

Chimie et automobile

Gilbert Schorsch

Une initiative à poursuivre

Pour leur manifestation annuelle, les responsables de l'Unafic (Union nationale des associations françaises d'ingénieurs chimistes) avaient retenu d'associer la chimie et l'automobile. De nos jours, ces deux industries sont, à l'image de Janus, à double face : autant contestées par leurs effets négatifs – sur l'environnement ou la sécurité des usagers – que remerciées pour leurs contributions effectives à la santé de nos économies, au confort et à la liberté de nos concitoyens.

Fort opportunément, les organisateurs du débat avaient fait appel à Jean-Martin Folz, président de PSA Peugeot-Citroën jusqu'en 2007. Son parcours professionnel le prédestinait à introduire cette confrontation (voir *encadré*). De plus, son récent départ à la retraite lui assurait une liberté de parole, très rafraîchissante.

Jean-Martin Folz : un dirigeant de terrain



Polytechnicien, ingénieur au Corps des Mines, J.-M. Folz débute sa carrière à la direction régionale de l'industrie de Haute-Normandie, puis dans plusieurs cabinets ministériels. Il rejoint Rhône-Poulenc, comme directeur de l'usine de Saint-Fons-Polymères, puis il est appelé au siège du groupe, en charge des Spécialités chimiques – latex, silicones et terres rares entre autres, pour citer la gamme de produits les plus représentatifs.

Après la nationalisation de Rhône-Poulenc et le départ de Jean Gandois, il quitte le groupe et devient successivement président-directeur général de Jeumont-Schneider, directeur général de Péchiney, puis directeur général de Eridania-Béghin-Say. En 1995, il rejoint le groupe PSA Peugeot-Citroën dont il devient président en 1997.

Attirés par « l'affiche », environ 150 membres de l'association étaient venus pour écouter le conférencier. Fort judicieusement, celui-ci avait retenu de scruter l'automobile à l'aune du développement durable, à l'utilisation du véhicule en particulier. Cet angle d'attaque lui a permis de rappeler les principales contributions de la chimie au développement de l'automobile, d'indiquer aussi aux chimistes les défis posés à l'industrie automobile, confrontée à la raréfaction des carburants fossiles.

Le débat qui s'en suivit a été animé. Les chimistes, en conducteurs avertis, étaient curieux de scruter ensemble l'évolution future de leur véhicule. La diversité des parcours des participants – universitaires ou industriels, en activité ou à la retraite – a contribué à l'intérêt de la soirée.

L'automobile : « un convertisseur d'énergie sur pneus » ... plus ou moins polluant

L'exposé introductif, très technique et bien documenté, a contribué à un échange très varié avec la salle. Tentons de résumer la soirée autour des idées essentielles.

En présentant l'automobile comme un convertisseur d'énergie, une petite usine mobile, J.-M. Folz a d'emblée signifié qu'il tenait à situer son exposé sur un plan strictement technique. À l'origine, moteur thermique et moteur électrique étaient en concurrence. C'est grâce à ses avantages techniques, qui perdurent, que le moteur à explosion s'est imposé rapidement. Non sans poser, à présent, des problèmes planétaires liés au CO₂, gaz à effet de serre responsable du réchauffement climatique.

En France, le secteur des transports est responsable de 34 % des rejets de CO₂, les seuls véhicules particuliers de 52 % de ces émissions, soit 94 millions de tonnes par an ! Sans compter les autres polluants : imbrûlés, NO_x, particules, entre autres. Dans chacun de ces deux domaines, la chimie participe à la dépollution.

Les apports reconnus de la chimie à l'industrie automobile

Matières plastiques : une solution toujours d'actualité pour économiser du carburant

Depuis une trentaine d'années, les matières plastiques ont participé activement à l'allègement des véhicules : 75 kg de polypropylène sont transformés en pièces pour équiper une 307 ! Compte tenu du nombre de voitures vendues et de la diversité des pièces (voir *encadré* p. 32), Peugeot achète annuellement 600 000 tonnes de pièces en matières plastiques.

Cette course à la réduction de poids est continue.

Elle se poursuivra car il reste de la marge : pondéralement, la quantité de métaux dans une voiture reste trois fois et demie plus importante que celle des matières plastiques !

Les pièces de structure, la tôle de la caisse, le bloc-moteur sont et resteront métalliques ! Les matières plastiques souffrent cependant d'un handicap certain à cause de la difficulté de leur tri et de leur recyclage, quel que soit le procédé, démontage ou broyage.



