicule dans certaines situations de conduite (automatisation basse vitesse par exemple), mais aussi une généralisation vers les véhicules bas de gamme.

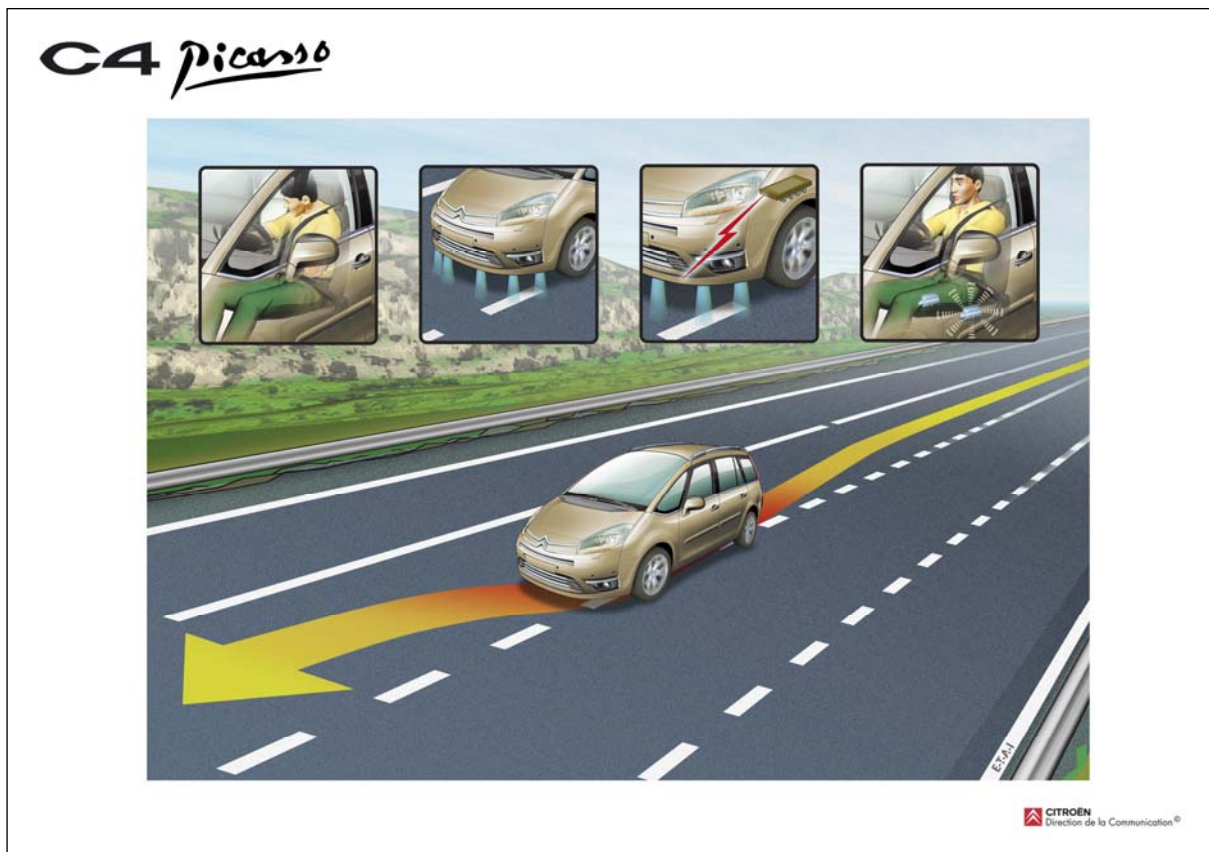
L'impact technologique devrait être important, avec de nouvelles générations de capteurs, plus sensibles et robustes, des moyens de calculs plus performants, une réduction sensible des coûts...

2.3 L'infrastructure

La route restera indispensable à la vie des territoires ruraux et urbains, en supportant des fonctions essentielles concernant les flux physiques de personnes et de marchandises (déplacements, transport, logistique, transport en commun de surface).

