

L'INDUSTRIE AUTOMOBILE : POINT D'INFLEXION OU POINT DE RUPTURE ?

Guillaume Devauchelle

Membre de l'Académie des technologies

Séance du 5 juillet 2023

Résumé

En une décennie, l'industrie automobile va connaître davantage d'évolutions qu'au cours des cinquante années précédentes. La transition énergétique est en marche et les émissions de CO₂ devront être réduites drastiquement d'ici 2035. Cela passera par la généralisation du véhicule électrique, mais le véhicule thermique n'est pas mort pour autant. A l'horizon 2040, le véhicule électrique ne devrait pas représenter plus de la moitié des volumes mondiaux et, sous certaines conditions et dans une analyse complète du cycle de vie, considérant l'impact total de la fabrication et de l'usage du véhicule, les E-fuels devraient se montrer compétitifs en matière d'émissions de CO₂. D'autres évolutions majeures sont moins connues du grand public, comme le développement du *Software Defined Vehicle*, une architecture électronique centralisée qui permet d'interagir en temps réel avec les infrastructures et de faire évoluer le véhicule tout au long de sa vie. Les fonctionnalités et la relation à l'objet vont se transformer considérablement, à l'image du téléphone portable devenu smartphone. D'autres innovations encore concernent le domaine, en pleine ébullition, des aides à la conduite et du véhicule autonome, ou encore la sécurité, qui peut encore être améliorée bien que, désormais, les accidents trouvent leur origine presque exclusivement dans les comportements des conducteurs.

Intervenants

Gilles Le Borgne

CTO de Renault et ancien CTO de PSA

Alexandre Corjon

EVP Innovation et Software de Plastic Omnium

Joachim Mathes

CTO de Valeo Comfort & Driving Assistance
Business Group

Sommaire

Les transformations du secteur automobile	2
Du multiplexage traditionnel à l'intégration embarqué-débarqué	4
Évolution du marché du véhicule autonome et des aides à la conduite	6
Débats	8

Introduction par Guillaume Devauchelle

Le secteur automobile est en train d'évoluer plus profondément, en une décennie, qu'au cours des cinquante années précédentes. En particulier, l'ensemble de la filière a dû s'adapter aux injonctions des pouvoirs publics en faveur de la réduction des émissions de CO₂, et ce depuis l'extraction des matières premières jusqu'à la distribution des véhicules et leur réparation. Dans le même temps, l'électronique a pris une place croissante dans les véhicules et, au jourd'hui, un *Software Defined Vehicle* est capable de se mettre à jour en permanence et de communiquer en temps réel avec les infrastructures. Enfin, au cours de cette décennie, la Chine est devenue le premier marché mondial de l'automobile et entend devenir leader sur l'ensemble des segments de ce marché.

Pour évoquer toutes ces évolutions, nous accueillons trois invités de marque. Gilles Le Borgne, CTO de Renault après avoir été celui de PSA, est aussi un véritable *car guy*. À l'époque où je travaillais avec lui, nous avons rencontré un problème sur une pièce qui, bien que conforme, faisait du bruit. Il est arrivé à la réunion en m'expliquant : « *J'ai déjà roulé 2 000 kilomètres avec le mulet, je n'en peux plus de ce bruit !* » Alors que d'autres directeurs vont de réunion en réunion dans un véhicule avec chauffeur, il avait trouvé le temps de tester lui-même le prototype.

Après avoir travaillé chez Airbus puis chez Renault-Nissan, Alexandre Corjon est désormais EVP Innovation et Software au sein de Plastic Omnium, et il n'est pas anodin que ce grand fournisseur de pièces plastiques ait confié son innovation et sa stratégie à un homme du logiciel. Il évoquera pour nous l'évolution de l'automobile vers ce nouveau domaine. Enfin, Joachim Mathes, CTO de Valeo Comfort & Driving Assistance Business Group, nous brossera un tableau des technologies et des marchés des véhicules autonomes ainsi que des aides à la conduite.



Les transformations du secteur automobile Gilles Le Borgne

Gilles Le Borgne est CTO de Renault et ancien CTO de PSA.

Parmi toutes les transformations auxquelles est confronté le secteur automobile, je vais évoquer principalement la transition énergétique, la partie *connected vehicle*, et enfin la question de la sécurité.

La transition énergétique

La transition énergétique est en marche : les émissions de CO₂ par kilomètre sont passées de 162 grammes en 2005 à 95 grammes en 2020, et devront être réduites à zéro en 2035, en tout cas pour ce qui est de l'usage, c'est-à-dire, en simplifiant, à la sortie du pot d'échappement. Le rôle des pouvoirs publics est de fixer ce type d'objectifs mais, à mon sens, ils devraient rester neutres en ce qui concerne le choix des technologies, et laisser les 45 000 ingénieurs qui travaillent sur l'automobile en France trouver les meilleures solutions.

