

Robotique et mobilité

La perspective d'une cité des transports automatisés est-elle crédible ?

Résumé

Cette synthèse tente une prospective des transports urbains automatisés, individuels et collectifs¹. Dans les transports collectifs, les métros et véhicules automatiques légers sont une réalité ancienne. En France, le VAL de Lille inauguré en 1983, métro automatique sur pneus fait figure de référence historique. Chaque année de nouvelles lignes apparaissent dans le monde.

Les réalisations sont bien plus rares du côté des véhicules individuels routiers, robotisés et sans conducteur (deux systèmes sont en exploitation dans le monde, à l'aéroport de Schiphol à Amsterdam depuis 1997 et à Masdar depuis décembre 2010). De multiples projets de véhicules autonomes de petite capacité sont néanmoins engagés, des démonstrations sont réalisées et les médias annoncent régulièrement que ces véhicules robotisés préfigurent nos voitures de demain.

Pour savoir si le véhicule individuel automatique a de l'avenir, il faut examiner les aspects de faisabilité technique, les investissements à consentir, les freins réglementaires, mais aussi l'utilité au regard des usages, l'acceptabilité, des dimensions psychologiques, et enfin prendre en compte les multiples solutions de mobilité qui sont en concurrence. De tout cela, il ressort que les véhicules robotisés auront forcément une place plus importante dans nos villes d'ici à 2050, mais qu'elle devrait rester marginale. Remplacer la voiture avec conducteur par un véhicule robot véritablement autonome relève de la chimère. Les solutions consistant à agréger des automatismes et des systèmes d'assistance, en rendant les véhicules plus intelligents, plus communicants, mais aussi plus sûrs, sobres, etc. semblent avoir bien plus d'avenir, comme en témoigne déjà l'orientation du marché automobile.

Sommaire

1. Métros, tramways... le transport collectif pionnier de l'automatisation.....	2
2. Les projets de véhicules robotisés individuels (« voitures robots », « voitures automates »...) sont périodiquement relancés	7
3. La faisabilité technique n'est pas tout	16
4. Intelligence embarquée et automatisation plutôt que « voiture robot » ? La robotique face aux multiples solutions pour les déplacements de demain.....	22

Mars 2011
Cédric Polère

GRANDLYON

communauté urbaine
Direction de la Prospective et du Dialogue Public
20 rue du lac - BP 3103 - 69399 LYON CEDEX 03
www.millenaire3.com

¹ Cette synthèse est basée sur des entretiens réalisés auprès de Pierre Favre (LUTB – Renault Trucks), Philippe Grand (LUTB – Irisbus), Bernard Espiau et Roger Pissard-Gibollet (INRIA-Grenoble), Michel Parent (INRIA-Paris Rocquencourt), Pierre Soulard et Jean Coldefy (Grand Lyon - Voirie Circulation) que nous remercions ici, et sur des ressources documentaires et des sites web indiqués au fil du propos.

1. Métros, tramways... le transport collectif pionnier de l'automatisation

Les systèmes automatiques urbains² recouvrent deux univers, les transports collectifs en métros, tramways ou par câble, et le transport individuel, par automobiles ou véhicules assimilés.

Les véhicules de transport en commun à conduite automatique intégrale ont conquis leur place dans nos modes de déplacements depuis les années 80. Ces systèmes ont pour caractéristique principale de circuler intégralement en site propre et d'être guidés. Pour des roboticiens, ces véhicules ne sont pas des robots, car il leur manque des caractéristiques essentielles comme l'autonomie ou l'apprentissage.

Le « people mover », transport léger par rail apparaît à New York (1964)

La technologie du transport hectométrique ou « people-mover », système de tramway ou transport léger par rail entièrement automatisé, a été appliquée pour la première fois en 1964 pour le pavillon Ford Magic Skyway de la Foire internationale de New York. Ce terme « people-mover » est utilisé surtout pour des navettes surélevées à crémaillère desservant des petites zones telles que des aéroports ou des parcs d'attractions. Les systèmes à plusieurs stations destinés au transport de masse dans une ville sont aussi appelés « automated guideway transit » (AGT).

Les people-movers ont conquis des aéroports et hôpitaux, où les distances inter-stations sont faibles. Le premier people-mover public dans un aéroport a été installé en 1971 à l'aéroport international de Tampa (États-Unis). Certaines navettes font un simple aller-retour sur un tronçon de quelques centaines de mètres.

Parmi les réalisations les plus récentes, le « tramway individuel » automatique suspendu (portant 4 personnes par véhicule) est testé en Suède par la firme coréenne Vectus. Elle espère vendre ce mode de transport à des campus, hôpitaux et aéroports (L'usine Nouvelle, 5 octobre 2007).



Le VAL de Lille, premier système de transport urbain au monde à fonctionner en automatisme intégral (1983)

Le Véhicule automatique léger de Lille, anciennement appelé « Villeneuve-d'Ascq-Lille », métro automatique sur pneus inauguré en 1983, est souvent cité comme le premier people-mover destiné au transport de masse, mais ce titre est contesté par le Port Liner de Kōbe au Japon, en service depuis 1981.

² Cette synthèse, centrée sur le champ des déplacements urbains, ne prend pas en compte un certain nombre de véhicules robotisés : l'industrie fait appel ainsi à des chariots automatiques pour le transport de palettes ou pour alimenter en pièces des chaînes de montage. Les chariots utilisent des systèmes filoguidés, optoguidés, ou géoguidés. Les milieux extrêmes, où le haut niveau de risques justifie des investissements dans la robotique pour éviter l'exposition humaine, forment un terrain privilégié de la robotique. Ces robots sont le plus souvent télécommandés, et plus rarement autonomes : exploration spatiale, nucléaire, exploration sous-marine et forage pétrolier, protection civile dans les aéroports ou pour repérer des personnes dans des décombres d'immeubles, et évidemment domaine de la défense, où la tendance est de recourir aux robots : chars, camions, robots démineurs, etc. Des annonces spectaculaires ont été faites, comme la décision de l'armée de l'air américaine de faire piloter les avions de combat par des robots avant 2040.



Robert Gabillard devant le VAL de Lille

http://www.lavoixdunord.fr/Locales/Seclin/actualite/Secteur_Seclin/2010/02/09/article_robert-gabillard-le-physicien-qui-a-inve.shtml

Issu de recherches dans les laboratoires de l'Université de Lille2 et d'un brevet sur les automatismes déposé en 1971 par le professeur Robert Gabillard de l'Université Lille 3, il a été construit par Matra (aujourd'hui Siemens Transportation Systems, en charge de l'ingénierie globale de plusieurs projets de VAL dans le monde) pour équiper le métro de Lille.

Parmi les constats énoncés à la fin des années 1960 qui ont donné forme à la solution du VAL, l'un militait pour un système sans conducteur : les entreprises de transport public comme la RATP étaient fortement déficitaires, en raison d'une masse salariale qui pesait à hauteur de 70 % des coûts d'exploitation. Il a donc été prévu un système sans conducteur qui permette une vitesse commerciale et une fréquence élevées.

