

Comment la chimie contribue-t-elle à la performance des véhicules électriques de demain ?

D'après la conférence de Laurent Vaucenat

Diplômé conjointement de l'Université de Bordeaux et de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), Laurent Vaucenat a étudié les polymères et composites. Il a rejoint les sociétés Axo Scintex, Aries Industries, puis BASF au sein de la Division Engineering Plastics. Après avoir dirigé la branche européenne (Automotive Plastic Coatings Akzo Nobel), Laurent Vaucenat est actuellement Directeur Monde Grands Comptes Renault-Nissan/PSA au sein de BASF¹ et directeur de l'activité Peintures Constructeurs du site de Clermont de l'Oise.

1 Contributions de la chimie dans les véhicules d'aujourd'hui

La chimie a déjà contribué très largement à la conception des véhicules conventionnels et prend une part de plus en

plus importante dans les innovations liées aux véhicules d'aujourd'hui et de demain. Elle est déjà présente dans de nombreuses parties des véhicules actuels : un grand nombre de composants touche des domaines techniques

1. www.basf.fr

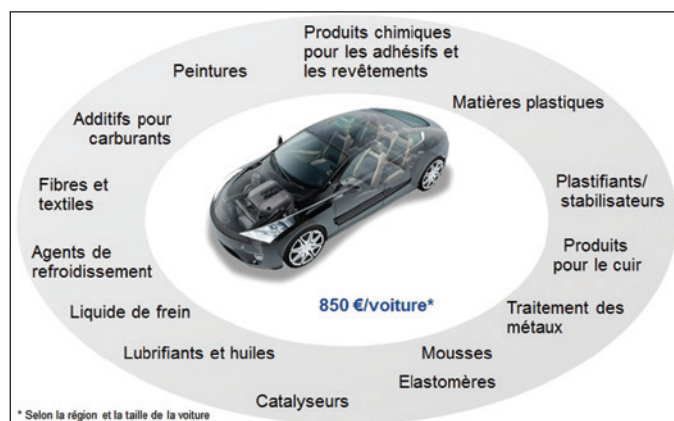


Figure 1

Les utilisations de la chimie dans une voiture standard sont très diverses.

Source : BASF

très variés (les matières plastiques, la peinture, les catalyseurs, les mousses et les additifs), comme illustré dans plusieurs chapitres de ce livre (**Figure 1**). Sa part reste encore raisonnable si l'on regarde le volume total des matériaux utilisés : elle compte aujourd'hui pour 850 € en moyenne par véhicule (selon la région et la taille du véhicule), mais sa part ne cesse d'augmenter.

Cette situation pourrait bien changer devant les défis que traverse aujourd'hui la mise

au point des véhicules électriques. Proches des performances idéales en ce qui concerne l'émission de gaz à effet de serre, ils souffrent de n'avoir qu'une autonomie relativement faible. La chimie – science et industrie – est sollicitée pour inventer et développer des solutions qui répondent à ces difficultés. Une ambitieuse collaboration entre l'entreprise automobile Daimler et le groupe de chimie BASF illustrant cette forte tendance est présentée dans ce chapitre.

2 Le concept-car : la smart forvision

La faible autonomie d'un véhicule électrique est un obstacle majeur à son développement et à sa substitution aux véhicules à essence ou à diesel qui pourtant présenterait de gros avantages en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Des efforts de recherche importants sont ainsi consacrés à l'améliorer.

BASF ET DAIMLER, UNE RENCONTRE FRUCTUEUSE POUR L'AUTOMOBILE DE DEMAIN

BASF est le leader mondial de l'industrie chimique employant 111 000 personnes dans ses différentes divisions. BASF consacre à la recherche 1,8 milliards d'euros par an et représente une force d'environ 10 500 chercheurs.

Le projet mené avec Daimler cherche à lever les obstacles qui ralentissent le développement de la voiture électrique. Il a axé les développements et les innovations sur trois grands secteurs : les nouvelles sources d'énergie, la réduction du poids des véhicules et la gestion de la chaleur. Ce dernier aspect (chauffage et climatisation) représente en effet une part trop souvent méconnue de la consommation d'énergie d'un véhicule électrique.