Technologiquement, la route est pensée comme un vecteur alternatif pour stocker, transporter ou produire de l'énergie. Aujourd'hui reposant largement sur la filière pétrolière (liants bitumineux), elle évoluera demain vers une éco-conception systématique (matériaux renouvelables, recyclage) limitant la production de gaz à effet de serre (GES).

Les interactions entre les véhicules et l'infrastructure deviennent actives avec les communications voiture-infrastructure. Cela impose de réfléchir différemment la signalisation dynamique et l'information trafic. L'efficacité de ces nouveaux systèmes de gestion de trafic par communication V2I sera directement dépendante du taux d'installation de ces équipements dans les véhicules.



Alerte de franchissement involontaire de ligne du Grand C4 Picasso

3 – Attractivité renouvelée du produit automobile

3.1 Acoustique et vibrations

L'amélioration continue des prestations acoustiques et vibratoires au cours des dernières années a fait que le confort qui en a résulté est devenu pour le client un élément clé des prestations attendues d'un véhicule. Ce niveau devra raisonnablement être maintenu en dépit d'une évolution des véhicules qui va générer des problèmes acoustiques et vibratoires nouveaux.

En effet :

- l'allègement inéluctable des véhicules pour gagner des grammes de CO2,
- les évolutions prévisibles des moteurs thermiques (downsizing, réduction du nombre de cylindres, nouveaux types de combustion, etc.)
- l'introduction des véhicules électriques et électrifiés qui vont entraîner l'émergence de bruits
 - de traction électrique de haute fréquence,
 - de bruits provenant de la ventilation du moteur, de l'électronique de puissance et des batteries,
 - de bruits parasites aujourd'hui masqués par le moteur thermique et le problème spécifique du faible bruit extérieur à faible vitesse,
 - de bruits générés par des équipements auxiliaires en nombre toujours croissant,

vont nécessiter des traitements spécifiques et éventuellement novateurs.

Des programmes de R&D ambitieux et concertés entre constructeurs et équipementiers sont donc à lancer sans attendre dans les domaines suivants :

- Traitement de la signature acoustique des VE afin d'établir les nouvelles références de design sonore.
- Traitement approprié de l'allègement par l'utilisation de nouveaux matériaux, de nouveaux concepts d'architecture, et de nouveaux process d'assemblage.
- Simulation numérique et modélisation pour accélérer le développement et alléger les tickets d'entrée.
- Utilisation du contrôle et du masquage actifs en cas de besoin.



Copyright : PSA - Direction de la Communication

Opérateur préparant un essai de comportement acoustique et vibratoire de Peugeot 308 dans une chambre an..choïque au centre technique de V..lizi

3.2 Confort thermique et systèmes du futur

Les systèmes thermiques seront particulièrement impactés par l'évolution des réglementations et des priorités client qui façonneront le véhicule du futur.

D'abord par des réglementations spécifiques aux systèmes thermiques eux-mêmes :

- Réglementation (en cours d'élaboration) sur la prise en compte des émissions de CO2 générées par les auxiliaires et en premier lieu par le système de climatisation
- Réglementation existante sur la limitation des émissions directes des réfrigérants.



Renault Fluence Z.E. Concept

Ensuite, par l'effet induit des réglementations générales du véhicule comme la limite d'émission du véhicule en CO₂ qui, via la réduction de la cylindrée des moteurs à combustion interne et l'électrification plus ou moins poussée, demandera une adaptation profonde des systèmes thermiques.

Depuis de nombreuses années, les systèmes thermiques actuels se caractérisent par une relative stabilité aussi bien au niveau des performances à fournir que des types d'architectures. Les puissances thermiques (chaudes et froides) nécessaires au confort thermique et à la visibilité sont peu dépendantes du type de véhicule, de même pour celles nécessaires au refroidissement du moteur. L'énergie primaire utilisée pour le fonctionnement des systèmes thermiques est majoritairement d'origine mécanique et, surtout, l'énergie nécessaire au chauffage (y compris dégivrage/désembuage) est considérée comme « gratuite » car récupérée sur le refroidissement moteur. La boucle de refroidissement moteur et la boucle de climatisation sont relativement indépendantes et leurs interactions fonctionnelles sont limitées au strict nécessaire.

