

**Séminaire  
Ressources Technologiques  
et Innovation**

*organisé grâce aux parrains  
de l'École de Paris :*

Algoé<sup>2</sup>  
Alstom  
ANRT  
AREVA<sup>2</sup>  
Cabinet Regimbeau<sup>1</sup>  
CEA  
Chaire "management de l'innovation"  
de l'École polytechnique  
Chaire "management multiculturel  
et performances de l'entreprise"  
(Renault-X-HEC)  
Chambre de Commerce  
et d'Industrie de Paris  
CNES  
Conseil Supérieur de l'Ordre  
des Experts Comptables  
Crédit Agricole SA  
Danone  
Deloitte  
École des mines de Paris  
EDF  
ESCP Europe  
Fondation Charles Léopold Mayer  
pour le Progrès de l'Homme  
Fondation Crédit Coopératif  
France Télécom  
FVA Management  
Roger Godino  
Groupe ESSEC  
HRA Pharma  
IDRH  
IdVectoR<sup>1</sup>  
La Poste  
Lafarge  
Ministère de l'Industrie,  
direction générale de la compétitivité,  
de l'industrie et des services  
OCP SA  
Paris-Ile de France Capitale Economique  
PSA Peugeot Citroën  
Reims Management School  
Renault  
Saint-Gobain  
Schneider Electric Industries  
SNCF<sup>1</sup>  
Thales  
Total  
Ylios

<sup>1</sup> pour le séminaire  
Ressources Technologiques et Innovation  
<sup>2</sup> pour le séminaire Vie des Affaires

(liste au 1<sup>er</sup> mai 2010)

**DE LA VOITURE ÉLECTRIFIÉE  
À LA MOBILITÉ DURABLE**

par

**Christophe MIDLER**

Directeur du Centre de Recherche en Gestion  
de l'École polytechnique  
Responsable Master Projet Innovation Conception

Séance du 17 février 2010  
Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

**En bref**

La voiture électrique n'est pas une nouvelle technologie. Vieille d'un siècle, elle a connu environ tous les dix ans des résurgences qui n'ont pas réussi, jusqu'ici, à ébranler le *dominant design* du véhicule thermique. Les tentatives actuelles se présentent sous un jour plus favorable. Selon Christophe Midler, la réussite ne viendra pas d'une rupture technologique, même si les progrès accomplis sur les batteries sont considérables, mais d'une façon toute nouvelle de gérer l'innovation. La conception du véhicule électrique porte sur l'ensemble du véhicule au lieu de se contenter de l'électrification d'un véhicule classique. Elle s'inscrit dans un projet global de mobilité électrique où les services jouent un rôle prépondérant. Elle veille à articuler les modèles économiques des différentes parties prenantes (constructeurs, pouvoirs publics nationaux ou locaux, énergéticiens, opérateurs de services de transport). Enfin, elle intègre la dynamique d'apprentissage du marché décrite par Geoffrey Moore, qui va des *innovateurs* et *adopteurs précoces* jusqu'aux *retardataires*.

*L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse  
des comptes rendus ; les idées restent de la seule responsabilité de leurs auteurs.  
Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.*

## EXPOSÉ de Christophe MIDLER

On croit souvent que la voiture électrique est une nouvelle technologie, mais il existe des voitures électriques depuis les débuts de l'automobile. Elles ont été victimes de ce qu'Utterback et Abernathy ont appelé le *dominant design* : après une phase de foisonnement et d'exploration inventive, certaines technologies réussissent à s'imposer, et peu à peu se met en place un système qui écrase toutes les technologies concurrentes. L'histoire de l'industrie automobile illustre ce phénomène : entre 1903 et 1920, il existe jusqu'à une vingtaine d'entreprises fabriquant des véhicules électriques, puis le *dominant design* du moteur à explosion s'impose et ces constructeurs disparaissent.

Un certain nombre de tentatives ont eu lieu depuis, en particulier lors des crises spéculatives sur le prix du pétrole, et ont parfois suscité de grands espoirs. Ainsi, Wisconsin University en 1973, Princeton University en 1979 et World Resources Institute en 1994 ont respectivement annoncé que le véhicule électrique représenterait quelques années plus tard 20, 10 ou 25 % du parc automobile construit. Or, l'entreprise qui a vendu le plus de véhicules électriques pendant ces dernières décennies est PSA, dans les années 1990, et leur nombre n'a pas excédé 10 000 en dix ans.