L'automobile en quelques chiffres

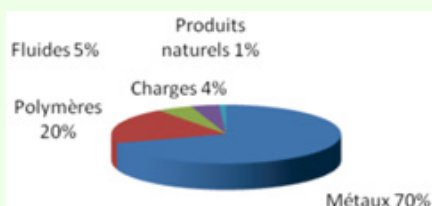
Véhicules (particuliers, voitures légères).

Données économiques

Marché mondial Actuel 2030	Ventes annuelles 70 millions 100 millions
Parc mondial Actuel 2030	700 millions 1 500 millions
Renouvellement en Europe Âge moyen des véhicules Durée de vie	7 ans 13 ans

Données techniques

Répartitions en poids des matériaux utilisés en France pour la construction d'un véhicule de gamme moyenne (308, C4, Mégane...) :



MÉTAUX dont acier autres	60 % 10 % (Al, Cu, Pb...)
POLYMÈRES dont thermoplastiques : - pour matériaux de structure - pour réservoirs dont élastomères : - pour courroies, joints, durites... - pour colles, adhésifs, mastics, peintures...	exemples : PP tableaux de bord, calandres... PU mousses de structure et de confort PMMA/PC vitrage PE réservoirs à essence PA eau de refroidissement polybutènes, silicones... latex, silicones...
FLUIDES - pour liquide de freins - pour eau de refroidissement moteur et pour climatisation	polyéthylèneglycols glycols...
CHARGES dont charges de renforcement pour élastomères - pour optimiser le compromis résistance au roulement/sécurité du pneu dont charges de dilution pour thermoplastiques - pour optimiser le compromis module/résistance au choc	noir de carbone, silice talc, CO ₃ Ca...
PRODUITS NATURELS	cuir, textiles pour sièges

Moteurs thermiques : optimisation de la combustion et de la dépollution des gaz d'échappement

L'oxydation des hydrocarbures dans la chambre de combustion d'un moteur thermique traditionnel est « par essence » une réaction chimique. Elle dépend de la nature du combustible et des conditions de cette combustion. Elle contribue au rendement du moteur thermique, et vise à

minimiser les imbrûlés. Cette « chimie dans la flamme » reste du domaine privilégié – et quelque peu secret – des motoristes.

Les chimistes ont été associés davantage aux améliorations des technologies de dépollution, au développement des pots catalytiques en particulier. Parmi les réalisations les plus pointues dues aux chimistes, J.-M. Folz a rappelé les voies de réduction – au double sens du mot – des NO_x.

Les équipes de PSA ont été les premières au monde à mettre sur le marché des voitures équipées d'un filtre à particules alors que leur PDG avait suivi le développement, lorsqu'il était responsable chez Rhône-Poulenc des terres rares, du projet « Diesel propre » : l'addition de CeO₂ au gazole permet d'abaisser la température d'auto-inflammation des particules du filtre, et de régénérer ainsi ce dernier.

Quelles réponses « chimiques » aux problèmes techniques du futur ?

Moteur thermique du futur : quel combustible ?

L'augmentation du coût des carburants et la raréfaction à terme du pétrole ont posé depuis quelques années le problème de l'évolution de la nature du combustible. Les biocarburants produits à partir d'agroressources renouvelables – éthanol produit à partir de céréales, de betteraves ou de canne à sucre et esters d'huiles végétales – furent les premières solutions proposées, avec souvent des subventions publiques. Compte tenu de la concurrence inopportune de ces productions avec des cultures vivrières, l'avenir paraît être aux biocarburants de 2^e génération produits à partir de biomasse spécifique.

De toute façon, il ne paraît pas envisageable que les biocarburants remplacent intégralement les hydrocarbures d'origine fossile. Au demeurant, la substitution intégrale des carburants pétroliers impliquerait au moins dans le cas essence/éthanol une adaptation complète des moteurs. Le mélange des biocarburants avec des hydrocarbures, dans une proportion à optimiser, dessine la solution d'avenir la plus probable.

Pour l'avenir, certes encore lointain, l'hydrogène et les piles à combustible constituent en apparence la solution idéale pour éliminer totalement les rejets de CO₂, pour autant que l'on sache produire l'hydrogène sans émettre de gaz carbonique !!! Malgré le nombre et la qualité des consortiums qui travaillent sur les « piles à combustible » du futur, les problèmes de sécurité liés au stockage et à la manipulation de l'hydrogène constituent un obstacle très important à leur développement dans l'automobile.