Les VAL en France et dans le monde

Plusieurs villes françaises ont envisagé la construction d'un VAL sur le modèle lillois, avant d'adopter finalement la solution du tramway : c'est le cas de Strasbourg qui choisit le tramway en 1989 suite à l'élection de Catherine Trautmann, et de Bordeaux dont le projet de VAL a été abandonné au profit d'un réseau étendu de tramways suite à l'élection d'Alain Juppé. Finalement en France, en dehors de Lille, seule Toulouse, avec sa ligne A inaugurée en 1993, puis Rennes adopteront un VAL. Depuis 1991, l'aéroport d'Orly est aussi relié au réseau express parisien par Orlyval, une ligne de métro automatique de type VAL³.

Les dispositifs fonctionnant selon le principe du VAL sont essentiellement situés en Asie et en Europe : à Lausanne (le M2), Turin, Dubaï, Taipei, Singapour, New York, Chicago (aéroport O'Hare)... Plusieurs projets sont en cours en Corée du Sud, à Pusan-Kimhae et Uijeongbu⁴ ; « sept lignes VAL devraient être construites dans le cadre du schéma décennal 2007-2016 pour un montant d'investissements de l'ordre de 4 milliards de dollars. »⁵ Le VAL n'est qu'une des multiples solutions retenues par la Corée du Sud pour régler ses problèmes de circulation de personnes et de marchandises.

Pour autant, avec 11 lignes de VAL en service dans le monde en 2010 selon Wikipedia (l'INRETS⁶ indique de son côté une vingtaine de VAL), cette solution reste assez marginale, au regard des plus de 400 tramways en fonctionnement. De plus, l'histoire des VAL est ponctuée de nombreux échecs, tel le VAL de Jacksonville inauguré en 1989 puis démantelé en 1996.

³ Voir <http://www.orlyval.com/>

⁴ Voir https://www.swe.siemens.com/france/web/fr/sts/realisations/asia/Pages/uijeongbu_seoul.aspx et <http://www.ui4u.net/site/Juyo/Page.asp?MCode=B010020040>

⁵ Voir « Le secteur des transports au cœur de la croissance verte en Corée », <http://coree.aujourdhuilemonde.com/le-secteur-des-transport-au-coeur-de-la-croissance-verte-en-coree>

⁶ INRETS, « Le tramway moderne ou le métro automatique », 2003.

La ligne D à Lyon, première ligne de métro conventionnel sans conducteur (1992)

Le métro automatique est un cousin du VAL. Certains principes du système automatique inventés pour le VAL ont été appliqués à divers métros nouveaux ou existants (Nuremberg, Lyon, Paris, Copenhague, etc.). Les métros sans conducteur sont devenus assez courants en Europe et dans certaines régions d'Asie.



A Lyon, la ligne D fut la première ligne automatique à grand gabarit du monde. Elle est utilisée en mode automatique depuis le 31 août 1992.

Maggaly est le nom de code utilisé lors du projet d'automatisation de la ligne, signifiant « Métro Automatique à Grand Gabarit de l'Agglomération Lyonnaise ». Contrairement à la plupart des métros automatiques actuels, les quais ne possèdent pas de portes palières.

A Paris, la 14^{ème} ligne du métro parisien, Météor, est aussi un métro automatique utilisant, contrairement à un VAL, des rames et des voies d'écartement standard. Elle repose sur le Système Automatique d'Exploitation des Trains (SAET), logiciel créé par Matra Transport International et la RATP en s'inspirant du logiciel Maggaly. Aujourd'hui, le Grand Paris est concerné par deux projets concurrents de métros automatiques : le réseau du Grand Paris de Christian Blanc et celui de la région Ile-de-France (l'Arc Express)⁷.

Après un déclin, le système du tramway a retrouvé un dynamisme à compter des années 1970-80, d'où la création de nouveaux réseaux et l'amélioration des réseaux existants, ainsi que des progrès sur les voitures, comme l'adoption de planchers bas. Les tramways ont pour avantage d'être exploités en surface, ce qui limite les coûts de construction au regard d'un métro souterrain. Un rapport, « Le tramway moderne ou le métro automatique » réalisé par un chercheur de l'INRETS indique les avantages de l'automatisation (pour les métros) comparativement à un système avec conducteur :

« L'application de l'automatisme intégral de conduite aux nouveaux systèmes de transport est la conséquence d'une recherche de performances techniques (vitesses élevées, réduction des intervalles entre rames, accroissement de la sécurité) que la conduite humaine ne permettait pas d'obtenir. En effet, aux heures de pointe sur le réseau de métro urbain de Paris et d'autres réseaux à travers le monde, la plupart des lignes fonctionnent depuis plus de vingt ans déjà en automatique au moins aux heures de pointe, c'est-à-dire à celles où la conduite doit être la plus performante et où l'attention des conducteurs risquerait d'être sollicitée au-delà de ce qui est humainement possible.

L'usager est sensible à une haute fréquence de passage qu'apporte l'automatisme intégral, en supprimant toute longue attente en station. Cette qualité redonne de l'attrait au transport public. (...)

Les systèmes de métro automatique offrent une qualité de service, une souplesse, une régularité de métronome, une sécurité que les métros légers [les tramways] peuvent atteindre avec difficulté ; la raison principale est que le métro automatique utilise la conduite entièrement automatique sans conducteur qui nécessite un site propre intégral, avec des coûts

⁷ Voir « RER, Franciliens, métros, à quoi ressembleront-ils en 2040 ? », Axel Constantinoff, 1er octobre 2009, TF1 News : <http://lci.tf1.fr/france/quels-transport-parisiens-en-2040-5522762.html>

élevés du système et des véhicules, et des coûts de construction invariablement plus hauts que les coûts de construction du métro léger.» (Francis Kuhn, INRETS, Rencontre franco-coréenne Transports Urbains, Séoul, avril 2003)

Il existe une autre technologie que celle du tramway ou métro guidé par des rails : la technologie « maglev » (pour **m**agnetic **l**evitation) désigne des trains à sustentation magnétique, sans contact avec les rails. Le Shànghǎi Cífú Shìfàn Yùnyíng Xiàn, « Ligne à sustentation magnétique de démonstration opérationnelle de Shanghai » est la première ligne maglev à usage commercial du monde. Il relie l'aéroport international de Pu Dong à la station Longyang Road sur la ligne 2 du métro de Shanghai. La construction de la ligne a débuté en mars 2001, pour une mise en service commerciale en janvier 2004. La conduite se fait en mode automatique, mais des personnes restent présentes dans la cabine de pilotage, pour un contrôle⁸. La ligne été construite par des sociétés allemandes, mais sa construction a permis à des sociétés chinoises de s'approprier la technologie puis d'en déposséder les Allemands par des dépôts de brevets.



Entre tramway et automobile, le Personal Rapid Transit (PRT) : Morgantown (1975) et Masdar (2010)

Le système appelé « Personal Rapid Transit » (PRT), traduit en français par « transport rapide personnel » ou « transport personnel automatisé », est parfois comparé à un taxi. En fait, il s'agit plutôt d'un système intermédiaire entre le tramway et l'automobile.

Il s'agit encore de « people-movers », mais qui utilisent des flottes de petits véhicules (20 personnes au maximum). Autonomes, ils circulent sur un réseau de voies, entre des stations, selon un trajet non déterministe. Cette configuration permet de fournir un service continu aux passagers.