Or, la façon dont le bilan carbone de la voiture électrique et celui de la voiture à combustion interne sont comparés n'est pas vraiment neutre. Le mode de calcul généralement retenu pour l'empreinte carbone des véhicules électrique est l'approche *Well to Wheels* (du puits à la roue). Appliqué à un véhicule du segment C utilisé sur 225 000 kilomètres (ce qui est représentatif de l'usage moyen des voitures), ce calcul donne un résultat de 5 tonnes de CO₂ pour un véhicule électrique de 60 kWh, de type Megane, contre 31 tonnes pour le même véhicule, cette fois avec un moteur à combustion interne (26 pour l'utilisation et 5 pour la production du carburant). Avec ce mode de calcul, la comparaison est sans appel.

En revanche, pour l'empreinte carbone *Craddle-to-grave* (du berceau à la tombe), c'est-à-dire incluant l'extraction des matières premières, la transformation

des métaux rares ou encore le recyclage des batteries, le véhicule à combustion interne passe de 31 à 36 tonnes d'émissions, mais le véhicule électrique progresse beaucoup plus fortement, de 5 à 12 tonnes : lorsqu'on analyse la totalité du cycle de vie et pas seulement les émissions liées à l'utilisation du véhicule, l'empreinte carbone fait plus que doubler.

À ceci s'ajoute le critère de l'origine de l'électricité, qui peut aggraver le bilan carbone des véhicules électriques. En 2030, en Pologne, la production de 1 kWh d'électricité se traduira encore par l'émission de 700 grammes de CO₂, ce qui donne un total de 32 tonnes de CO₂ pour un véhicule électrique construit en Pologne et alimenté par de l'électricité polonaise.

Le véhicule électrique soulève également la question de son accessibilité pour les ménages modestes. Malgré le renchérissement du nickel et du cobalt, nous pensons que d'ici l'an prochain, nous pourrions atteindre un quasi-équilibre entre le prix d'un véhicule électrique du segment B et celui d'un véhicule équivalent à combustion interne. Il n'en va pas de même pour les grandes voitures, qui nécessitent 90 à 110 kWh de batteries embarquées, ce qui se traduit par des surcoûts importants.

Ceci nous incite à mieux contrôler notre chaîne de valeur. Sur une Megane électrique, nous ne maîtrisons actuellement que 27 % de la chaîne de traction et 6 % de la partie batterie. Demain, nous voulons contrôler, respectivement, 75 % et 60 % de ces deux segments. Pour ce faire, au lieu d'opter pour une intégration verticale, qui serait extrêmement capitalistique, nous cherchons à établir des partenariats horizontaux dans tous les domaines. Par exemple, avec l'Allemand Vitesco, nous opérons un transfert de technologies sur l'électronique de puissance, en échange de la fourniture de composants pour nos futurs véhicules hybrides et électriques.

Notre principal défi est la concurrence chinoise. En enlevant environ 5 % de frais de transport, l'écart de coût entre les véhicules électriques chinois et européens est de 20 à 30 %. Nous sommes également confrontés à la concurrence américaine, en sachant que, par exemple, lorsque le projet de gigafactory de Douai reçoit une aide publique de 200 millions d'euros, un projet américain équivalent reçoit 1 milliard de dollars. L'économie chinoise est dirigée, l'économie américaine est aidée, et la nôtre est régulée : notre compétitivité s'en ressent fortement.

Le véhicule thermique n'est pas mort

L'Europe a prévu de passer entièrement au véhicule électrique d'ici 2035, mais il n'en va pas de même du reste du monde, où les véhicules à combustion interne resteront largement majoritaires. À l'horizon 2040, le

véhicule électrique ne devrait donc pas représenter plus de la moitié des volumes mondiaux.

Le défi, pour les véhicules à combustion interne, est d'améliorer leurs performances environnementales mais, comme je l'ai indiqué, cette amélioration ne peut être prise en compte de façon équitable qu'à condition de considérer l'ensemble du cycle de vie (*Craddle-to-grave*), ce qui n'est toujours pas le cas aujourd'hui dans les politiques publiques concernant les transports.