LE CONCEPT-CAR

Les entreprises Daimler* et BASF ont réalisé ensemble un « concept-car » (**Figure 2**), c'est-à-dire un véhicule construit comme un modèle de recherche : il est le concentré de nouvelles solutions techniques imaginées par les laboratoires. La démarche, classique dans les programmes de développement, ne se concentre pas sur les aspects économiques mais sur la technique, la faisabilité et les performances. La démarche nourrit ainsi l'imagination et stimule des recherches approfondies sur des domaines divers et variés.

En pratique, c'est aussi un exceptionnel outil de communication destiné à susciter l'intérêt d'un large public, représenté notamment par des industriels et des clients potentiels.

Habituellement, il est assez rare d'associer un constructeur automobile et un industriel de la chimie dans un projet de cette ampleur. C'est pourquoi, la communication s'est voulue très intense. Le concept-car a été présenté pour la première fois en 2011 au salon de Francfort en Allemagne. Près de 4 000 journalistes ont souhaité assister à la conférence de presse, une grande première pour ce type d'événement.



Figure 2

Le concept-car smart forvision conçu par Daimler et BASF.

Source : Daimler

*www.daimler.com

3 Les trois grands piliers du concept-car pour améliorer la performance des véhicules électriques

3.1. Allégement du véhicule

3.1.1 L'utilisation des matières plastiques se multiplie dans l'automobile

Remplacer les pièces métalliques par des matériaux plastiques est devenu un enjeu majeur afin de réduire le poids

total des véhicules et d'augmenter leur performance.

La **Figure 3** illustre la gamme des matériaux utilisés pour la fabrication d'une voiture. Les matières plastiques représentent environ 15 % du poids d'un véhicule. Dans quelques années, cette part aura augmentée de manière significative puisque réduire le poids d'un véhicule de 100 kg permet notamment de diminuer la consommation en carburant de 0,4 litre pour 100 kilomètres.

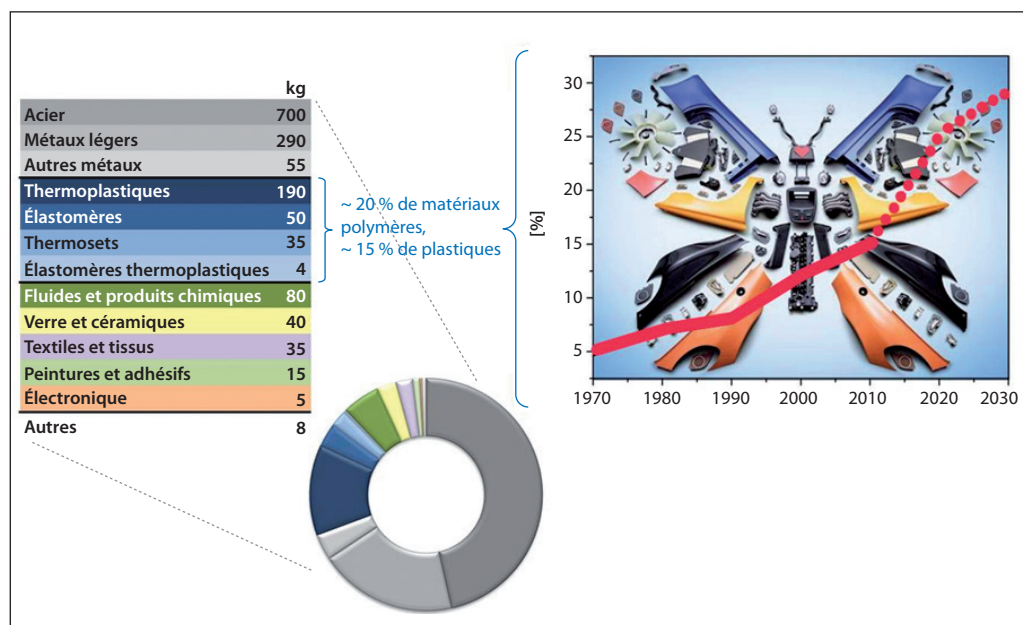


Figure 3

Part des différents constituants dans le poids d'un véhicule d'environ deux tonnes. La part des plastiques va augmenter en vue de gagner du poids.