Entre-temps, des progrès considérables ont été accomplis sur le plan technique, en particulier sur une technologie clé pour la voiture électrique, celle des batteries. Grâce à de nouveaux couples électrochimiques, on obtient désormais de bien meilleurs résultats qu'avec les anciennes batteries à plomb. La production en masse d'ordinateurs portables a favorisé l'essor de ces technologies et des entreprises comme Tesla s'avèrent désormais capables, à partir de la batterie, de créer assez rapidement une voiture électrique. Peut-on, sur cette base, espérer que la voiture électrique va enfin triompher du *dominant design* du moteur à explosion ?

### Un changement de paradigme

Pour ma part, je suis convaincu que la voiture électrique va réussir, cette fois, à s'imposer, et que ce ne sera pas en raison de ruptures technologiques, mais grâce à une nouvelle façon de prendre le problème et au fait d'inscrire le véhicule dans un projet global de mobilité électrique. Il ne s'agit plus seulement d'opposer la technologie A à la technologie B, mais de changer de paradigme. On retrouve ici la véritable définition du *dominant design*, qui ne tient pas seulement à une technologie donnée mais à tous les usages associés à cette technologie. Un exemple emblématique est celui des claviers "qwerty" : l'absence de changement ne s'explique pas par des raisons techniques, mais par l'inertie de l'usage.

Une autre caractéristique majeure des *dominant designs* est la stabilité des structures de valeur. L'autonomie des voitures est toujours évaluée par rapport à un trajet de 500 kilomètres, alors que la proportion de trajets effectués par les automobilistes sur une telle distance est infime. Inversement, les valeurs de la voiture électrique sont méconnues car peu de gens ont déjà expérimenté la conduite de ce type de véhicule.

Enfin, les produits sont "encastrés" dans des environnements physiques, sociaux ou économiques qui favorisent la coordination des acteurs sur les *dominant designs*. Les infrastructures et notamment les stations services existent pour les véhicules thermiques et n'existent pas encore pour les véhicules électriques. Sur le plan économique, le système des prix des carburants et des taxes permet aux acteurs du véhicule thermique de se coordonner facilement, alors que tout reste à faire pour le véhicule électrique.

Pour ébranler un modèle comme celui du véhicule thermique, il ne suffit donc pas d'agir sur la technologie. Il faut intervenir également sur l'apprentissage des nouveaux usages, sur les modèles d'affaires ou encore sur l'environnement des produits, ce qui suppose une véritable rupture dans la manière de piloter les projets. Or, c'est précisément à ce genre de rupture que l'on assiste aujourd'hui chez les constructeurs, et tout particulièrement chez Renault.

## Deux voies sans issue

Il n'en allait pas ainsi jusqu'à présent. La matrice classique de l'innovation dans le secteur automobile s'est structurée à la fin des années 1980. En simplifiant, elle repose sur un découplage entre la phase amont, où l'on explore les innovations possibles, et la phase aval, où le développement du produit se centre sur les aspects de qualité, coût et délai. Appliquée à la conception du véhicule électrique, cette matrice s'est traduite par deux types de démarches.

La première est celle des *concept cars*, c'est-à-dire de la réalisation d'objets techniques innovants qui ne débouchent jamais sur le marché. Cette démarche est pertinente pour évaluer la faisabilité d'une technologie ou sa maturation mais ne permet pas de tester les dimensions de coût ou d'usage en situation réelle. La deuxième démarche est celle du *véhicule dérivé* : elle consiste à prendre une voiture de série et à remplacer son moteur thermique par un moteur électrique, ce qui aboutit à des performances techniques médiocres pour un coût élevé.

Ces deux processus de conception traditionnels n'avaient à peu près aucune chance d'ébranler le *dominant design*. Dans le premier cas, on reste à la fois loin de l'utilisateur et loin de l'industrialisation. Dans le deuxième cas, on va jusqu'à l'industrialisation mais dans une configuration catastrophique, où l'on conserve toutes les contraintes du véhicule classique, au lieu d'optimiser le nouveau produit.

Si l'on veut réellement ébranler le *dominant design*, il faut réunir au moins quatre conditions.

### Des véhicules électriques intègres

La première consiste à concevoir un produit électrique *intègre*, c'est-à-dire optimisé autour de la motricité électrique, en valorisant tous ses avantages et en tenant compte de ses contraintes. On passe d'une voiture électrifiée à un vecteur optimisé de transport électrique.

#### *À la recherche des watts perdus*

Il y a deux ans, l'un de mes étudiants a travaillé au sein de la Direction de la recherche, des études avancées et des matériaux de Renault (DREAM), sur la question de la consommation électrique des moteurs auxiliaires : climatisation, radio, lève-vitres électriques, etc. Ce thème n'intéressait personne au sein du bureau d'étude, car sur une voiture thermique, quelques kilocalories de plus ou de moins ne font pas de différence. En revanche, sur une voiture électrique, elles peuvent se transformer en kilomètres gagnés ou perdus, et deviennent ainsi beaucoup plus stratégiques.