Concrètement, le Personal Rapid Transit n'a existé, en tant que dispositif ayant quitté la phase expérimentale pour entrer dans une phase commerciale, que dans la petite ville de Morgantown aux Etats-Unis à partir de 1975 (ce dispositif a connu de nombreuses difficultés, donnant une mauvaise image des PRT). Il a fallu attendre 35 ans pour qu'un second PRT soit opérationnel dans le monde, avec l'inauguration de celui de Masdar.

⁸ Voir le forum : <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=278960> ; voir aussi « Shanghai Maglev Train » <http://www.smtc.com/en/index.asp>.



A Masdar, « ville durable » de l'émirat d'Abou Dhabi, un système de transport individuel automatique (4 personnes par véhicule) de type PRT est exploité depuis décembre 2010.

Cette cité modèle se construit, depuis 2008 et pour plusieurs décennies, à proximité de l'aéroport international de l'émirat. □□

Quant à l'aéroport Heathrow de Londres, le PRT ULTRA (pour Urban Light TRAnsport) est depuis des années en phase de test. Il fonctionne avec des « pods » (capsules en anglais), cabines guidées d'une capacité de 4 personnes faisant penser à des mini-bus design ou à des taxis automatiques, qui relient un terminal à des parkings de l'aéroport. Son entrée en service commercial est repoussée année après année.

La solution des PRT, bien que séduisante et ludique, occupe une place très modeste dans les systèmes de transports, en raison des coûts à consentir.

Les transports automatiques par câble

Au sein de la galaxie des systèmes automatiques de transport, le transport par câble (télécabine, ascenseur...) tient une place restreinte dans les villes, mais constitue une solution intéressante, que Minatec Grenoble a par exemple choisie pour relier deux de ses bâtiments : un projet en cours de réalisation comporte une salle propre mobile, ou cabine funiculaire, qui reliera deux zones à environnement contrôlé du CEA Leti, distantes de 250 mètres. Le dispositif est réalisé par un des leaders mondiaux du transport par câble, l'entreprise Poma⁹.



⁹ Voir <http://www.vepres-constructions.com/emailing/actualite-file/1286806498.pdf>

2. Les projets de véhicules robotisés individuels (« voitures robots », « voitures automates »...) sont périodiquement relancés

Les cybercars ou « Cycabs » de l'INRIA

Le déplacement automatique a fait l'objet de recherches dès le début des années 1990 au sein de l'INRIA, Institut national de recherche en informatique et en automatique qui a présenté en 1996, un véhicule prototype, le Cycab, pour illustrer le potentiel de la robotique dans les déplacements urbains.

Les véhicules automatiques basés sur des techniques automobiles sont souvent appelés des cybercars en France, selon une terminologie générique diffusée par le sénateur du Rhône René Trégouët¹⁰, qui a été notamment président de la Commission Innovation au Sénat. René Trégouët qui a étudié, avec l'INRIA de Paris-Rocquencourt, un projet de liaison automatique entre Lyon et l'aéroport de Lyon Saint Exupéry, est une figure historique dans la défense de la solution de la voiture robotisée en France. Techno-optimiste, il écrivait ainsi en 1999 :

« Dans moins de 20 ans, les modes de déplacement des habitants de nos grandes villes se seront profondément modifiés. La pollution liée au rejet des moteurs thermiques dans les grandes cités et la demande de plus en plus pressante des populations va obliger les Pouvoirs Publics à prendre la décision, dans des délais qui sont maintenant très courts, d'interdire la circulation dans nos villes à partir de l'an 2015 (2010 ?) au plus tard de tous les véhicules utilisant des moteurs à essence ou au gas-oil. Cette décision maintenant inéluctable va avoir de profondes répercussions sur l'ensemble des déplacements urbains.

Ainsi, non seulement nos berlines actuelles fonctionnant uniquement au sans plomb ou diesel auront disparu mais même les bus crachant leurs volutes noires sur les piétons auront dû s'effacer. Tout laisse également à penser que les moyens collectifs de surface (trolleybus, bus électriques ou au gaz et même tramways) auront, en 2020, laissé leur place (précieuse) dans nos rues, qui auront été reconquises par les végétaux et les piétons, à des trains de petits modules de 4 à 6 places, propulsés par des moteurs électriques dans un premier temps qui, eux-mêmes laisseront place à des moteurs à hydrogène, dont les seuls rejets seront de l'eau ». (Edito « Transports urbains du futur : vers la fin des grandes infrastructures » RT Flash, Lettre n°63 du 18 septembre 1999, http://www.tregouet.org/edito.php3?id_article=302)

Il semble inutile de relever que cette prévision a été complètement démentie par les faits. Nous reviendrons plus loin sur les raisons de cette erreur de prospective, qui consiste à identifier correctement certaines tendances (ici : refus croissant de la pollution dans les villes, avancée vers des moteurs plus « propres », volonté des autorités locales de faciliter les transports en commun et de limiter la place de la voiture, expérimentations a priori concluantes de véhicules robotisés...), mais à négliger l'univers des contraintes et solutions alternatives dans lesquelles ces tendances s'inscrivent.

A partir de ses recherches, l'INRIA a proposé à la Commission européenne les programmes CyberCars et CyberMove concernant les véhicules urbains automatiques, le premier volet étant appliqué aux technologies et le second aux études socio-économiques.

¹⁰ Concernant les activités sénatoriales de René Trégouët, voir http://www.senat.fr/senateur/tregouet_rene86047k.html



Pour tester la solution du véhicule robot, deux prototypes de Cycab ont été réalisés en 1997-1998, l'un à l'UR de Paris-Rocquencourt, l'autre à l'UR de Grenoble (où il est encore possible de les voir). Dans un rapport produit par des chercheurs de l'INRIA en 1999, le projet est ainsi défini : « *Dans le cadre de la route automatisée, l'INRIA a imaginé un système de transport original de véhicules en libre-service pour la ville de demain — Ce système de transport public est basé sur une flotte de petits véhicules électriques spécifiquement conçus pour les zones où la circulation automobile doit être fortement restreinte* ». ¹¹

Le Cycab est un petit véhicule autonome, donc un véhicule robotisé, circulant à faible vitesse et pouvant communiquer avec ses congénères. Le système prend en charge la gestion de la direction et la vitesse de la voiture. Au cours des années 1990 et 2000, les Cycabs, par définition plateforme expérimentale évolutive, ont changé dans leurs appareillages. Autour de 2009-2010, un Cycab était équipé d'un laser et d'une caméra (possédant deux objectifs, ce qui ouvre à la vision 3D) qui lui permettent d'éviter les obstacles. Les Cycabs sont guidés par des « rails électroniques » basés sur un GPS (Global Positioning System) de modèle différentiel, ayant une précision de quelques centimètres, des clous magnétiques, des repères optiques ou encore par un magnétoglisser, rail magnétique placé dans le sol. La détection des obstacles s'effectue grâce à un système de lasers ou de caméras qui commande au véhicule de ralentir ou de s'arrêter.

Lors des nombreuses démonstrations de Cycabs dans des villes françaises et européennes, trois objectifs étaient poursuivis : démontrer que l'exploitation continue d'un cybercar est envisageable à court terme ; qu'il est possible d'intégrer ce type de transport futuriste sans barrières architecturales dans la ville ; enfin, que l'utilisateur l'utilise volontiers, en toute confiance ¹².