Les véhicules à combustion interne modernes, avec une hybridation poussée, du *full hybrid* ou des PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicles*), présentent un bilan carbone sensiblement amélioré, qui peut encore progresser si l'on recourt à des *E-fuels*, par exemple fabriqués à partir de capture de carbone et d'eau désalinisée selon le procédé Fischer-Tropsch. Le résultat est un alcane *drop-in*, c'est-à-dire que l'on peut utiliser dans toutes les voitures existantes. Le carbone étant prélevé dans l'atmosphère, les émissions sont nulles.

Ces technologies demandent des investissements considérables, pour un rendement médiocre. Heureusement, les grandes compagnies pétrolières disposent de capitaux abondants et sont déjà implantées dans des pays offrant un bon ensoleillement. Moyennant une fiscalité adaptée (du type de celle qui est appliquée au GPL), ces *E-fuels* pourraient devenir compétitifs par rapport aux produits pétroliers, ce qui changerait radicalement la donne pour le bilan carbone comparé des véhicules électriques et des véhicules à combustion interne.

Connected Vehicle

Le concept de *Connected Vehicle* consiste à opérer, dans l'automobile, la même transformation que dans les smartphones, c'est-à-dire à découpler le *hardware* et le *software*, de façon à pouvoir effectuer des mises à jour en permanence, moderniser les véhicules, offrir de nouveaux services, organiser des co-brandings avec des compagnies d'assurance, ou encore des gestionnaires de parkings ou d'autoroutes, etc. Quand on veut télécharger une application sur son portable, on ne change pas de portable. Il en sera désormais de même avec la voiture. Ce découplage est indispensable car, désormais, le délai de lancement d'un nouveau véhicule ne dépend plus du développement de la partie physique mais de celui de la partie électronique.

Si l'on compare une voiture à un corps humain, la plateforme physique pourrait correspondre au squelette ; la partie système, aux muscles ; le système du réservoir, au système digestif ; la distribution électrique, à la circulation veineuse ; le réseau de communication entre les différents calculateurs, au réseau neurologique ; et la partie logicielle, au cerveau. Dans le concept de *Connected Vehicle*, trois sous-

ensembles sont destinés à être totalement découplés de la partie hardware : la distribution électrique, le réseau de communication entre les différents calculateurs et la partie logiciel.

Cette évolution s'est faite progressivement. J'ai connu l'époque où chaque fonction du véhicule était associée à un fil. Dans les années 1990, on est passé au multiplexé, avec des réseaux CAN (*Controller Area Network*) ou VAN (*Vehicle Area Network*), au sein desquels l'information était partagée. Puis ces réseaux se sont enrichis et, chaque fois que l'on ajoutait un calculateur ou une nouvelle fonction inter système (par exemple une fonction créant une interaction entre direction et freinage), il fallait revoir l'ensemble du système de messagerie interne, ce qui entraînait des délais de développement très longs.

Ceci nous a conduits à développer une architecture dite *Software Defined Vehicle*, pour laquelle nous avons réuni une *dream team* avec Google, à la fois pour le *car operating system* et le jumeau numérique, en plus de la partie *infotainment* ; Qualcomm pour les calculateurs et super calculateurs ; Valeo pour le packaging de l'ensemble des calculateurs ; et Renault pour l'intégration de l'ensemble. Chaque voiture sera connue individuellement et les évolutions envisagées pourront être testées de façon automatique avant de les télécharger dans le véhicule.

La sécurité

Dans les années 1970, la France a enregistré jusqu'à 17 000 morts par an sur les routes. Ce nombre a énormément baissé, surtout lorsqu'on le rapporte au nombre de kilomètres parcourus. Les constructeurs ont fait leur travail, les voitures ont beaucoup progressé en sécurité et les routes sont devenues largement plus sûres.

Malheureusement, depuis 2015, le nombre de morts ne diminue plus : il stagne autour de 3 000 par an. L'analyse de l'accidentologie en fonction de l'âge des automobilistes montre qu'entre 18 et 35 ans, la première cause de décès est une vitesse excessive, suivie par la consommation d'alcool, puis celle de cannabis. Entre 35 et 54 ans, la première cause est l'alcool, suivie de la vitesse et des drogues. Au-delà de 55 ans, c'est la perte de conscience qui vient en tête, suivie de la perte d'attention et du refus de priorité. En d'autres termes, 93 % des causes de décès sur la route sont liées aux comportements humains, et non au véhicule lui-même.