Source : BASF

Les matériaux plastiques conçus par BASF répondent à ces besoins. En effet, utilisés dans le châssis, pour l'intérieur et certaines pièces du moteur, ils ont un poids réduit de moitié par rapport à leurs pièces métalliques équivalentes.

Pour un véhicule de près de deux tonnes, considéré sur le diagramme, environ 900 kilos – quasiment la moitié – sont constitués par l'acier ou les métaux ferreux. Néanmoins, la part des matières plastiques dans le poids total des véhicules a fortement évolué depuis les années 70 (**Figure 3**) et tend à augmenter. La politique nécessaire de réduction du poids des véhicules requiert un usage accru des polymères.

3.1.2. Une roue entièrement faite en polymère thermoplastique

Le concept smart forvision conçu par Daimler/BASF propose d'utiliser une roue en polymère thermoplastique² (**Figure 4**), à base d'une matrice³ de polyamide renforcée de fibres de verre (des

2. Une matière thermoplastique désigne une matière qui se ramollit réversiblement lorsqu'elle est chauffée au-dessus d'une certaine température, et qui redevient dure lorsque l'on redescend en dessous de cette température.

3. Dans un matériau composite, une matrice est une matière (plastique, métal, céramique...) servant à transférer les efforts au renfort (fibres, billes...), qui est plus rigide et plus résistant.



« fibres longues », de 14 mm). Un premier concept de roue en plastique avait déjà été envisagé par Citroën dans les années 70 pour la Citroën GS. À l'époque, la roue était fabriquée à partir de polyester, mais l'aspect lié au freinage avait dû être mis à part puisqu'il est source de dégagement de chaleur et rendait ainsi l'utilisation de ces thermoplastiques impossible pour les roues. En effet, dans le cahier des charges, des tenues en température de l'ordre de 780 °C sont requises, alors qu'en règle générale les polymères peinent à dépasser les 200-250 °C.

Le premier intérêt de l'utilisation de roues entièrement faites en matériau plastique est le gain de poids de plus de 30 %, soit pour un véhicule de type smart, entre 12 et 20 kg (3 kg par roue) par rapport à une solution aluminium classique. Le plastique offre par ailleurs une grande liberté de design qui permet de favoriser l'aérodynamisme du véhicule et donc de réduire sa consommation énergétique.

Un avantage supplémentaire est un gain dans le domaine de la sécurité, avantage surpre-

nant puisqu'il est difficile de concevoir qu'une roue faite de plastique puisse aussi gagner en résistance. En raison de la taille réduite de la smart, les roues sont très proches de l'habitacle : en cas de choc frontal, l'intrusion des roues dans l'habitacle peut être crainte. En réalité, les roues thermoplastiques, beaucoup plus déformables, présentent un grand intérêt car elles absorbent plus d'énergie et sont donc moins intrusives.

Un des autres avantages est la réduction de la consommation énergétique dans le procédé de fabrication du composant, puisque les polymères sont fabriqués ou mis en œuvre à des températures bien moindres que les métaux, notamment l'aluminium.

3.1.3. La conception high tech des sièges du concept-car

Le concept-car a mis l'accent sur un deuxième aspect, celui de la conception des sièges (**Figure 5**).

Ces sièges ont entièrement été conçus à partir de matériaux BASF (**Figure 6**) :