Les véhicules individuels robotisés en exploitation sont aussi rares... que les plateformes expérimentales sont nombreuses (CyberGo, Google Car, RoboCar, EN-V...)

A la fin de 1997, l'aéroport de Schiphol à Amsterdam a mis en place les premiers véhicules routiers automatiques pour le transport des personnes. Encore aux Pays-Bas, à Rotterdam, le ParkShuttle est un people-mover qui fonctionne selon un mode semi-collectif pour effectuer la liaison entre un parc d'affaires et une station de métro ¹³. A Masdar, il s'agit d'un PRT et non d'un véhicule routier. Les réalisations de véhicules individuels au stade opérationnel sont donc très rares.

¹¹ « Le Cycab de l'INRIA Rhône-Alpes », Gérard Baille, Philippe Garnier, Hervé Mathieu, Roger Pissard-Gibollet, Rapport technique, avril 1999.

¹² A Antibes, une navette a ainsi circulé du 3 au 13 juin 2004 le long du port de plaisance, transportant au total près de 3 000 personnes. Nous citons Michel Parent et Thierry Chanard :

« *Du point de vue urbanistique, il a été démontré que ce type de mobilité douce gagne, sur la voiture, au moins 2000 m² par kilomètre de voirie. Autrement dit, il est envisageable de restaurer le domaine public au profit des piétons et de l'animation sociale, tout en assurant la mobilité urbaine. Enfin, l'enthousiasme général des premiers usagers semble indiquer une acceptation sociale aisée. La ville d'Antibes a d'ailleurs décidé d'étudier l'aménagement de la ligne telle qu'elle a été initialement projetée, sur la totalité du parcours (une boucle de 3 km). Cette ligne devrait permettre ainsi aux visiteurs venant en voiture de laisser leur véhicule à l'entrée de la ville dans un parking gratuit et de se rendre au port ou à la vieille ville sans engorger ni polluer le site.* » (Thierry Chanard, Michel Parent, « Quelle place pour la voiture en ville », http://interstices.info/jcms/c_9550/quelle-place-pour-la-voiture-en-ville?part=0)

¹³ Lien : <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/parkshut.htm>

En revanche, de nombreux projets ont défrayé la chronique ces dernières années. Il en est ainsi de la « **Google car** », concept de voiture sans conducteur à un stade très expérimental présentée par Google¹⁴. General Motors teste en Chine un microvéhicule urbain électrique à deux roues, l'« **EN-V** », en envisageant l'option de la conduite complètement automatisée¹⁵. Au Japon, la « **RoboCar G** » est un prototype expérimental commercialisé à destination des entreprises ou des laboratoires travaillant sur la voiture à conduite assistée ou automatique.



La RoboCar G n'est qu'un outil de recherche mais elle préfigure sans doute la voiture de demain. © ZMP

Nous citons un extrait d'article qui décrit sommairement le RoboCar :

« La RoboCar G bientôt en vente ? C'est ce qu'annonce un magazine japonais, TechOn!. L'engin n'est pas tout à fait une surprise. Il s'appuie sur un autre modèle de RoboCar, dix fois plus petit et déjà commercialisé depuis juin 2009. Fabriqué par la société ZMP, ce robot à roues est autonome, bardé de capteurs et concentre un grand nombre d'innovations techniques.

Deux caméras CCD, donnant une vision en stéréo, regardent vers l'avant tandis que l'environnement immédiat est sondé par huit capteurs de rayonnement infrarouge et qu'un rayon laser peut repérer un obstacle. Les informations parviennent à l'ordinateur embarqué dont le système d'exploitation est Linux et qui s'appuie notamment sur un circuit d'analyse d'image, ImapCar, réalisé par Nec. Les logiciels internes utilisent aussi les données fournies par le capteur d'accélération sur trois axes et par ceux installés dans le moteur et sur les moyeux des roues.

Un jour, la voiture conduira. L'appareil n'est pas un jouet mais une plate-forme d'étude pour mettre au point techniques et algorithmes destinés à des engins entièrement robotisés. »¹⁶

Des projets de véhicules automatiques fleurissent un peu partout dans le monde, y compris en Amérique latine¹⁷. La France est en pointe sur le secteur des véhicules routiers automatisés,

¹⁴ « La Google car, le rêve d'une voiture sans conducteur », Le Monde, 10 octobre 2010, LEMONDE.FR, http://www.lemonde.fr/technologies/article/2010/10/10/la-google-car-le-reve-d-une-voiture-sans-conducteur_1423251_651865.html. Notons que Google soutient d'autres projets de mobilité, comme le projet Shweeb de véhicule à propulsion humaine de type vélo couché utilisant une infrastructure monorail et une nacelle, destiné au transport individuel en milieu urbain sur des trajets courts (<http://shweeb.com>) ; cette solution est expérimentée dans un parc d'attraction en Nouvelle-Zélande.

¹⁵ « Comment va-t-on rouler demain dans les villes... Un véhicule d'un mètre cinquante qui se gare, voire se conduit tout seul : un constructeur américain esquisse en Chine le futur de la mobilité urbaine », Le Figaro, 9 novembre 2010.

¹⁶ Voir http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/robotique/d/robocar-g-une-voiture-robot-experimentale-en-2010_22792/

en raison notamment des projets de l'INRIA, des initiatives privées et de grands programmes, dont le Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT) mis en place au début des années 1990 sous le patronage de plusieurs ministères¹⁸ et du soutien apporté par l'Union européenne, avec le projet Citymobil notamment.¹⁹

Au sein de l'INRIA, l'équipe de recherche IMARA (Informatique, Mathématiques et Automatique pour la Route Automatique) qui comprend une trentaine de personnes à Paris-Rocquencourt poursuit ses travaux sur les Cycabs. Elle expérimente en 2011 à la Rochelle un véhicule taxi automatique, le « **CyberGo** », sur un trajet de 2 km. Le roboticien Michel Parent, qui a dirigé l'IMARA depuis 1991, décrit l'expérimentation : « *Veolia est ainsi partenaire de notre projet de recherche expérimentale à La Rochelle, qui vise en 2011 à effectuer une liaison entre un bus en site propre et une navette maritime, par un système de transport électrique robotisé. Il s'agira d'un prototype proche d'un taxi partagé, accessible aux fauteuils roulants et aux poussettes. Trois véhicules seront mis en service sur un parcours de deux kilomètres jalonné d'arrêts sur une voie semi piétonne. Six à dix passagers pourront prendre place dans cette navette automatisée appelée CyberGo.* » (retrouvez l'interview sur Millénaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Michel_Parent_2011_01.pdf)

Plusieurs constructeurs de véhicules sont partenaires de projets de l'INRIA. Ils élaborent des solutions de transport qui devraient trouver leur marché dans les prochaines décennies : la société **Induct** réalise le CyberGo, testé à la Rochelle. Elle a également mis au point une voiture Scenic robotisée²⁰. **robosoft**, une des premières startups de l'INRIA installée à Bidart dans le Sud-Ouest, pionnière de la robotique mobile depuis 1985, propose les solutions de transport robotisé RobuCar et RobuLab²¹. Après de multiples expérimentations, robosoft a vendu au fort du Simserhof à Bitche en Moselle la première solution entièrement robotisée de