Concevoir un véhicule électrique ne peut pas se réduire à remplacer un moteur thermique par un moteur électrique, mais implique de revisiter toutes les compétences et toutes les normes de travail du bureau d'étude. En travaillant sur cette question, l'étudiant a été amené, par exemple, à consulter des spécialistes de la peinture, afin d'identifier les produits qui absorbaient l'énergie du soleil ou la réverbéraient. L'un des résultats de ses travaux a été la désignation, au sein du technocentre, d'un "wattman", c'est-à-dire de quelqu'un qui est chargé de pister les watts perdus.

#### *Toyota le précurseur*

L'exemple de la Toyota Prius illustre bien cette approche d'un véhicule intègre : outre la technologie du moteur hybride, Toyota a réussi à imposer un concept entièrement nouveau, avec un style, une architecture, un mode de commercialisation spécifiques. Cette réussite repose sur un processus de conception tout à fait original, consistant à réinventer l'entreprise autour d'un projet pilote, puis à adopter une stratégie de lignée en diffusant les nouvelles compétences dans les métiers afin de pouvoir déployer de nouveaux modèles.

Le projet de véhicule électrique porté par Renault me paraît encore plus ambitieux, d'abord parce qu'il explore la rupture sur quatre types de produits différents, ensuite parce qu'il substitue au processus séquentiel utilisé pour la Prius une exploration concurrente : les compétences métiers, que ce soit sur les composants techno-électriques, les batteries ou les nouveaux services, se construisent en parallèle, et les nouveaux produits mis sur le marché ne sont plus les réceptacles de connaissances ou d'innovations développées en amont, mais les "impulseurs" du développement métier grâce à l'apprentissage des nouveaux usages.

### **Une offre de services adaptée**

La deuxième condition pour réussir à détrôner le *dominant design* consiste à ne pas limiter l'innovation au périmètre du produit : pour être compétitif, il faut compléter le produit par des services qui accroîtront sa valeur.

Par exemple, pour répondre à l'inquiétude du client face au risque de panne de batterie, il faut lui proposer un service d'assistance à l'exploitation extrêmement performant. Pour palier la limite physique de l'autonomie des batteries, on peut imaginer deux types de service : soit le *quick drop* proposé par Renault, qui consiste à changer les batteries en quelques minutes ; soit la mise à disposition de voitures thermiques lorsque les clients ont besoin de parcourir plus de 150 kilomètres, par exemple le week-end ou pour un voyage. Certaines contraintes qui seraient insurmontables du point de vue du produit seul cessent d'être des obstacles si l'on élargit l'offre de services. On peut également élaborer des systèmes de financement qui rassurent le client sur le plan économique. Enfin, l'évolution des habitudes de mobilité et le renforcement de nouveaux usages comme l'autopartage, les taxis électriques ou la mobilité multimodale peuvent s'avérer des atouts précieux pour le développement du véhicule électrique.

La prise en compte des services dans les processus de conception se traduit par l'apparition, dans les entreprises, de "directions des programmes de services de mobilité", mais également par l'ouverture de la démarche de conception aux acteurs clés de la chaîne de valeur des services : opérateurs de services, comme Better Place avec lequel travaille Renault, notamment en Israël ; pouvoirs publics locaux, qui jouent un rôle très important dans les services de transport urbain ; et bien sûr opérateurs de transports, qui gèrent les trains, les taxis, les métros, etc.

### **Le couplage des modèles économiques**

La troisième condition consiste à prendre à bras-le-corps la définition des nouveaux modèles économiques et des rôles respectifs des trois types d'acteurs indissociables que sont les constructeurs, les pouvoirs publics et les énergéticiens.

La notion d'"écomobilité", par exemple, qui repose sur la suppression de toute pollution locale ou encore sur le fait que la ville devient moins bruyante, n'est pas valorisée dans le modèle classique. Il n'y a pas de raison que cette valeur collective et sociétale soit financée uniquement par l'acheteur de la voiture. Toute la question est de savoir comment faire entrer dans le modèle économique les acteurs publics, locaux ou nationaux, qui portent cette valeur.

Autre piste de réflexion, les modèles économiques de Renault, de PSA ou de Total se sont stabilisés autour des prix du pétrole et des taxes qui leur sont affectées. Avec le passage à la mobilité électrique, tout ce système doit être redéfini. Par exemple, il n'existe pas aujourd'hui de tarif spécifique pour l'énergie de mobilité : c'est le même tarif que pour les autres usages. Établir un tarif spécifique pose la question de savoir si l'on saura isoler l'électricité de mobilité de l'électricité destinée à d'autres usages, de même que l'on isole le fioul destiné aux voitures de celui que l'on met dans son tracteur ou dans son système de chauffage.