Chez Renault, nous avons décidé de nous attaquer à ce problème, avec un dispositif comprenant trois niveaux. Le premier couvre la phase avant l'accident : le Safety Score vise à sensibiliser les conducteurs à la manière dont ils peuvent se mettre en danger (rappel de la

nécessité de s'attacher, limiteur de vitesse, etc.) ; le Safety Coach comprend diverses aides à la conduite consistant à éviter toute sortie de route, ou encore à réduire la vitesse à l'approche des ronds-points ; enfin le Safety Guardian actionne le freinage d'urgence face à un usager de la route vulnérable (deux-roues, piétons, etc.) ou si la collision avec un autre véhicule s'avère impossible à éviter. Le deuxième niveau du dispositif concerne le moment de l'accident, et comprend le déclenchement des airbags, ou encore le limiteur de résistance de la ceinture de sécurité. Le troisième niveau intervient après l'accident avec, notamment, deux initiatives : un code barre, désormais présent sur tous les véhicules Renault, permettant aux pompiers d'accéder au mode d'emploi de la désincarcération des personnes ; un *fireman access* qui permet, en cas d'incendie des batteries, de retirer le siège arrière pour inonder la batterie.



Du multiplexage traditionnel à l'intégration embarqué-débarqué

Alexandre Corjon

Alexandre Corjon est ancien directeur de la division Électronique et Systèmes de l'Alliance Renault Nissan, EVP Innovation et Software de Plastic Omnium.

La société Plastic Omnium a été créée à la fin de la seconde guerre mondiale, en 1946, avec l'idée originale de produire des pièces en plastique pour réduire le poids des véhicules et améliorer leur performance. Le cœur de métier traditionnel de Plastic Omnium, à savoir la fabrication de réservoirs d'essence, est intimement lié au monde thermique dans lequel cette société a été fondée. Or, celui-ci est appelé à disparaître à plus ou moins long terme. Ceci a incité Plastic Omnium à se donner une nouvelle vision stratégique, *Let's drive a new generation of mobility. Drive*, parce que nous souhaitons être contributeurs à la transition énergétique et à la transformation des usages. *New*, parce que Plastic Omnium a toujours fait reposer son développement sur l'innovation. *Generation*, parce que, dans cette société familiale, on veille à transmettre les valeurs à la nouvelle génération, tout en tenant compte de ses attentes. Enfin, *mobility*, parce que Plastic Omnium, qui se focalisait jusqu'ici sur les véhicules légers terrestres,

s'ouvre désormais aussi à l'univers du train, du camion, de l'autobus, et même des engins de mines.

Du logiciel embarqué à l'intégration embarqué-débarqué

Le *software* a envahi notre quotidien et, désormais, les utilisateurs souhaitent vivre, avec leur voiture, une expérience qui se rapproche de celle qu'ils connaissent avec leur téléphone. Ce n'est pas encore le cas aujourd'hui. J'ai loué récemment une voiture semi-chinoise (une Lynk & Co) et j'ai mis dix minutes à identifier le bouton qui permettait d'ouvrir la trappe du réservoir d'essence. La révolution qu'a apportée Tesla, c'est la simplification considérable de l'interface entre le conducteur et le véhicule grâce à la place centrale donnée au *software* dans le véhicule. Cette révolution se traduit par le passage du logiciel embarqué à une intégration de logiciels embarqués-débarqués, qui va permettre de gérer à la fois l'intérieur et l'extérieur du véhicule.

Le logiciel embarqué a été conçu, au départ, pour gérer l'automatisation de certaines fonctions. Peu à peu, on a ajouté différentes fonctions destinées à optimiser la conduite et la performance moteur. Par exemple, un navigateur interne, après avoir détecté que le véhicule s'engage dans une descente ou approche d'un rond-point, va déclencher un arrêt du moteur pour réduire la consommation. D'autres fonctions permettent de prédire la maintenance et, désormais, de faire évoluer la performance du véhicule ou des batteries grâce à des corrections d'erreurs ou de nouvelles applications livrées pendant la vie du véhicule. À ceci s'ajoute la connectivité qui permet, par exemple, de récupérer des données extérieures pour adresser au conducteur des alertes sur le trafic, afin de l'aider à optimiser son trajet. Inversement, les véhicules peuvent communiquer avec l'extérieur. Par exemple, en 2024, tous les véhicules électriques devront fournir en continu leur « passeport batterie », c'est-à-dire des informations sur l'état de charge et de fonctionnement de leur batterie. De même, en cas d'accident, le véhicule peut alerter lui-même les services de secours.

De nouveaux services apparaissent également, comme le partage de véhicule, avec des fonctions permettant de déverrouiller la voiture à distance pour la mettre à la disposition d'un tiers, et des applications permettant de se répartir l'utilisation du véhicule, ou encore la fonction *vehicle to grid*, permettant d'envoyer de l'électricité sur le réseau pour contribuer à le stabiliser. Cette évolution se traduit aussi par de profondes transformations dans le monde de la vente, avec, par exemple, le transfert du profil de l'utilisateur dans le véhicule, afin d'adapter ce dernier le plus finement possible à ses besoins, de la même façon que nous adaptons notre smartphone à nos usages.