Les impacts et enjeux à venir vont nécessiter des évolutions fortes, voire des ruptures :

- Le périmètre de la fonction va s'étendre et participer à la gestion énergétique globale du véhicule.
- La consommation d'énergie (électrique en général) des auxiliaires va devenir un des facteurs clés de leur prestation, que ce soit pour les véhicules thermiques ou hybrides pour lesquels elle contribue aux émissions de CO₂ ou pour les véhicules électriques pour lesquels elle influe directement sur l'autonomie.
- La nécessaire optimisation des ressources énergétiques va favoriser la conversion d'énergie thermique perdue en énergie électrique ou mécanique (cycle de Rankine, effet Seebeck).
- L'amélioration continue du rendement des moteurs thermiques va réduire l'apport calorifique du circuit de refroidissement, d'où l'utilisation de systèmes additionnels ou une gestion différente du confort thermique.
- L'accompagnement de l'électrification va élargir le périmètre de la fonction thermique :
 - maintien des fonctions climatisation et chauffage y compris à l'arrêt du moteur thermique, ainsi qu'apparition de fonctions préalables à l'utilisation du véhicule comme le pré conditionnement (hiver/été),
 - extension de la fonction « gestion thermique » à de nouveaux auxiliaires comme le pack batterie, le refroidissement de diverses électroniques de puissance, de moteur électrique, de convertisseur DC/DC, etc. - par conséquent les puissances thermiques (chaudes et froides) à évacuer auront tendance à augmenter.
- L'énergie nécessaire au chauffage de la cabine et au dégivrage/désembuage ne sera plus « gratuite » ceci d'autant plus que l'électrification du véhicule sera importante. Il faudra donc produire cette quantité d'énergie en puisant dans la source d'énergie primaire ce qui aura un impact sur les émissions CO₂ du véhicule et un impact direct fort sur l'autonomie du véhicule purement électrique. De nouveaux concepts de chauffage additionnel comme par exemple les solutions de chauffage thermodynamique (type pompe à chaleur) seront donc à étudier.
- Enfin, les combinaisons et synergies potentielles des systèmes thermiques aujourd'hui traitées indépendamment devront être étudiées et développées en amont dans une logique fonctionnelle de la gestion optimisée des énergies thermiques chaudes et froides nécessaires au bon fonctionnement de l'ensemble du véhicule.

3.3 Interface homme-machine (IHM) des véhicules du futur

De nouvelles valeurs sociétales imposent une redéfinition complète de la mobilité automobile :

- La population vieillissante, mais toujours plus mobile, amène de nouveaux profils de conducteurs dans les pays occidentaux.
- Dans les pays émergents, une population entièrement nouvelle aspire et accède à la mobilité.
- L'hyper concentration urbaine et la généralisation des problèmes de circulation changent le contexte et les enjeux de la conduite. Cette concentration pose la question de l'intermodalité.
- Les valeurs de référence ont changé : cylindrée et puissance ne sont plus les maîtres mots, supplantés par écologie et responsabilité citoyenne.
- La mobilité physique rentre en concurrence avec la mobilité virtuelle.

A ces évolutions sociétales profondes s'ajoutent de nouveaux usages :

- Les nouvelles technologies de l'information et de la communication permettent aux usagers de rester connectés en permanence.
- L'augmentation du coût de l'énergie, la prise de conscience écologique, le besoin croissant en termes de sécurité routière et de respect des règles du code de la route tout en garantissant la mobilité des usagers sont en train de redéfinir complètement le modèle d'utilisation des véhicules routiers.