Moteurs électriques : chargement des batteries ou échange au garage ?

Malgré un bien meilleur rendement, le moteur électrique, longtemps en concurrence avec le moteur à explosion à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, a progressivement disparu, pour faire une timide réapparition à la fin des années 90. PSA Peugeot-Citroën est au demeurant le constructeur automobile qui a construit et vendu le plus grand nombre de voitures électriques au cours des quinze dernières années. Passons sur un problème certes de confort mais néanmoins important – comment chauffer l'habitacle lorsque l'on ne dispose pas de la chaleur des gaz d'échappement sans



La Prius de Toyota avec gros plan sur son moteur hybride, précurseur de la nouvelle génération de véhicules automobiles.

prélever une part sensible de l'énergie des batteries ? – pour évoquer les deux problèmes majeurs de la voiture électrique :

- D'abord celui du stockage de l'énergie électrochimique et de l'autonomie du véhicule qui en résulte. Il est bien connu du grand public. Certes la capacité de stockage des batteries a fait des progrès – de 30 à 150-200 Wh/kg entre la batterie au plomb et la batterie Li-polymère actuelle, en passant par les batteries Ni/Cd et Ni/MeH à 50-65 Wh/kg. Mais comparé aux 12 000 Wh/kg de l'essence, le rapport est de 60 au mieux ! En tenant compte du rendement du moteur (90 % pour un moteur électrique contre 30 % environ pour le thermique), ce rapport tombe à 20, à l'avantage du moteur thermique. Il reste donc du pain sur la planche – ou plutôt sur la paillasse – des électrochimistes.

- À cette faiblesse de stockage de la batterie se rajoute une autre, pas toujours signalée dans la presse non spécialisée : le débit de remplissage. Le conférencier l'a résumée par la question suivante : « *L'automobiliste qui peut aller de Paris à Dijon en 3 heures de route sans se presser acceptera-t-il de rester pendant 6 heures à Auxerre pour charger sa batterie ?* » En effet, le débit de remplissage minimal d'une pompe à essence est de 10 L/min, c'est-à-dire une puissance de 6 MW. La puissance de charge actuelle d'une batterie dans une station professionnelle se situe à 50 kW. Le rapport des débits de remplissage est donc de 120, ou de 40 en tenant compte des rendements des moteurs ; il faut donc 40 fois plus de temps dans le meilleur des cas pour faire le « plein » d'un véhicule électrique.

En conséquence, compte tenu des limitations des batteries actuelles – autonomie de 150-200 km et une durée de charge de 6 h –, la seule solution acceptable serait non pas un chargement des batteries mais un échange de

celles-ci à la station, ce qui suppose la mise en place des infrastructures nécessaires. À moins que les chimistes ne trouvent rapidement des solutions aux limitations de capacité et de débit de charge des batteries actuelles ?

Rappelons aussi que l'avantage du moteur électrique en matière de pollution ne s'exprime pleinement que si l'énergie électrique nécessaire ne fait pas appel à une combustion de matières fossiles !

La solution de demain : le véhicule hybride rechargeable

Les données techniques présentées et discutées lors de la soirée justifient la solution la mieux adaptée à la situation technique actuelle : le véhicule hybride rechargeable. Cette technologie, combinant les avantages d'un véhicule électrique à batterie avec ceux d'un véhicule hybride de première génération, constituera un véritable progrès environnemental par rapport aux hybrides actuels comme la Prius de Toyota.

Pour conclure, espérons que les difficultés actuelles de l'industrie automobile ne freineront pas trop ces développements futurs.



Gilbert Schorsch

est chargé de la rubrique « Industrie » de *L'Actualité Chimique**.

* 250 rue Saint-Jacques, 75005 Paris.
Courriel : cgschorsch@aol.com



Prix La Recherche 2009

Appel à candidatures

Pour la 6^e année, le concours international francophone de l'excellence scientifique est lancé. Depuis 2004, ce prix, ouvert à toutes les disciplines scientifiques, est destiné à valoriser la recherche fondamentale ou appliquée et encourage la pluridisciplinarité et la francophonie. Chaque lauréat ou équipe lauréate recevra 10 000 € et verra ses travaux communiqués au grand public par le biais d'une publication au sein du magazine *La Recherche*.
Date limite de dépôt des dossiers : **31 mai 2009**.

• www.leprixlarecherche.com