Une évolution technique impressionnante

Avec ces différentes évolutions, nous sommes passés d'un monde très proche de l'automatisme à un univers beaucoup plus proche des applications, ce qui crée de fortes contraintes en termes de ressources, de capacités de développement, et de planification de la R&D. Les logiciels destinés à contrôler le moteur représentaient quelques centaines de kilobytes, alors que les logiciels désormais installés dans les véhicules représentent plusieurs gigabytes et nécessitent des développements de plus en plus complexes.

Dans les débuts, ce sont des protocoles très simples qui ont été mobilisés, comme le LIN, puis le CAN pour le multiplexage. Ethernet est apparu principalement pour gérer les caméras et la reconnaissance d'images, et constitue désormais le réseau principal à l'intérieur du véhicule, avec des contraintes très importantes de synchronisation de tous les calculateurs.

Nous avons également beaucoup travaillé sur des standards, comme Autosar, qui malheureusement dépend du vendeur et ne permet pas la portabilité de toutes les applications, ou encore Genivi, une belle initiative destinée à traiter le multimédia dans son ensemble, qui n'a pas vraiment abouti non plus.

En 2016, nous avons lancé, avec le CEA, le projet FACE (*Full decoupling of hardware and software*). L'objectif était que les ressources des calculateurs présents dans le véhicule puissent être mobilisées par tous les logiciels. Le concept actuel de *Software Defined Vehicle* est un peu plus réaliste, avec des couches d'interdépendances mieux définies.

L'évolution actuelle tend vers le *Full-Stack Software*. Avant cette nouvelle technologie, les couches basses et les couches applicatives étaient mélangées ; chaque application était unique et chaque hardware nécessitait un développement spécifique. Avec les applications web, la couche applicative a été rendue un peu plus standard, afin de pouvoir s'adapter à différents environnements. Puis des standards comme Autosar ont permis de définir une base commune à tous les ECU (unités de commande électronique) et à tous les contrôleurs du véhicule. On est passé ensuite à la *containerization* et à la *virtualization*, qui consiste à intégrer une couche de middleware permettant de définir de premiers niveaux de services, ou micro-services, sur lesquels vont se greffer les applications. Aujourd'hui, tous les fournisseurs fournissent des bibliothèques de logiciels dépendants du hardware à tous ceux qui veulent les utiliser, ce qui simplifie le développement.

Désormais, dans un *Software Stack*, on trouve d'abord le hardware, qui est connecté au réseau, avec tous les contrôleurs permettant de se brancher à l'Ethernet ; l'operating system, qui assure le transfert entre les applications et l'assembleur des différents hardwares ;

la plateforme multiservice, où interviendra par exemple l'Android management system de Google ; puis toutes les applications associées à différents matériels (AD/ADAS, Body/Lightning, Powertrain, Multimedia) ; enfin, des éléments situés en dehors du véhicule, c'est-à-dire dans le Cloud (OTA, Identity services, Digital Twin, etc.).

La coordination entre les différents intervenants

En raison de cette complexité, il n'est plus possible de développer des logiciels dans l'automobile sans recourir au DevOps. Avec cet outil, chaque développeur met sa contribution à disposition dans un ordinateur qui va l'intégrer aux autres contributions, de façon à s'assurer que cet ensemble est sans bug et stable dans le temps. Chaque contribution est ainsi pré-testée avant la phase d'intégration. Elle ne sera effectivement intégrée que s'il est avéré qu'elle ne perturbe pas les autres logiciels. Ce sont les équipes d'Intel qui ont initié Renault à cette démarche.

Ce système permet aussi de piloter la construction des applications, par exemple en les envoyant dans des systèmes embarqués pour des tests, voire en les déployant chez les clients de manière continue.

Par le passé, les livraisons de logiciels intervenaient tous les six mois et il fallait organiser des réunions de crise pour supprimer les bugs avant la livraison du véhicule. Aujourd'hui, les livraisons de logiciels peuvent se faire quasiment à la demande, car nous sommes toujours certains d'avoir un logiciel qui fonctionne avec un niveau de performance connu, ce qui représente un énorme progrès.

Une architecture logicielle beaucoup plus simple et efficace

Au total, les véhicules d'aujourd'hui présentent une architecture logicielle beaucoup plus simple, dont l'objectif est de faciliter l'interface avec l'utilisateur et de mettre à jour les logiciels en continu, de façon simple et efficace. Ce que j'apprécie dans l'industrie automobile, c'est qu'elle est en continuelle révolution et qu'on ne peut pas s'arrêter de progresser, sans quoi on n'existe plus. Cette course à l'innovation est extrêmement stimulante pour les équipes, c'est pourquoi j'encourage tout le monde à rejoindre cette industrie !