Un dernier exemple est la gestion de la vie des batteries, dont la capacité diminue inexorablement au fil du temps. Elles peuvent cependant continuer à être utilisées en fin de vie pour d'autres usages, plus sédentaires : il faut identifier lesquels et pour quelle clientèle.

Les différents modèles économiques du constructeur, de l'énergéticien et des pouvoirs publics doivent être redéfinis et couplés les uns aux autres. Chez le constructeur, cette articulation entre les modèles économiques doit se traduire par l'apparition, dans le système de conception, de responsables de *business development* qui prendront en compte l'ensemble de ces dimensions et imagineront des formes de négociation entre les acteurs. Comme on le voit, on est très loin d'une vision purement technicienne de l'innovation.

### **La dynamique d'apprentissage de la mobilité électrique**

Le quatrième et dernier levier est l'art de passer d'une situation où le véhicule électrique est quasiment inexistant à l'apparition d'un marché de masse. Contrairement aux secteurs des télécommunications ou de l'électronique grand public, l'industrie automobile n'a pas été confrontée à ce genre de défi depuis un siècle.

Les travaux de Geoffrey Moore ont montré que cette transition ne peut pas être continue. Elle passe par des étapes successives qui mobilisent cinq types d'acteurs très différents (innovateurs, adopteurs précoces, majorité précoce, majorité tardive, retardataires) et exigent des modes de commercialisation adaptés, notamment lorsque l'on passe d'un marché de niche, avec un marketing très affiné, à un marché de masse où l'on retrouve les modèles de la grande distribution.

À chaque étape, le constructeur doit remettre en cause sa relation au client, avec un moment particulièrement délicat, celui du "saut" entre les clients qui s'intéressent à l'innovation en tant que telle et les clients qui s'intéressent à ce que permet l'innovation sur le plan fonctionnel. Dans cette dynamique, chaque marché doit être évalué non seulement sur le critère de sa rentabilité mais aussi sur sa fonction de prescripteur pour le marché suivant.

### **Conclusion**

La question du véhicule électrique est abordée aujourd'hui dans des conditions très différentes d'il y a quelques années. L'ambition et les moyens que se donnent certains constructeurs me paraissent à la mesure de la rupture qu'ils veulent provoquer.

Je souhaiterais maintenant donner la parole aux représentants des constructeurs qui sont dans la salle.

# DÉBAT

## Le bon timing

**Un intervenant :** *Je partage vos analyses, avec malgré tout deux réserves. Vous avez rappelé que les premières voitures électriques datent d'il y a très longtemps et que chaque nouvelle tentative de les remettre au goût du jour a été un échec : j'ai donc du mal à partager votre optimisme. Le succès des projets actuels dépendra cependant beaucoup de l'évolution du cours du baril : à 30 dollars, il ne sera plus question de voiture électrique ; à 200 dollars, les perspectives deviendront très intéressantes.*

*Ma deuxième réserve concerne la rupture organisationnelle que vous annoncez. Dès les années 1930, les constructeurs avaient compris qu'il fallait compléter leur offre produit par une offre de services. André Citroën a créé la première société de financement automobile française, la SOVAC. Aujourd'hui, tous les constructeurs automobiles de la planète sont devenus des banquiers. Certains se sont également lancés dans la location, avec plus ou moins de bonheur.*

*Je voudrais, pour finir, citer une petite anecdote qui illustre le problème du bon "timing" pour lancer ce genre de projet. L'ancien patron de PSA, celui qui a signé le chèque de 100 millions d'euros pour l'ensemble du programme de développement électrique de PSA sur la période 1985-1995, dont le programme Tulip (Transport urbain libre individuel et public), a donné, à quelques mois d'intervalle, deux interprétations différentes de l'échec de ce programme. Dans un premier temps, il a déclaré : « C'était trop tôt », puis, six mois plus tard, « J'étais visionnaire, mais malheureusement, mon successeur n'a pas poursuivi mes efforts »...*

## L'expérience Tulip

**François Chéry (PSA) :** J'ai passé 37 ans chez PSA, dont 27 dans l'outillage électrique, jusqu'à ce que l'on me demande, en 1992, de me consacrer au projet de voiture électrique, qui était déjà largement engagé depuis les années 1980. À cette époque, de nombreux constructeurs s'intéressaient au véhicule électrique, mais leur démarche consistait essentiellement à électrifier des véhicules existants. La démarche de Peugeot était très différente : il s'agissait non seulement de construire un véhicule spécifique, mais également de travailler en partenariat, d'une part avec une société de transport, VIA GTI, pour la conception globale du système ; d'autre part, avec Cegelec pour les moyens de gestion informatique et les transactions électroniques. J'insiste sur le fait que lorsque Jacques Calvet a présenté le projet Tulip à la télévision, il ne s'est pas contenté de montrer les nouvelles voitures, mais il a également présenté les abris sur les trottoirs et tous les moyens de communication offerts aux utilisateurs du service.