- une structure en matériau polymère, Ultramid®-Structure, renforcée de fibres

Figure 4

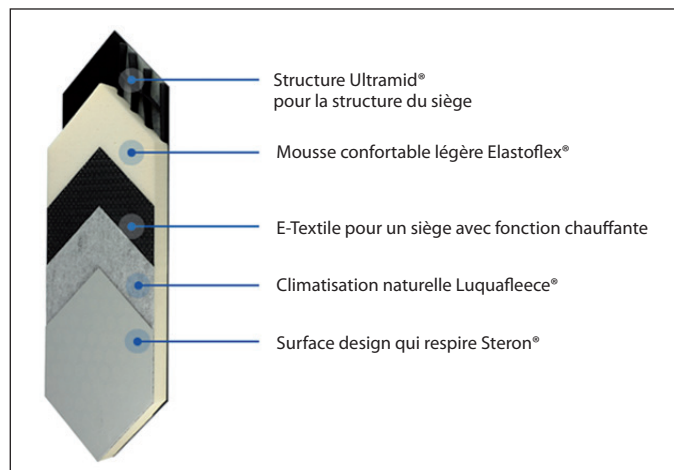
Premières roues en thermoplastique à base de polyamide permettant une réduction du poids de plus de 30 % (soit 12-20 kg par véhicule et 3 kg par roue, comparé aux matériaux conventionnels comme l'aluminium), une amélioration de l'aérodynamisme, une meilleure sécurité face aux chocs et une réduction de la consommation énergétique.

Source : BASF

Figure 5

Siège du concept-car.

Source : Daimler

**Figure 6**Combinaison de matériaux
des sièges du concept-car.

Source : BASF

de verre, disponible industriellement ;

– un remplissage en mousses polyuréthane garantissant confort et allègement sur lequel un « E-textile » est appliqué permettant une régulation de la température ;

– le Luquaflleece® permet de créer une climatisation naturelle : il utilise un principe physique très simple, à savoir l'effet thermique qui accompagne le changement de phase du liquide au gaz, ou inversement. Le tissu absorbe l'humidité du corps, qui est ensuite trans-

formée en gaz par absorption d'énergie lorsque le véhicule est garé au soleil. La température au sein de l'habitacle est ainsi abaissée de plusieurs degrés ;

– un revêtement respirant à base de polyuréthane a également été développé pour permettre l'absorption de l'humidité. Ce revêtement blanc, le Steron®, est illustré sur la **Figure 7** : il est appliqué telle une peinture sur un moule en silicone (en rouge sur la **Figure 7**), lui-même gravé par laser. Ce revêtement de quelques microns peut ensuite être déposé par pressage sur tout type de support (tissu, cuir, carton,...) et selon l'application finale (siège, maroquinerie, cosmétique, emballage,...). Cette propriété est très intéressante puisqu'il est ainsi possible de créer des textures très spécifiques, jouer sur la rugosité et de ce fait sur le toucher. Dans le cas de la **Figure 7**, il a été appliqué sur un tissu classique qui grâce à sa microporosité assure confort et propriétés d'absorption.

Ainsi, la conception de ces sièges à base de polyuréthane a permis une réduction d'environ 3 kg par siège, une amélioration du confort et une gestion de la température intérieure.

À titre de remarque, la première application structurale polyamide renforcée fibres de verre vient d'être lancée sur un véhicule série Opel.

3.1.4. La structure mécanique

L'emploi d'autres matériaux que métalliques est aussi

envisagé et étudié pour rigidifier la partie structurelle du véhicule.

Un prototype utilisant notamment la fibre de carbone a été construit. Mais cette solution, valable pour l'industrie aéronautique, reste chère pour le secteur automobile. Dans ce secteur, où l'on parle de production de masse, des matériaux beaucoup plus économiques comme les fibres de verre sont utilisés. Des efforts ont été réalisés sur le châssis (portières et caisse automobile). Des gains de poids très intéressants sont obtenus pouvant atteindre une part de 50 % par rapport à l'acier et 30 % par rapport à l'aluminium. Malgré ces résultats, les coûts restent la contrainte principale.

3.2. La gestion de la chaleur

La gestion de la chaleur au sein de l'habitacle concerne non seulement le confort des passagers, comme illustré par la conception de sièges



Figure 7

Tissu en polyuréthane et son moule.

Source : BASF

intelligents, mais aussi une meilleure gestion de l'énergie fournie par le véhicule.