Évolution du marché du véhicule autonome et des aides à la conduite

Joachim Mathes

Joachim Mathes est CTO de Valeo Comfort & Driving Assistance Business Group.

Valeo a lancé son premier système ADAS en 1991, et il s'agissait à l'époque d'un marché minuscule. Aujourd'hui, nous fabriquons plus de 150 millions de capteurs par an, ainsi que des dizaines de millions de caméras, de radars et de LIDARs. Le défi actuel de Valeo est de passer à une nouvelle architecture de véhicule, car celle que nous utilisons pour le moment est extrêmement fragmentée et compartimentée. On peut dire à ce sujet « *qu'une main ignore ce que fait l'autre* ». Pourtant, toutes les combinaisons doivent fonctionner ensemble. Le moment semble être venu d'adopter un mode de conception plus holistique et de bannir les limites artificielles.

Le Software Defined Vehicle

De nombreuses composantes du modèle *Software Defined Vehicle* ont été imaginées par Tesla, qui vient de célébrer son 20^{ème} anniversaire. Je ne peux être sûr de ce que j'avance, car Tesla a une politique de confidentialité assez poussée, mais je suppose que tous les véhicules construits par cette firme continuent, encore aujourd'hui, d'envoyer des données à leur port d'attache, ce qui signifie que chaque variante de ces modèles a été conçue pour pouvoir être entretenue. C'est ce qui explique les choix de Tesla d'une gamme très limitée et d'une architecture simple et standardisée. En revanche, les logiciels présents dans le véhicule permettent d'offrir à l'utilisateur une multitude de fonctions, entre autres celles relevant de l'autonomie.

SAE International a défini 6 grands niveaux d'autonomie pour les véhicules, ce qui rend ce terme assez confus car, entre une voiture semi-autonome (niveau 2) et une

voiture réellement autonome (niveau 3), il existe un véritable fossé. Avec le niveau 3, le conducteur délègue, au moins de façon temporaire, la responsabilité du pilotage du véhicule au logiciel. Certains choisissent de parler de niveau 2+, ou 2.9, ou 2.99, ce qui est une façon de laisser entendre qu'on n'est pas tout à fait dans la voiture autonome, mais presque, et d'essayer, ainsi, de contourner cette difficulté sémantique.

Il existe déjà des véhicules de niveau 3 et 4 roulant sur les routes, mais en très petit nombre. Les niveaux 5 et 6 font rêver beaucoup de développeurs, mais on peut se demander si les véhicules correspondants seront vraiment réalisables techniquement et, surtout, s'ils rencontreront un marché. Pour l'instant, c'est sur la base du niveau 2 d'autonomie que sera développée la prochaine génération d'architectures de véhicule.

L'ADAS Domain controller

À partir de 2025, les BMW seront équipées d'un ADAS *Domain controller*, un appareil produit par Valeo et équipé d'un système de refroidissement par liquide, qui centralise les données de 5 caméras, 12 capteurs ultrasons et 5 radars. Cet ordinateur construit un modèle environnemental dans lequel est inséré le jumeau numérique du véhicule. Il analyse la situation du véhicule en temps réel et déclenche les actions nécessaires, par exemple un freinage d'urgence. La mise au point des logiciels implantés dans cet appareil, qui gère les données internes et externes, a nécessité un développement *Full Stack*, avec un logiciel d'intelligence artificielle permettant de traiter toutes les données à la fois pendant le développement puis lors de la mise en production.

Nous nous sommes associés à BMW pour développer, sur cette base, un système qui nous permettra d'atteindre une autonomie de niveau 4 (par exemple, le conducteur pourra déposer sa voiture sur un parking et la laisser se garer toute seule), avec une innovation consistant à recueillir sur le cloud les données venant de tous les véhicules équipés de ce système à travers le monde. Les deux parties se sont mises d'accord pour partager le code et auront le droit de s'en servir chacune de leur côté. D'autres constructeurs pourront s'associer à ce partenariat.

La concurrence chinoise

Beaucoup de gens continuent à croire que la Chine est « un pays de copieurs » et qu'il suffit, lorsqu'on travaille dans ce pays, qui représente 40 % du marché mondial, de bien surveiller sa propriété intellectuelle. En réalité, les consommateurs chinois sont extrêmement exigeants et trouvent de plus en plus « démodés » les produits que les Occidentaux leur proposent. La Chine sait désormais

fabriquer des automobiles de haut niveau technologique et elle est devenue le premier exportateur au monde. C'est pourquoi notre première cible, pour le dispositif dont je viens de parler, est le marché chinois.