¹⁷ Lien vers un projet de système de conduite automatique au Brésil : <http://www.lepetitjournal.com/eco-rio-de-janeiro/51533-sao-paulo--rio-societe-recherche-vcule-conducteur-automatique.html>

¹⁸ Portant sur des périodes de cinq ans, l'actuel PREDIT (2008-2012) est doté de 400 millions d'euros. Au sein de ce programme, l'enjeu environnemental a impacté les différents projets de véhicule propre (bruit, particules, émissions). Les principaux axes de recherche du PREDIT sont la sécurité routière, avec des projets visant à développer des systèmes d'aide à la conduite, la voiture intelligente-communicante et enfin la diffusion d'informations sur le trafic et les services d'aide à la mobilité. Voir <http://www.predit.prd.fr/predit4/lepredict.html>

¹⁹ De nombreuses initiatives européennes sont conduites par le consortium Citymobil, qui regroupe une trentaine de partenaires. Ce projet développe des automatisés de transport public, dans de nombreuses villes d'Europe. Lien vers CityMobil : http://ec.europa.eu/research/research-for-europe/transport-citymobil_fr.html

²⁰ L'article « La conduite automatisée au secours des aveugles », sans date, <http://voituredefutur.autodeclics.com/?p=366> laisse à penser que la voiture robot serait une solution pour la mobilité des déficients visuels : « *Et voici que l'on reparle de la conduite automatisée... Pourquoi ? Tout simplement parce qu'un exploit vient d'être réalisé il y a quelques jours sur le circuit de Lédénon, dans le Gard. Un aveugle a pris le volant d'une voiture qui se conduit toute seule. L'auto, je la connais. C'est la Scenic robotisée de la société Induct : une start up spécialisée dans la géolocalisation et l'assistance à la conduite, membre du pôle de compétitivité Mov'eo. Je l'ai d'ailleurs filmée pour le compte de « Turbo ». Grâce à ses capteurs laser et optiques, plus une localisation très précise par GPS et par centrale inertielle, elle peut se repérer dans un environnement maîtrisé (circuit, piste aménagée). C'est donc au volant de ce véhicule, et aidé par une synthèse vocale, que Luc Costermans a pu boucler un tour du circuit de Lédénon. Qui est Luc Costermans ? Ce belge, passionné de sports mécaniques dont la Formule 1, et qu'un accident de voiture a privé de la vue il y a quelques années, s'évertue depuis à battre des records pour non voyants : en avion, sur des hors bord et même en voiture. (...) Ce que je retiens, c'est que la technologie peut venir en aide aux personnes à mobilité réduite et handicapées. Le créneau de la voiture pour aveugles est sans doute très étroit et incongru, mais l'assistance partielle ou totale peut ouvrir des horizons. Pour Luc Costermans, la démonstration a en tout cas bien marché.* »

²¹ Lien vers le site web de Robosoft : <http://www.robosoft.com/eng/>

transport collectif pour le tourisme culturel. « *Les visiteurs sont conviés à une promenade de 30 minutes à l'intérieur du fort, à bord de robuRIDE entièrement automatiques et coordonnés avec un spectacle tout à fait exceptionnel* ». Toujours selon robosoft, « *Dès aujourd'hui, tout exploitant de site protégé accueillant une grande densité de personnes devant se déplacer sur de courtes distances peut considérer une solution de transport automatisé comme une solution pertinente par sa fiabilité, sa rentabilité économique et ses avancées sociétales et sécuritaires* ».²²

Ligier, constructeur à Vichy de véhicules sans permis a pour objectif de commercialiser, au terme du projet de R&D VIPA (Véhicule individuel public automatisé), des petits véhicules autonomes électriques pour des sites où le besoin en déplacement est mal satisfait : parc d'attraction, site industriel étendu, etc. Arnaud Bocquillon, fédérateur Industries du pôle de compétitivité ViaMéca, présente ce projet VIPA :

« L'objectif de ViaMéca est de s'appuyer sur les compétences académiques du territoire pour permettre aux entreprises du pôle d'être en capacité de proposer de véritables solutions de transport automatique intégrées. C'est l'ambition exprimée par la filière du véhicule sans permis dont 75% des capacités de production françaises sont localisées sur le territoire du pôle ViaMéca. Aujourd'hui, la stratégie de constructeurs comme Ligier ou Aixam est de se positionner comme un fournisseur de solution de mobilité urbaine. Le projet de R&D VIPA labellisé par le pôle ViaMéca est une bonne illustration de cette démarche. Il fait intervenir deux entreprises auvergnates : la société Ligier de la région de Vichy et le bureau d'études clermontois Apojee. Ce projet s'appuie également sur les compétences du Laboratoire des sciences et matériaux pour l'électronique et d'automatique (LASMEA) de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand qui fait partie des deux ou trois laboratoires français les plus en pointe sur les questions de véhicule autonome. On peut noter également la présence du Laboratoire d'analyse des signaux et des processus industriels (LASPI) de l'IUT de Roanne. Le projet VIPA vise à mettre au point et commercialiser des petits véhicules autonomes électriques pour assurer un certain nombre de déplacements mal satisfaits à l'heure actuelle comme la desserte des parkings d'aéroports, de gares, les déplacements sur les sites industriels étendus, la visite de parcs d'attractions, etc. Le caractère novateur du VIPA réside dans le fait qu'il décline horizontalement la facilité d'usage de l'ascenseur. Une borne permet à l'utilisateur d'appeler un VIPA, une fois dans le véhicule il indique l'endroit où il souhaite se rendre via une interface simplifiée et le véhicule se charge de le conduire en toute autonomie. La force de ce concept est qu'il n'implique aucun travaux d'infrastructures importants, le VIPA n'a pas besoin de rails de guidage et peut fonctionner de façon individuelle ou en convoi. Un système de guidage lui permet de se repérer dans l'espace. Il est également capable de détecter les obstacles qu'il rencontre sur sa route et d'adapter sa vitesse et sa trajectoire grâce aux capteurs intelligents dont il est doté. Ce projet VIPA a été présenté cette année au mondial de l'automobile de Paris ». (retrouvez l'interview sur Millenaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Arnaud_Bocquillon_ViaMeca_2010_01.pdf)

Le pôle de compétitivité ViaMéca poursuit d'autres projets de véhicules robotisés, tel SafePlatoon qui concerne la problématique de la sûreté de fonctionnement des convois de véhicules autonomes, et le projet FAST en milieu rural qui rappelle que les véhicules automatiques ont aussi d'autres usages que le transport de personnes (il existe ainsi des véhicules sans pilote qui servent de plateformes aux ouvriers cueilleurs dans les exploitations californiennes d'arbres fruitiers). Ce projet soutenu par l'ANR dans le cadre du programme de

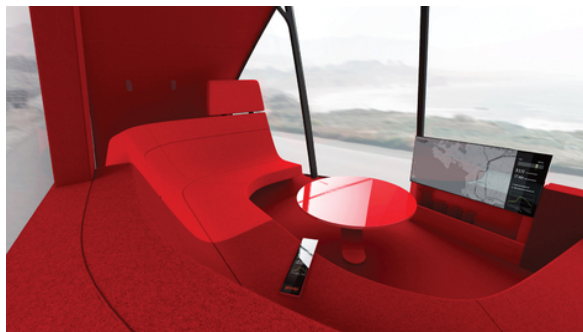
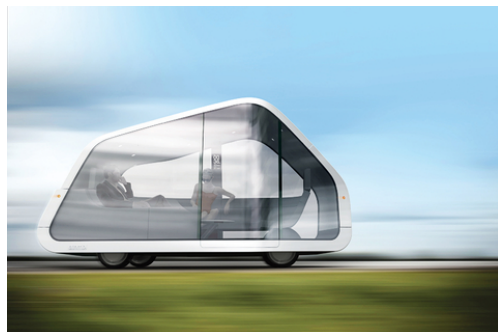
²² Robosoft, « Le Transport Automatisé des Personnes », http://www.robosoft.fr/img/data/wp-transports_FR.pdf

recherche PSIROB (Systèmes Interactifs et Robotique) « vise à concevoir un véhicule autonome capable d'évoluer à haute vitesse dans un milieu naturel irrégulier. Ce projet pourrait avoir des retombées en matière de véhicules de chantier, agricoles, militaires, etc. » selon Arnaud Bocquillon.