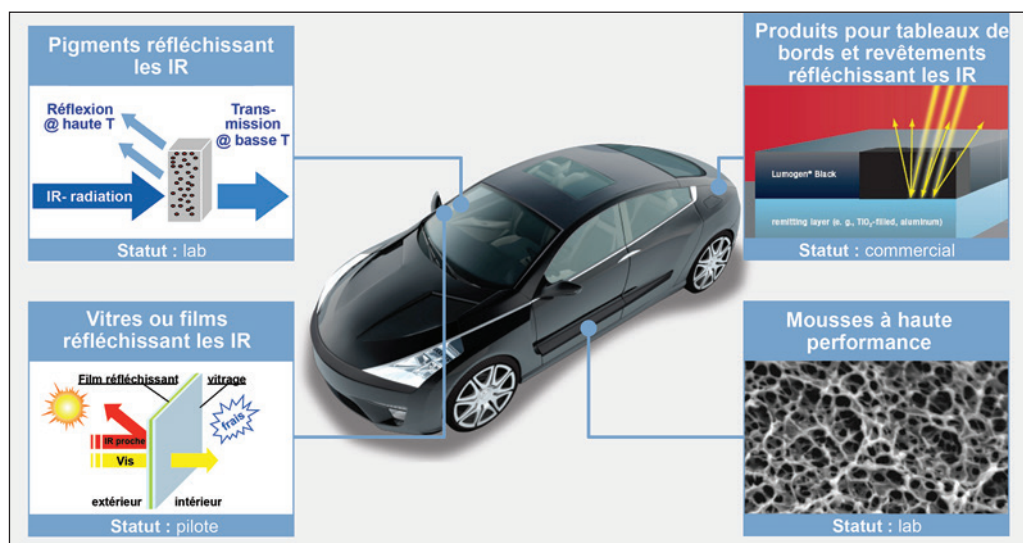
Des solutions innovantes ont été mises en œuvre pour répondre à ces problématiques (Figure 8). Ces solutions présentent deux avantages principaux : une meilleure gestion de la consommation de carburant pour les véhicules conventionnels et une autonomie accrue pour les véhicules électriques.

Pour limiter le réchauffement de l'habitacle, des pigments réfléchissants ont été développés. Ils peuvent être utilisés au niveau des peintures pour atténuer le transfert de chaleur par la carrosserie ou

Figure 8

Solutions de gestion de la chaleur pour le concept-car.

Source : BASF



dans les matériaux de planche de bord, parties intérieures du véhicule qui captent le maximum d'énergie. Des pigments réfléchissants sont également développés pour la fabrication de films prêts à déposer sur les vitrages (pare-brise et vitres latérales). Ces films permettent une réflexion sélective des rayonnements infrarouges. Ils ont l'avantage d'être transparents et entièrement organiques, ne présentent aucune interaction avec les fréquences radio et sont insensibles à la corrosion.

De plus, des *mousses haute performance* sont utilisées dans les portières et dans le châssis pour garantir l'isolation du véhicule : soit pour conserver la chaleur en période froide, soit pour éviter que le véhicule ne se réchauffe en été.

D'après une simulation réalisée par la société AVL pour laquelle les conditions d'été et d'hiver ont été reproduites, une meilleure gestion de la chaleur de l'habitacle permet de diminuer la consommation de carburant. Si l'ensemble des solutions précédemment citées est combiné (isolation thermique, revêtement et vitrage réfléchissant les infrarouges), la consommation de carburant peut être réduite de 5 % environ par rapport à un véhicule de référence. Si nous assimilons ces résultats en termes d'énergie électrique consommée par une voiture électrique, la compilation des solutions déjà mentionnées permet une augmentation de la distance moyenne parcourue d'environ 25 %.

3.3. De nouvelles sources d'énergies : des rêves... presque futuristes

Développer de nouvelles sources d'énergie est un véritable enjeu pour aujourd'hui et demain. Elles permettent également de contribuer à l'amélioration du confort de l'habitacle. Des idées innovantes naissent et se concrétisent, ouvrant la voie à une imagination infinie. La fonctionnalisation du toit des voitures en est une parfaite illustration.

Une démarche innovante envisage ainsi de réaliser la climatisation grâce à l'énergie solaire. Des cellules photovoltaïques (composées par exemple de cellules solaires organiques) sont installées sur le toit du véhicule. Ces cellules captent l'énergie solaire et la transforment en électricité, permettant de faire fonctionner la climatisation sans avoir recours à la batterie. L'énergie solaire permet ainsi d'économiser la batterie et d'optimiser l'autonomie du véhicule.