Des véhicules plus accessibles grâce à une conception plus holistique

L'un des défis actuels des constructeurs est de proposer des véhicules à des prix accessibles tout en préservant leur rentabilité. Audi a récemment annoncé que ses véhicules d'entrée de gamme A1 et Q1 n'auront pas de successeur. La Smart, inventée par Mercedes, est désormais fabriquée en Chine par Geely. La nouvelle génération des Mini à combustion interne sera toujours fabriquée à Oxford, mais le modèle électrique sera produit par la filiale chinoise de BMW.

Relever le défi de rendre les véhicules plus accessibles passera par le mode de conception holistique que j'évoquais au début de mon exposé. Pour cela, il faut disposer du bon matériel, prévoir dès le démarrage suffisamment d'espace mémoire, y compris pour les futures mises à jour, mais aussi modifier nos méthodes de marketing. Jusqu'ici, notre objectif était d'optimiser les coûts et de produire le modèle d'entrée de gamme au prix le plus bas possible. Désormais, nous devons prendre en compte le coût total du véhicule sur l'ensemble de sa durée de vie, y compris lorsqu'il se retrouvera sur le marché d'occasion.

Cette nouvelle approche doit également modifier la nature des partenariats entre constructeurs et équipementiers. Par le passé, l'optimisation des coûts pouvait conduire un constructeur à développer une fonctionnalité, par exemple, avec Valeo, puis, la fois suivante, à redévelopper la même avec Bosch, puis avec Conti. Aujourd'hui, nous entrons dans un nouveau paradigme et nous devons concevoir des partenariats à plus longs termes.

Ces partenariats pourront aussi concerner le domaine des ressources humaines. Certains constructeurs annoncent qu'ils vont embaucher 10 000 développeurs. Où vont-ils les trouver ? Il vaudrait mieux essayer d'utiliser de manière plus efficace ceux qui travaillent déjà pour l'industrie automobile. Valeo dispose, au Caire, de plus de 3 500 développeurs qui ont acquis des compétences fantastiques au cours des vingt dernières années. Nous pouvons partager cette ressource avec les constructeurs, sous la forme de partenariats conclus, là encore, sur des périodes prolongées.

C'est de cette façon que nous parviendrons à proposer une mobilité accessible et à faire en sorte que l'industrie européenne demeure compétitive sur le plan mondial.



Débats

Le poids des véhicules électriques

Le poids des véhicules a un impact sur leur consommation d'énergie. Que peut faire Renault pour essayer de réduire le poids de véhicules électriques ?

Gilles Le Borgne : Une fois que la vitesse d'une voiture est stabilisée sur l'autoroute, un kilo de plus ou de moins ne change pas grand-chose. Par ailleurs, un kilo supplémentaire compte moins, en relatif, sur une voiture électrique de 1 950 kg que sur une voiture à combustion interne de 1 300 kg. Malgré tout, il est vrai qu'il faut tenter de réduire le poids absolu des voitures. En ce qui concerne les véhicules électriques, toute la difficulté consiste à prévoir la juste quantité de batteries, et cela dépend beaucoup du réseau de charge. Dans les pays du nord et en France, on n'a généralement pas de problème à recharger son véhicule et à parcourir de longues distances. J'ai néanmoins frôlé le divorce un soir où, pour me rendre en Bretagne avec mon épouse, je me suis retrouvé bloqué sur une station-service, à devoir faire la queue pour recharger mon véhicule, et à dîner d'un cornet de frites. En Espagne ou en Italie, c'est encore beaucoup plus compliqué. Le véhicule électrique est, à l'évidence, une solution idéale en ville, car il ne génère aucune pollution locale et il est facile à recharger en milieu urbain. Il est moins adapté aux longues distances, du moins tant que les réseaux de charge ne sont pas plus développés.

Pourquoi Google s'intéresse-t-il à l'automobile ?

Des sociétés comme Google ou Qualcomm ont l'habitude de dégager des marges de 20, 30 ou 40 %. Qu'est-ce qui les incite à entrer sur un marché aussi contraint que celui de l'automobile ?

Gilles Le Borgne : Qualcomm a déjà développé beaucoup d'activités dans le secteur automobile à

travers ses puces, qui doivent contribuer aux marges que vous évoquez.