Lohr industrie porte pour sa part le projet « **Cristal** ». Thierry Chanard, à la tête d'une équipe pluridisciplinaire composant le GEA, bureau d'urbanisme à Lausanne, est l'initiateur et coordinateur de ce projet, semble-t-il en cours de préindustrialisation : « *Ce projet propose des véhicules qui peuvent être indifféremment accessibles en libre-service intégral qu'être organisés en convois de navettes urbaines de capacité variable, afin de répondre en temps réel à l'évolution de la demande de mobilité des usagers selon qu'elle est dispersée ou concentrée dans le temps et dans l'espace urbain. Le projet Cristal est un projet d'une trentaine de millions d'euros, labellisé par le Pôle de Compétitivité "Véhicules du Futur", financé par le Gouvernement français et pris en charge par Lohr industrie (Strasbourg).* » (<http://www.si-nos-villes-avaient-des-ailes.com/chercheurs.html>)

Les « concept cars » robotisés : quand les agences de design renouvèlent l'imaginaire de la voiture

Quand les designers se penchent sur la voiture robot, il n'est pas question de présenter un modèle qui fonctionne, mais d'ouvrir le champ de l'imaginaire sur le « *comment pourraient évoluer nos automobiles ?* ». Ainsi, le studio de design Mike and Maaike a présenté, lors de la Biennale de Design de Saint-Etienne 2010, « **ATNMBL : projet prospectif pour 2040 de véhicule électrique et automatisé** ».



ANTMBL est défini comme un véhicule collectif sans chauffeur, fonctionnant à l'électricité et à l'énergie solaire, « *qui doit inciter à l'échange et la rencontre. Il accueille des voyageurs qui pourront se reposer, discuter, travailler ou contempler la vue* » (http://www.mikeandmaaike.com/#p_mandm). L'habitacle ressemble davantage à un salon ou à un bureau qu'à l'habitacle de nos voitures actuelles.

L'agence tchèque **Kubik Design** a présenté pour sa part un « **robot taxi** », dont le site internet Roboimpact a relevé qu'il ressemblait à un aspirateur²³.

Nous citons plutôt un blogueur séduit par l'initiative : « *Nous voulons des robots taxis : Circuler en ville en voiture est un véritable cauchemar. Les métros sont réservés aux moins claustrophobes* »



²³ <http://www.robotimpact.com/news/robotique/robotique-experimentale/851-le-robot-taxi-ressemble-au-robot-aspirateur-de-dyson>

d'entre vous, et les bus ne s'arrêtent jamais où on le voudrait. Et les chauffeurs de taxis sont trop grognons ou trop bavards. La solution est pourtant simple: des robots taxis! A l'heure actuelle, ces adorables pots de yaourt biplaces jaunes sont encore au stade du concept, que l'on doit aux visionnaires designers de l'agence tchèque Kubik Design. (<http://bm7.blog.mongenie.com/index.php?idblogp=919751>)

La voiture robot est pour demain ! Les médias se saisissent des « démos » pour annoncer leur arrivée

Le Cycab de l'INRIA a été perçu comme la voiture de demain, alors que c'est une plateforme expérimentale. Le chercheur de l'INRIA-Grenoble Roger Pissard-Gibollet qui a travaillé sur ce projet explique ce genre de glissement : *« Nos plateformes sont avant tout des outils de validation, permettant retours sur expérience, simulation et expérimentation avec test à l'échelle si l'on va jusqu'au bout. Elles ont aussi une dimension de démonstration, de preuve du concept. De-là vient la confusion : si la « démo » est trop bien faite, et il faut bien reconnaître que l'on ne peut s'empêcher d'avoir envie de montrer quelque chose qui marche, les journalistes y verront le véhicule du futur. C'est un peu ce qui s'est passé avec les Cycabs. »* (retrouvez l'interview sur Millenaire3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_ressm3/Espiau_Pissard_INRIA_130111_01.pdf)

Les démonstrations ont un caractère ambigu. Quand la démonstration « est trop bien faite », et qu'elle est de surcroît accompagnée d'un discours prophétique quant à ses applications, les médias relayent la prophétie. Les titres des articles (« Le concept Cycab, un véhicule en libre-service pour quartiers piétonniers des grandes agglomérations »²⁴, « Le Cycab de l'INRIA à la conquête des routes »²⁵...) ne laissent aucun doute sur leur apparition prochaine.

Selon le rapport du Centre d'analyse stratégique « Les nouvelles mobilités » paru en 2010, « les projets innovants en matière de véhicules et de services de mobilité occupent très largement l'espace médiatique » et « façonnent les imaginaires collectifs des pays développés », alors qu'ils « restent en grande partie à l'état de prototypes, voire d'espaces virtuels »²⁶. En raison de la puissance de l'imaginaire du robot, cette dimension est encore accentuée pour les plateformes expérimentales de véhicules robotisés, invariablement présentés comme des prototypes de la voiture du futur. Responsable du projet Cycab, Michel Parent lui-même a porté l'argumentaire dans d'innombrables interviews et articles. Dans « Demain des voitures sans conducteur ? »²⁷, le chercheur avait cette formule saisissante : *« les véhicules en libre-service intégral seront au centre-ville ce que le caddie est au centre commercial »*. Ses propos produisent une image concrète du véhicule robotisé dans la ville de demain, et donc relie de manière efficace le champ de la technique à celui de l'imaginaire :

« A quoi ressembleront les cybercars du futur ? Ils seront sans doute peu différents des monospace offerts maintenant par l'industrie automobile. Certains seront réservés aux espaces urbains, certains seront peut-être plus polyvalents et pourront ainsi sortir de la ville.

²⁴ Site de clean-auto.com, 2000, <http://www.clean-auto.com/CyCab-un-vehicule-en-libre-service?526.html>

²⁵ Site d'artesi.com, 2009, <http://www.artesi.artesi-idf.com/public/article/le-cycab-de-l-inria-a-la-conquete-des-routes.html?id=19404>

²⁶ Centre d'analyse stratégique, « Les nouvelles mobilités – Adapter l'automobile aux modes de vie de demain », rapport au Premier ministre, novembre 2010.