Pour diminuer davantage la consommation énergétique du véhicule pour les usages « annexes » (autres que la motricité du véhicule), un éclairage interne à base de diodes électroluminescentes (OLED) est installé (**Figure 9**). À l'état initial, les OLED sont transparentes : elles s'éclairent lorsqu'un courant leur est appliqué. La technologie OLED peut être couplée à celle des cellules solaires organiques, permettant d'imaginer un toit transparent intelligent, qui produirait de l'électricité

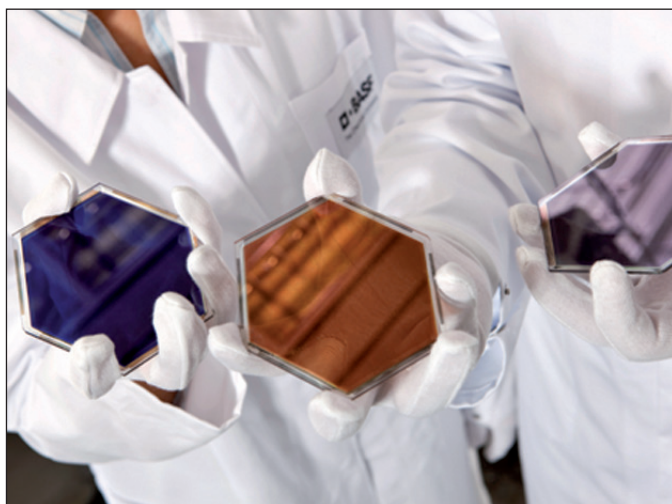


Figure 9

Diodes électroluminescentes organiques (OLED) transparentes (si éteintes) associées aux modules solaires, source douce de lumière (phase laboratoire). L'énergie solaire est transformée en électricité.

Source : BASF



Figure 10

Toit du concept car : vue extérieure (A) et intérieure (B).

Source : BASF

grâce au soleil et qui éclairerait le véhicule selon nos besoins (innovation démontrée à l'état de prototype). Le

toit du concept-car devient par conséquent un concentré de haute technologie (**Figure 10**).

La voiture de demain, un concentré d'innovations... et de chimie !

La **Figure 11** représente le concept-car et reprend ainsi l'ensemble des innovations illustrées dans ce chapitre, qui permettent un gain

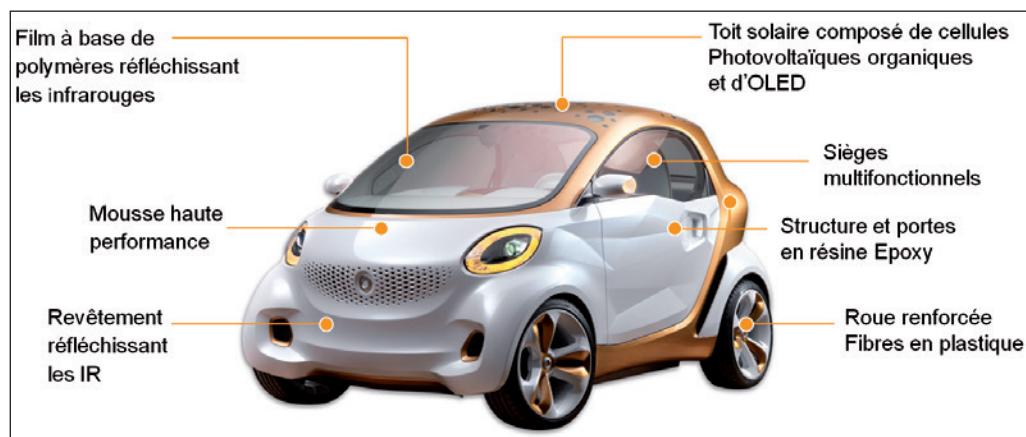


Figure 11

Vue d'ensemble des innovations du concept-car.

Source : BASF

d'autonomie avoisinant les 20 %. Si le concept-car ne préfigure pas forcément le véhicule du futur *stricto sensu*, il donne néanmoins des indications fortes sur les domaines de recherche actuels et futurs, où il est évident que la chimie occupera une place majeure.