Mais aussi des évolutions technologiques radicales :

- L'ère du tout numérique et des technologies de l'information et de la communication permet d'envisager sereinement le développement rapide de tous les services contribuant à cette conduite apaisée.
- Des interfaces homme-machine intuitives, passant par des écrans couleur tactiles, avec retour haptique (toucher)
- Des technologies de communication sans fil pour autoriser les débits nécessaires aux nouveaux services et usages pour la téléphonie mains-libres et le streaming de la musique.
- Des technologies de recharge sans contact des smartphones et autres équipements nomades.
- L'automatisation du véhicule par des systèmes d'assistance de plus en plus sophistiqués prenant une part active dans la conduite en favorisant les économies d'énergie, un meilleur respect des règles du code de la route, la mobilité et la sécurité des passagers, tout en partageant la responsabilité avec le conducteur et en soulageant sa charge mentale.
- De nouvelles générations de capteurs « intelligents » compatibles avec les contraintes automobiles : caméra, radar, lidar (télé-détection par laser), systèmes de navigation permettant de mettre en œuvre des fonctions d'aide à la conduite de plus en plus sophistiquées. Cette option de capteurs intelligents rentre en compétition avec la fusion de données obtenues à partir de capteurs simples pour obtenir des informations pertinentes.

L'évolution des IHM dans la prochaine décennie peut être décrite autour de 3 axes principaux :

- L'ubiquité → La conception des interfaces utilisateurs doit être envisagée comme la convergence de contenus au travers de multiples produits et domaines.
- La transparence → Les nouvelles interfaces interviennent de manière transparente permettant l'interaction sans interrompre les flux de pensée et d'action de l'utilisateur. Pour cela, elles font appel à des principes interactifs et familiers à la fois, reproduisant une expérience la plus naturelle possible. Le conducteur devra être aidé (assisté) dans sa tâche de conduite par la mise à disposition d'informations et des conseils profilés de façon intuitive, et non intrusive.
- L'incarnation → L'expérience interactive doit viser à la création d'une relation empathique entre le système et son utilisateur de sorte à encourager et renouveler l'interaction à chaque fois. Le conducteur pourra configurer les systèmes d'assistance selon sa compréhension et ses capacités.



De telles évolutions doivent être soutenues par des innovations technologiques importantes dans différents domaines :

- Les interfaces matérielles (écrans, manettes, claviers, interfaces haptiques, caméras, microphones, etc.)
- La conception des interfaces (ergonomie, psychologie cognitive, adaptation au contexte à partir d'hypothèses, etc.)
- L'électronique et l'informatique de gestion des interfaces.

Conclusion

Cette synthèse est complétée par :

- Les rapports détaillés des différents groupes thématiques (disponibles sur www.pfa-auto.fr) :
 - Thème 1 : Acoustique et vibrations
 - Thème 2 : Interface homme-machine
 - Thème 3 : Sécurité
 - Thème 4 : Systèmes thermiques
 - Thème 5 : Systèmes de stockage de l'énergieLa contribution du thème 6 : Matériaux et trace écologique du véhicule, est intégrée dans sa totalité dans le texte ci-dessus et ne fait pas l'objet d'un rapport séparé. Certains de ces rapports comportent des annexes.
- Un document Powerpoint propose la présente synthèse au travers de ses recommandations validées.

Ces recommandations s'adressent, entre autres :

- aux différents acteurs de la filière pour orienter leurs programmes de développement,
- aux agences des pouvoirs publics pour orienter les appels à projet de Recherche et Innovation ou les thèmes à retenir dans le cadre du Grand Emprunt.

L'ensemble des pistes et recommandations issues des travaux du GTEC 3 et l'enthousiasme de tous les groupes de travail pour poursuivre ces thèmes en commun sont à la fois des exemples et des gages de pérennité de l'automobile de demain dans notre pays.

Des structures ont été proposées pour poursuivre les thèmes retenus qui devraient donc rester vivants dans les années qui viennent. Il sera souhaitable de maintenir une activité de synthèse entre les 6 sous-groupes et sans doute de la fédérer avec les actions issues du GTEC 4 « Motorisation propre ».