²⁷ Site de caradisiac.com, 2005, <http://www.caradisiac.com/Demain-des-voitures-sans-conducteur-49124.htm>

D'autres seront adaptés aux livraisons de marchandises (en particulier avec le développement du e-commerce). Ils seront certainement très propres et silencieux, vraisemblablement grâce à une technologie hybride et un fonctionnement purement électrique en ville. Bien entendu, ils auront un fonctionnement automatique, mais aussi un fonctionnement manuel qui leur permettra ainsi d'avoir accès à toutes les infrastructures existantes.

Par ailleurs, la technologie du « platooning » (trains de véhicules sans contact) permet de transposer l'ambition d'une mobilité intégrale et intégrée à une réalité plus tangible.

Demain, les opérateurs en matière de transports publics, outre les transports en commun existants, gèreront des flottes de véhicules aux interfaces identiques. Ces derniers seront répartis dans l'espace urbain afin de constituer une offre dispersée en libre-service intégral, sans réservation. Mais ces véhicules pourront se reconfigurer en transport en commun sur certains axes à forte demande à certaines heures. En effet, les techniques de l'automatisation ont démontré que de fortes capacités pouvaient être atteintes par ces véhicules (aux environs de 8000 véhicules par heure) sur des infrastructures légères. Si, de plus, on demande aux usagers de se regrouper dans ces véhicules (co-voiturage), on peut ainsi arriver à un transport en commun de forte capacité aux périodes de pointe qui peut redevenir un transport individuel à la demande dès que la pointe est passée. »²⁸

Chaque projet de voiture robotisée donne lieu à une similaire projection imaginaire, qui s'appuie paradoxalement, pour montrer à quoi on peut s'attendre, sur des œuvres de fiction ayant déjà réalisé ce travail de projection. Le site Robot impact n'a pas hésité pas à assortir son article sur le PRT ULTRA de Londres Heathrow, intitulé « *Des taxis robotisés, c'est pour très bientôt* », d'une photo du taxi robot « Johnny Cab » du film Total Recall, sorti en 1990 (dans ce film, des robots humanoïdes conduisent les taxis de la ville souterraine).



« *L'aéroport Heathrow en Grande Bretagne est un des aéroports les plus visités au monde. L'an prochain, cet aéroport espère introduire des taxis robotisés pour emporter les passagers entre les divers terminaux. Les passages entreront leur destination sur un clavier et le taxi y emportera son client à la vitesse de 40 Km/h. Si tout se passe bien, l'aéroport britannique pense s'équiper de plus de 400 de ces taxis.* » (6 octobre 2007, <http://www.robotimpact.com/news/robotique/robotique-personnelle/201-des-taxis-robotises-cest-pour-tres-bientot>)

Le DARPA Urban Challenge, une formidable publicité

La DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)²⁹, financée par le département américain de la Défense, contribue à médiatiser la perspective de la voiture automatique. La DARPA organise périodiquement des courses de prototypes de véhicules routiers sans pilotes. Le véhicule doit se déplacer en condition réelle, de manière entièrement autonome, sans recevoir aucune commande lors de son parcours. Lors de la première édition en 2004, pas un véhicule n'a dépassé le 12^{ème} kilomètre. Lors des éditions suivantes, des véhicules ont réalisé l'ensemble du parcours, pourtant de plus en plus relevé. Ces compétitions sont un formidable révélateur des progrès réalisés en matière de robotique appliquée aux véhicules routiers. Les deux premières éditions se sont déroulées dans le désert, la troisième en milieu urbain en

²⁸ Thierry Chanar, Michel Parent, « Quelle place pour la voiture en ville », 2004, http://interstices.info/jcms/c_9550/quelle-place-pour-la-voiture-en-ville?part=0)

²⁹ Le site du DARPA : <http://www.darpa.mil/index.html>

2007, ce qui amené à rebaptiser la compétition « DARPA Urban Challenge ». Depuis, aucune compétition n'a été organisée.

C'est aussi un événement assez stupéfiant, qui nourrit l'imaginaire de la voiture robot. Depuis 2004, chaque course donne lieu à une pléiade de reportages, de vidéos sur Youtube, et d'articles qui apprennent au grand public que « les robots prennent le volant »³⁰. Nous citons un article qui annonce le challenge 2007 et éclaire ses enjeux, en mêlant description et anticipation.

« Le pilotage automatique, bientôt une réalité » (16 août 2007)

<http://www.commentcamarche.net/news/3401292-le-pilotage-automatique-bientot-une-realite>

« Le pilotage automatique dans la voiture ? Le vieux fantasme incarné dans les années 80 par Kitt, Pontiac héroïne de la série américaine K2000, est aujourd'hui est en passe de devenir une réalité. En octobre prochain, le DARPA Urban Challenge se chargera de démontrer qu'une voiture est bien capable de se mouvoir toute seule, sans aide humaine.

Organisé depuis plusieurs années, le DARPA est une course à laquelle prennent part des voitures intelligentes dépourvues de pilote mais bourrées d'ordinateurs préparés par des universités américaines. Organisé par le ministère américain de la Défense, ce concours reste avant tout militaire : développer des véhicules afin de réduire les pertes humaines sur le champ de bataille. Mais cette manifestation permet néanmoins de faire le point sur l'avenir de l'automobile grand public. Les 36 véhicules sélectionnés devront parcourir un trajet de 100 km en milieu urbain, à Victorville (Californie), une ville fantôme utilisée comme terrain d'entraînement par l'armée américaine. Chaque voiture devra respecter le code de la route, maintenir une bonne distance avec les obstacles et les autres véhicules, mais aussi s'arrêter aux intersections, laisser la priorité, négocier des ronds-points, etc. Sera déclaré vainqueur le véhicule qui parvient à boucler le plus rapidement son parcours. Les berlines, break, 4x4 et autres SUV engagés dans la partie recevront un équipement électronique de pointe. Le laboratoire de recherche électronique de l'Université de Stanford a par exemple installé à bord d'une Volkswagen Passat break une direction électromagnétique, un accélérateur et un frein à main électriques, une boîte de vitesse robotisée, mais aussi de nombreux radars et capteurs chargés d'analyser toutes les données extérieures. Le tout est géré par un super-ordinateur muni d'un processeur Intel Core 2 Duo et doté de logiciels développés pour l'occasion. (...)

Les finalistes du DARPA réalisent chaque année des performances étonnantes qui laissent entrevoir un avenir où des voitures intelligentes seraient capables d'interagir entre elles pour éviter accrochages et autres incidents de la route. Les phases éliminatoires du DARPA Urban Challenge auront lieu du 26 au 31 octobre 2007. La finale est prévue pour le 3 novembre. » □

³⁰ Nous reprenons ici le titre de l'article « Les robots prennent le volant »,

http://www.mondeo.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=107&Itemid=1&ed=15&PHPSESSID=c21cac5b310c11f4780994aff810ad5

3. La faisabilité technique n'est pas tout

Les véhicules robots sur des axes dédiés : une faisabilité technique avérée

La perspective de véhicules robots autonomes nous amenant où bon nous semble reste chimérique, même en considérant l'évolution potentielle des technologies à un horizon de 30 ou 50 ans. En revanche, la faisabilité technique de véhicules complètement automatiques sur des axes instrumentés est avérée pour les véhicules routiers individuels circulant sur des axes dédiés, comme les démonstrations de Cycabs l'ont montré, ou comme l'atteste le véhicule de la société robosot, RobuRide, en exploitation dans un parc de loisirs en Moselle.