Une expérimentation en grandeur nature avait été menée deux ans auparavant à La Rochelle, avec des voitures ordinaires (106 et Saxo électriques), et un accord gouvernemental avait été signé entre le ministère de l'Industrie, le ministère de l'Environnement et les constructeurs pour développer la voiture électrique et son implantation.

Le résultat est connu : nous avons vendu, en tout et pour tout, 10 000 véhicules, essentiellement sous forme de flottes d'entreprise. Aucune ville, ni en France, ni en Europe, n'a accepté de se lancer dans l'expérience. Même le ministère de l'Industrie ne nous en a pas acheté : il s'est contenté d'accepter les voitures électriques que nous lui avons offertes.

Comment expliquer cet échec ? L'une de ses raisons tient sans doute à un concept qui a émergé à ce moment-là, celui de production de CO<sub>2</sub> "du puits à la roue". Dans un contexte de très grande attente à l'égard de la voiture électrique, on a découvert subitement qu'en fonction de l'origine de l'électricité, ce type de véhicule pouvait être tout aussi polluant qu'une "voiture à pétrole", comme on disait au début du siècle. De plus, les écologistes, surtout allemands, ont accusé la voiture électrique de contribuer à la promotion de l'énergie nucléaire française.

La deuxième grande raison est le temps nécessaire pour convaincre le maire d'une grande ville d'adopter ce genre de système. Mettre en place un parc de 200, 500 ou 2 000 voitures dans une ville nécessite des discussions de plusieurs années, alors qu'un constructeur comme Renault fabrique 10 000 voitures par jour. Nous avons compris que tant que la voiture électrique serait réservée à des services de mobilité et ne serait pas achetée par des particuliers, le marché ne décollerait pas. Parviendra-t-on plus facilement, aujourd'hui, à mettre en place les infrastructures nécessaires pour que les particuliers achètent des voitures électriques ? C'est toute la question.

### Les véhicules hybrides

**Éric Breton (PSA) :** Le Tulip a vraiment été le précurseur des "Autolib' " actuels et de tous les nouveaux modèles économiques que l'on voit se dessiner. Il comprenait même un système de recharge par induction, sans passer par une prise électrique.

Le principal élément nouveau est la pression sur les émissions de CO<sub>2</sub>, qui s'est accrue de façon considérable par rapport aux années 1990. Cette pression permet d'espérer que l'électrification va, cette fois, pénétrer de façon significative et durable dans l'industrie automobile. L'indice CAFE (Corporate Average Fuel Economy), qui mesure la consommation moyenne des modèles produits par chaque constructeur, va conduire les industriels à développer l'électrification y compris sur leurs véhicules les plus gros ou les plus sportifs, qui ne pourront plus être seulement thermiques mais auront des versions hybrides rechargeables.

On peut également s'attendre à ce que les systèmes de type Autolib' ou autopartage se diffusent assez largement, car ils correspondent à un vrai besoin dans les villes.

Les entreprises, qui ont besoin de communiquer en termes de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, verront sans doute dans l'adoption de flottes d'entreprises électriques, que ce soit pour les livraisons ou même pour les véhicules de service, une façon d'améliorer la partie de leur rapport annuel consacrée à l'environnement.

La vraie question est de savoir si le véhicule électrique pourra réellement atteindre le grand public, en particulier en raison des contraintes pesant sur le rechargement des batteries.

Devant cette incertitude, nous avons décidé de ne pas mettre tous nos œufs dans le même panier. Nous fabriquons des véhicules électriques (des Berlingo, des Partner, qui commencent à être commercialisés, notamment auprès de La Poste, et les modèles Peugeot Ion et Citroën C-Zero, dérivés du véhicule i-Miev de Mitsubishi) et nous avons également lancé un nouveau service, "Mu by Peugeot", qui offre toutes sortes de services de mobilité, du vélo à la camionnette, et proposera bientôt également les modèles Peugeot Ion.