En tant que co-animateurs du groupe, nous tenons à remercier les nombreux acteurs qui ont contribué à nos travaux (liste jointe), en particulier les pilotes des thèmes, et l'équipe de la PFA pour nous avoir donné l'occasion de réaliser une expérience collaborative particulièrement enrichissante tout au long de cette année de travaux.

Annexe 1 : Participants au GTEC 3

<u>Igor DEMAY</u>	PSA/SIA	Gérard LALLOUETTE	SIA
<u>Jean-Pierre MIRAILLE</u>	Renault/SIA	Michel LIFERMANN	Valeo
Daniel AUGELLO	SIA	Jean-Luc MATE	Continental
Jacques BEDAUX	PFA	Francis MOLINA	Agrati
Williams BILLIOTTE	Autoliv	M. NIETHAMMER	Delphi
Jean-Benoît CALANDREAU	SIA	Daniel PFRIMMER	SIA
Jean-Marc CREPEL	Renault	Paul TERRIEN	MTA
Guillaume DEVAUCHELLE	Valeo	Charles ZHANG	Renault
Pascal GARNIER	SIA		

Thème 1 : Acoustique et vibrations

<u>Jean GRATADOUR</u>	PSA	Arnaud DUVAL	Faurecia
<u>Charles ZHANG</u>	Renault	Saïd NAJI	Valeo
Guillaume BAUDET	Renault	Jean-François SALEM	PSA
Jean-Pierre BRETAUDEAU	Hutchinson	Katrien WYCKAERT	LMS

Thème 2 : Interface homme-machine

<u>Guillaume DEVAUCHELLE</u>	Valeo
Serge BOVERIE	Continental Automotive

Thème 3 : Sécurité

<u>Anne GUILLAUME</u>	LAB	Philippe GOUGEON	Valeo
Pierre ANELLI	Aximum	Jochen LANGHEIM	ST Microelectronics
Serge BOVERIE	Continental	Gérard YAHIAOUI	Nexyad

Thème 4 : Systèmes thermiques

<u>Christophe PETITJEAN</u>	Valeo Thermique	Joël LEGOUGUEC	PSA Peugeot Citroën
Chrystel ARNAUD	Delphi	David MARTIN	Visteon
Édouard BARRIEU	Faurecia	Sophie MILHE	St-Gobain
P. CHARCOSSET	Delphi	J-P. LEMOIGNE	Hutchinson
Elsa FRANCHINI	Hutchinson	Gérard OLIVIER	Renault
Lucien HEHN	Behr	Claudiu VASILESCU	Faurecia

Thème 5 : Systèmes de stockage de l'énergie

<u>Jérôme PERRIN</u>	Renault	Matthieu CARRET	SERMA Technologies
Bernard SAHUT	PSA Peugeot-Citroën	Didier MARGINEDES	Batscap
François BADIN	IFP	Eric PLANCHAIS	Batscap

Thème 6 : Matériaux et trace écologique du véhicule

<u>Louis DAVID</u>	PSA Peugeot-Citroën	J.P. MOULIN	Plastic Omnium
Stéphane GILLET	Renault	Frédéric MORET	Valeo
F. ABRAHAM	Renault	P. TONNELIER	PSA Peugeot-Citroën

Souigné : pilote du thème

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

ACV	Analyse du cycle de vie
EUCAR	European Council for Automotive R & D
GES	Gaz à effet de serre
GMP	Groupe Motopropulseur
GTEC	Groupe de Travail Enjeux Communs
GTFM	Groupe de Travail Filière Métier
IHM	Interface Homme-Machine
ISO	International Standardization Organization
PCRD	Programme Cadre de Recherche et Développement
PFA	Plateforme de la Filière Automobile
REACH	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals
VE	Véhicule Electrique
VHU	Véhicule Hors d'Usage



Plateforme de la Filière Automobile
96 avenue du Général Leclerc
92514 Boulogne-Billancourt Cedex
Tél. : +33 1 41 31 68 68 - Fax +33 1 41 31 68 60
www.pfa-auto.fr - contact@pfa-auto.fr