Quant au partenariat entre Google et Renault, il trouve sans doute son origine dans l'initiative de Renault, il y a cinq ou six ans, de racheter Intel Europe, ce qui a permis au Groupe de disposer de 500 développeurs comme on n'en trouve guère dans l'automobile.

À partir de là, Renault a développé, en commun avec Google, un projet d'infotainment qui a donné d'excellents résultats, et les deux entités ont beaucoup apprécié ce travail en commun. Aujourd'hui, Google est au moins aussi demandeur que nous de poursuivre cette collaboration. Nous sommes un peu son cheval de Troie pour pénétrer dans le marché de l'automobile au-delà de la partie *infotainment*.

L'obsolescence progresse-t-elle ?

Ces innovations ne vont-elles pas contribuer à accélérer encore l'obsolescence technologique des véhicules ?

Gilles Le Borgne : Nos voitures sont conçues pour être quasi-neuves à cinq ans et encore très présentables à dix ans, et le marché de l'occasion ne s'est jamais aussi bien porté, avec des prix montrant que les véhicules de seconde main restent de très bon niveau.

La question de l'obsolescence se pose essentiellement pour les batteries, et nous travaillons sur l'hypothèse d'un remplacement à mi-vie du véhicule.

La maintenance des véhicules

Les garagistes auront-ils la formation nécessaire pour entretenir les nouveaux véhicules ?

Alexandre Corjon : Ils n'avaient déjà pas la formation nécessaire pour la génération de véhicule précédente... Nous entrons dans un nouveau monde, celui des *call centers* avec des compétences centralisées et accessibles de partout, auxquelles les garagistes pourront se référer.

Nous espérons surtout que, grâce aux remontées d'informations en continu, les calculateurs anticiperont les dysfonctionnements en détectant des signaux faibles et en prévoyant une maintenance, de façon à éviter que le véhicule tombe en panne au bord de la route.

La taxe carbone aux frontières

Comment évaluez-vous la menace que représente la taxe carbone aux frontières européennes pour l'industrie automobile ?

Gilles Le Borgne : Ce dispositif témoigne d'une naïveté confondante de la part des Européens et elle va avoir des effets abominables. On taxe les matières premières et non les produits manufacturés, en sorte que les constructeurs européens vont être doublement pénalisés, en devant payer plus cher les matières premières et en étant confrontés à la concurrence de constructeurs chinois qui ne paieront aucune taxe sur l'acier ni sur les automobiles qu'ils vendront en Europe.

Les composants critiques

En dehors des batteries, quels autres composants critiques faudrait-il fabriquer en Europe pour assurer notre souveraineté ?

Gilles Le Borgne : Dans le domaine des batteries, il me semble indispensable de créer en Europe une filière amont de raffinage des minerais et aussi de production de CAM (*Cathode Active Materials*) et de matériaux précurseurs (*pCAM*).

En ce qui concerne les terres rares nécessaires au fonctionnement des aimants, nous avons solutionné le problème en recourant au double bobinage, ce qui nous permet de piloter le champ magnétique du rotor et d'améliorer le rendement, avec l'inconvénient d'un poids un peu supérieur.

Un autre défi concerne les composants électriques. Quelques composants doivent être gravés à 7 ou 8 nanomètres et, en ce qui concerne les futures générations, nous avons noué un partenariat avec un excellent fondeur italo-français mais, pour le moment, le cœur de l'automobile fonctionne avec des gravures entre 40 et 100 nanomètres et ce sont ces composants assez ordinaires qui nous bloquent aujourd'hui.

Mots clés : aide à la conduite, automobile, *Connected Vehicle*, DevOps, E-fuels, *Full-Stack Software*, innovation, *Software Defined Vehicle*, transition énergétique, véhicule autonome

Citation : Guillaume Devauchelle, Gilles Le Borgne, Alexandre Corjon & Joachim Mathes. (2023). *L'industrie automobile : point d'inflexion ou point de rupture ?* Les séances thématiques de l'Académie des technologies. @

Retrouvez les autres parutions des séances thématiques de l'Académie des technologies sur notre site

Académie des technologies. Le Ponant, 19 rue Leblanc, 75015 Paris. 01 53 85 44 44. academie-technologies.fr

Production du comité des travaux. Directeur de la publication : Denis Ranque. Rédacteur en chef de la série : Hélène Louvel. Auteur : Élisabeth Bourguinat. N°ISSN : 2826-6196.

Les propos retranscrits ici ne constituent pas une position de l'Académie des technologies et ils ne relèvent pas, à sa connaissance, de liens d'intérêts. Chaque intervenant a validé la transcription de sa contribution, les autres participants (questions posées) ne sont pas cités nominativement pour favoriser la liberté des échanges.