Nous sommes cependant convaincus qu'il existera un marché important pour des véhicules polyvalents, capables de rouler en électrique toute la semaine sur des parcours de 20 à 30 kilomètres, mais disposant aussi d'un petit moteur thermique, et peut-être à terme d'une pile à combustible, afin que leurs utilisateurs puissent partir en week-end ou en voyage sans subir les contraintes de recharge ou d'échange de batteries. C'est pourquoi nous travaillons également sur des véhicules hybrides rechargeables, dérivés des hybrides Diesels HYbrid4 que nous commercialiserons dans un an.

### Les perspectives de progrès du thermique

**Int. :** *Qu'en est-il des perspectives de progrès des véhicules thermiques ? Tant que les constructeurs automobiles disposaient d'un monopole sur la motorisation des voitures, ils n'étaient pas vraiment incités à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de façon spectaculaire, mais l'arrivée massive des véhicules électriques risque de changer la donne.*

**É. B. :** Les taux d'émission de CO<sub>2</sub> des principaux véhicules thermiques ont diminué de façon très rapide au cours des deux dernières années, à la fois sous la pression de l'indice CAFE et pour répondre à la demande des clients, incités à ce choix, entre autres, par la mesure du bonus/malus.

Il est clair que la compétition entre thermique et électrique va se poursuivre et s'accroître. Le résultat tournera-t-il à l'avantage de l'électrique ? Ce n'est pas certain. Le rendement des véhicules thermiques peut être encore fortement amélioré, surtout si l'on réduit significativement leur poids. Lorsque j'ai commencé à travailler sur les projets de véhicules hybrides chez PSA, Renault estimait que la voiture électrique représenterait 20 % du marché mondial en 2020. Aujourd'hui, on n'entend plus parler que d'un objectif de 10 % du marché européen. Pour ma part, j'estime que le thermique a encore de beaux jours devant lui et devrait représenter une part prépondérante du marché pendant encore dix ou quinze ans.

**F. C. :** Le développement des véhicules hybrides va renforcer ce phénomène. Un véhicule hybride ne peut rouler en électrique pur que sur deux kilomètres au maximum, mais son moteur électrique se met en route dans toutes les situations où le moteur thermique a un mauvais rendement. Entre cette option et l'amélioration du rendement des moteurs thermiques, on peut espérer diviser par deux la consommation des véhicules thermiques.

**Christophe Midler :** Si l'on persiste à évaluer le véhicule électrique à l'intérieur du paradigme du véhicule thermique, on n'a aucune chance de sortir du *dominant design*. Le critère de la consommation est loin d'être le seul à prendre en compte pour apprécier ses performances. Ceux qui ont conduit une voiture électrique ont constaté des différences très significatives dans l'usage du véhicule, dans la façon de se mouvoir, dans l'effet produit lorsqu'on accélère, sans parler du silence.

**É. B. :** Le contraste entre la conduite d'une voiture thermique et celle d'une voiture électrique est très net, mais la différence n'est pas si évidente par rapport à une Prius. À faible allure, c'est le moteur électrique qui fonctionne, et quand le moteur thermique se met en marche, on ne l'entend pratiquement pas.

### Les freins

**Int. :** *À l'issue du débat de l'École de Paris consacré au véhicule électrique<sup>1</sup>, j'avais décidé que ma prochaine voiture serait électrique. Mais en y réfléchissant, j'ai pris conscience que j'allais me heurter à de nombreux problèmes. J'aurai certainement du mal à obtenir de mes copropriétaires l'autorisation d'installer une prise, que ce soit à mon domicile ou sur mon lieu de travail. Je devrai sans doute attendre que l'État le rende obligatoire, mais cela prendra du temps et quand la décision tombera, les installateurs seront débordés pendant deux ans. Il restera la solution du quick drop, mais on peut s'attendre à des difficultés de gestion des stocks et des files d'attente, comme pour les Vélib' : on trouve des stations vides quand on cherche un vélo et des stations pleines quand on veut se garer. L'idée de posséder une voiture électrique et de louer une voiture thermique pour le week-end n'est pas très convaincante non plus : tout le monde voudra des voitures thermiques au même moment, d'où des casse-tête insolubles pour les loueurs. Par ailleurs, en cas d'embouteillage sur l'autoroute, ne risque-t-on pas de voir des dizaines de voitures électriques en panne sur le bord de la route, ce qui serait désastreux pour leur image ? Enfin, que se passera-t-il en cas d'explosion d'une batterie ?*

*Si j'arrive à peu près à concevoir le système de mobilité électrique en régime permanent, j'ai quelques doutes sur le régime transitoire. Les constructeurs auront-ils suffisamment de poids auprès de l'État, d'EDF, des villes, pour imposer la mise en place de toutes les infrastructures nécessaires ?*

**C. M. :** Je ne sais pas si vous vous rangez dans la catégorie des *retardataires* définie par Geoffrey Moore ou dans celle des *adopteurs tardifs*, mais vous ne figurerez à l'évidence pas parmi les *adopteurs précoces* de la voiture électrique !

L'une des nouveautés de la situation actuelle est que les constructeurs ne considèrent pas que les problèmes que vous décrivez doivent être pris en charge par leurs clients, par l'État, par les municipalités ou par d'autres opérateurs, mais d'abord par eux-mêmes. Mon équipe de

---

<sup>1</sup> Patrick Pélat, Michel Matheu, Christophe Midler, Philippe Hirtzman, "Le véhicule électrique va-t-il enfin démarrer ?" séminaire "Les Invités" de l'École de Paris du management (IN020210).



recherche s'est intéressée à un autre mode de transport innovant qui a rencontré des problèmes d'infrastructure, l'Airbus A380. Sachant que cet avion ne pouvait pas atterrir sur les aéroports existants, Airbus a demandé aux acteurs dont c'était a priori le travail, à savoir les gestionnaires d'aéroports, d'étudier la question. L'évaluation donnait un coût tellement élevé qu'il rendait l'équation insoluble. Airbus a décidé de nommer en interne un responsable des infrastructures A380 et a lancé ses propres études, qui ont permis de réduire les coûts d'adaptation des infrastructures de manière impressionnante. Les problèmes d'infrastructures que vous décrivez ne restent pas orphelins : les constructeurs les prennent à bras-le-corps et poursuivront leurs efforts jusqu'à ce que des solutions soient trouvées.

**Christian Rousseau (Renault) :** Résoudre toutes les difficultés qui ont été signalées demandera une collaboration entre tous les acteurs, et les pouvoirs publics sont parfaitement convaincus du rôle qu'ils ont à jouer dans ce domaine. À la suite du Grenelle de l'environnement, des textes de lois vont être votés pour permettre à des copropriétaires, et peut-être même à des locataires, de saisir la copropriété pour obtenir l'installation de prises dans les parkings. À partir de 2012, toutes les nouvelles constructions devront être équipées d'un nombre minimum de prises.

Le dimensionnement des infrastructures à mettre en place sur la voirie fait encore l'objet de débats. Normalement, l'autonomie des véhicules ne nécessite pas de dispositif de recharge rapide pour les utilisations quotidiennes (de 30 à 60 kilomètres). Sachant que ces dispositifs seront pris en charge par les collectivités, il faut déterminer au plus juste les optimums économiques.

La problématique de la gestion des stocks est bien connue des loueurs de voitures. Les possibilités offertes par les nouveaux outils de communication, embarqués ou non, devraient permettre d'anticiper les besoins et de gérer les files d'attente et les stocks de façon satisfaisante.

Enfin, la place du véhicule individuel par rapport aux systèmes de transport collectif va certainement évoluer et les dispositifs d'autopartage vont se multiplier. Le véhicule électrique sera certainement au cœur de ces dispositifs : on n'imagine pas des collectivités investir dans des systèmes d'autopartage et annoncer à leurs citoyens et électeurs que ces systèmes fonctionneront avec des voitures polluantes, bruyantes et émettrices de CO<sub>2</sub>.

### **Le rôle des concessions**

**Int. :** *Vous n'avez pas beaucoup évoqué l'aspect de la commercialisation. Souvent, les efforts très importants accomplis en matière d'innovation se heurtent au fait qu'en bout de chaîne, les voitures sont vendues de façon assez "fruste" par les commerciaux. Quel dispositif organisationnel pourrait être mis en place pour générer et capitaliser de l'apprentissage commercial ?*

**C. M. :** Un intervenant a évoqué le fait que les services autour de l'automobile existaient depuis les années 1930. C'est vrai, mais jusqu'ici, ces services étaient "juxtaposés" à l'offre produit. Il n'y avait pas d'adhérence entre les deux. Tout l'enjeu d'un projet comme celui du véhicule électrique est de créer une adhérence très forte entre produits et services. Peut-être cela se traduira-t-il par un système de distribution spécifique : je ne sais pas si c'est prévu, et si c'était le cas, je ne pourrais pas en parler. Une chose est sûre, la première clientèle sera celle des flottes d'entreprises, mais pour s'adresser au grand public, il faudra imaginer des modes de commercialisation adaptés.

**É. B. :** Nous comptons beaucoup sur notre service "Mu by Peugeot" pour populariser nos véhicules électriques, en particulier pour un usage urbain dans des villes moyennes. Les concessionnaires mettront ainsi le pied à l'étrier : pour louer ces véhicules, ils devront apprendre à les entretenir, et ce faisant, ils auront peut-être davantage envie d'en vendre.

## La maintenance des voitures

**Int. :** *Qu'en est-il de la maintenance des voitures électriques ?*

**É. B. :** Concernant nos véhicules électriques commercialisés entre 1995 et 2004, nous avons eu un peu de mal à organiser l'entretien des véhicules, à la fois parce qu'il exige une habilitation électrique spécifique, et parce que les véhicules électriques étant très fiables, les garagistes ne se voyaient pas confier suffisamment de réparations pour conserver leur savoir-faire, ce qui créait un cercle vicieux : ils étaient de moins en moins enclins à se charger de ces réparations. De ce point de vue, l'apport des véhicules hybrides est intéressant : les garages seront de toute façon amenés à recevoir ces véhicules pour entretenir la partie thermique, et seront obligés d'obtenir l'habilitation électrique pour pouvoir gérer la partie électrique, ce qui les incitera à accepter aussi d'entretenir des véhicules électriques. Le volume total des véhicules hybrides et électriques sera très supérieur à celui des véhicules électriques seuls que nous avons connu par le passé, ce qui maintiendra une activité suffisante pour ne pas perdre le savoir-faire.

**C. M. :** Le fait que chaque voiture soit suivie individuellement peut permettre d'imaginer des systèmes de maintenance beaucoup plus efficaces qu'actuellement. L'expérience que mène Renault sur des marchés-tests comme celui d'Israël, en partenariat avec l'opérateur Better Place, va permettre de faire l'apprentissage du suivi en temps réel d'un parc automobile. Ce genre de dispositif existe déjà pour les camions, avec, par exemple, le suivi par l'entreprise Michelin de tous les poids lourds équipés des ses pneus.

**Int. :** *La perte prévisible de chiffre d'affaires ne risque-t-elle pas de fragiliser les réseaux ?*

**É. B. :** Elle pourra être compensée par des activités nouvelles, comme les services de mobilité.

## Pourquoi cet engouement ?

**Int. :** *Comment expliquez-vous l'engouement et le volontarisme extraordinaires dont la voiture électrique fait l'objet aujourd'hui ?*

**Michel Berry :** J'ai un indicateur concret de cet engouement : 700 personnes se sont inscrites à la soirée de l'École de Paris consacrée à ce sujet. Cela ne s'était produit qu'une fois auparavant, pour une séance consacrée à la Nouvelle économie, juste avant l'éclatement de la bulle...

**C. M. :** Personnellement, je me suis toujours intéressé à l'industrie automobile : je suis fasciné par sa capacité à rebondir et à se redéfinir après chaque crise, en inventant le fordisme, la diversification associée à la standardisation avec Sloane, puis le toyotisme, et maintenant en affrontant le défi énorme des émissions de gaz à effet de serre et de la crise de l'énergie.

## La montée en puissance de la Chine

**Int. :** *À supposer que le véhicule électrique parvienne à décoller, on risque de voir de nombreux concurrents entrer sur le marché, car d'après Patrick Pélata lui-même, la fabrication d'une voiture électrique est beaucoup plus simple que celle d'une voiture thermique. Par ailleurs, on parle beaucoup d'autopartage, de location et d'autres dispositifs qui visent à socialiser l'usage de la voiture et tendent par conséquent à réduire les volumes vendus. Qui va gagner de l'argent dans cette opération ?*

**Int. :** *Les nouveaux entrants peuvent s'emparer de certaines niches, mais pour la production en grands volumes, les constructeurs déjà installés ont une longueur d'avance.*

**Int. :** *Nous venons d'assister à un véritable bouleversement dans la planète automobile, avec la faillite de General Motors d'une part, et la montée en puissance des constructeurs chinois.*

*Tout cela incite à penser que nous devons être capables de mener à bien ce type de projet le plus vite possible.*

Présentation de l'orateur :

Christophe Midler : directeur du Centre de recherche en gestion (CRG) et professeur à l'École polytechnique ; ses travaux portent sur les mutations des grandes entreprises industrielles dans le domaine de la stratégie d'innovation, de l'organisation des projets et de la conception des produits nouveaux ; il a publié de nombreux articles et plusieurs ouvrages sur ce thème dont *L'auto qui n'existait pas, management des projets et transformation de l'entreprise*, *Faire de la recherche en management de projet* (direction en collaboration avec Gilles Garel et Vincent Giard) et, en 2010, *Working on Innovation* (en collaboration avec Guy Minguet et Monique Vervaeke).

Diffusion mai 2010