La faisabilité technique semble aussi de mise pour un transport automatique de marchandises sur des « autoroutes automatiques » et « routes automatisées ». Le National Automated Highway System Consortium créé aux Etats-Unis en 1993 a démontré la faisabilité technique de véhicules sans conducteur, en convois. Selon Bernard Favre, responsable d'un programme du pôle de compétitivité Lyon Urban Trucks & Bus (pôle centré sur les transports urbains de personnes et de marchandises), plusieurs projets de R&D de ce pôle démontrent la possibilité d'automatiser une partie du transport routier de marchandises : « Dans LUTB le projet FREILOT cherche à favoriser l'arrivée au cœur des villes, sur des axes dédiés, de camions au chargement optimisé plutôt que de véhicules plus nombreux mais moins bien chargés, en particulier pour réduire les émissions de CO2 et la consommation d'énergie. Comme l'a démontré un autre projet (CHAUFFEUR2), les camions pourraient être sans conducteur, avec un véhicule suiveur connecté par un lien virtuel à un véhicule leader, les deux véhicules étant supervisés par le PC Criter du Grand Lyon. » (retrouvez l'interview sur Millénaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Bernard_Favre_UrbanTrucks_2011.pdf)

Le principe de ces routes ou autoroutes automatiques consiste à permettre à des véhicules instrumentés de circuler sur des infrastructures elles-mêmes instrumentées, sans l'intervention du conducteur. Le conducteur s'engage sur une voie de conduite automatisée par une zone d'entrée. Le système de conduite automatisée prend le contrôle du véhicule (à partir du moment où il a été reconnu apte à circuler), et l'insère dans le trafic. Lorsque le véhicule a atteint sa destination, le système le manœuvre jusqu'à la bretelle de sortie. La perspective de l'autoroute automatisée reste néanmoins très hypothétique, même si les médias tendent ici encore à la présenter comme une réalité à venir.

L'autoroute automatique sur la bonne voie



« Imaginez un trajet où vous n'auriez pas besoin de conduire tout en étant au volant. Avec l'autoroute automatique, c'est possible : la voiture est guidée soit par guidage optique, soit grâce à un boîtier électronique installé dans la voiture. Le véhicule gère lui-même sa vitesse, calcule les distances et évite les obstacles. Une expérience a déjà été menée en Californie, mais abandonnée car trop coûteuse. De nouveaux modes de guidage (suivi des lignes blanches plutôt que des balises implantées dans la route) devraient permettre de réduire les frais d'équipement. Outre le confort pour l'utilisateur, l'objectif est d'optimiser le trafic, de diminuer l'accidentologie et la consommation d'essence ».

Source : <http://www.journaldunet.com/economie/magazine/innovation-2050/autoroute-automatique.shtml>

La technologie est forcément une des clés pour que les transports automatiques deviennent un jour une réalité. Les progrès ont été considérables en matière de capteurs, de systèmes de vision intelligente, de matériaux, de calcul, de géolocalisation, avec une réduction du coût et de la taille de ces éléments dans le sens de la miniaturisation. Selon l'INRETS, les évolutions technologiques réalisées sur trois plans : capacité de calcul et de traitement de l'information, disponibilité d'outils de communication fiables et de positionnement des véhicules, et enfin disponibilité d'outils de détection fiables permettant par exemple la détection d'obstacles, rendent possible l'autoroute automatique et plus largement augurent une révolution des transports : « *L'intégration de ces potentialités permet de concevoir une évolution radicale des systèmes de transport. Elle doit permettre le développement d'automatismes et une modification radicale de la gestion des flux.* »³¹

Des projets de véhicules automatiques ont connu d'importants revers

Pour autant, bien d'autres paramètres que la faisabilité technique feront les choix de demain. L'histoire des véhicules automatiques compte un nombre considérable d'échecs, de projets avortés avant d'avoir vu le jour, ou dont l'exploitation a été stoppée, ce qui est déjà un indicateur de la complexité de la mise en œuvre opérationnelle. Ce n'est pas un hasard si dans l'article « Grands travaux inutiles » de Wikipedia³², terme popularisé par le journaliste belge d'investigation Jean-Claude Defossé dans son ouvrage « Le petit guide des Grands Travaux Inutiles » publié en 1990 qui désigne de grands chantiers n'ayant jamais été terminés, n'ayant pas atteint leurs objectifs ou dont l'utilité est contestée, les transports automatiques sont en bonne place. Pour la France, deux des sept « GTI » recensés sont dans ce cas : « *Le projet du [SK 6000](#) de l'Aéroport Roissy-Charles-de Gaulle, transport automatique léger. La ligne fut achevée et le matériel acheté mais des problèmes de fiabilité récurrents conduisirent à l'abandon du projet en 1999 après l'engagement d'un milliard de francs. Une partie de l'infrastructure a cependant été réutilisée pour la ligne du [CDGVAL](#) ; le [SK de Noisy-le-Grand](#) devait relier la gare RER à une école de Police jamais construite à quelques centaines de mètres de là.* »

Les trains à sustentation magnétique de technologie « maglev » ont occasionné d'importants projets en Allemagne qui ont tous avortés. Cette technologie n'est pourtant pas une impasse : comme nous l'avons indiqué plus haut, une première ligne a ouvert à Shanghai en 2004, et une ligne expérimentale au Japon a permis à un train d'atteindre la vitesse record de 581 km/h en décembre 2003.

De manière générale, de nombreux projets ont échoué en raison des coûts prohibitifs à consentir, et parce que cette solution était battue en brèche par d'autres, moins coûteuses, moins complexes, plus fiables, plus acceptables, etc. Quant aux véhicules qui évoluent en surface, dans un milieu où de multiples événements peuvent survenir, il n'est pas opportun qu'un véhicule ait trop d'autonomie décisionnelle ! Ce constat a été porté par plusieurs de nos interlocuteurs.

³¹ LCPC, LIVIC, INRETS, « Route automatisée poids lourds », rapport final, juin 2004, http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/dri/RMT04-007_PARTIES_1_ET_2.pdf

³² Lien : http://fr.wikipedia.org/wiki/Grands_travaux_inutiles

Usages, sens, acceptabilité, aspects réglementaires feront les choix de demain

Pourquoi a-t-on cru à ce point dans la perspective prochaine du véhicule urbain robotisé, allant jusqu'à annoncer régulièrement que nos déplacements utiliseraient ces modes de transports ? Il est indéniable que les experts ont fait à la fois preuve de « techno-optimisme », optimisme technique lié à une surestimation du rythme des avancées techniques et de leurs applications dans le champ du véhicule robotisé, et de « socio-optimisme », en estimant que c'est par ces solutions techniques que l'on résoudra des problèmes d'ordre social ou urbain, en l'occurrence des enjeux de déplacement, pollution, émission de GES, etc. Les articles sur les cybercars combinent de manière caractéristique ces deux formes d'optimisme.³³

Le mode de raisonnement des chercheurs et ingénieurs fournit des éléments d'explication. Spécialistes de la robotique, ils ont à la fois tendance à sous-estimer les solutions concurrentes à celles qu'ils développent, et à la fois à se polariser sur les aspects techniques pour penser les solutions de déplacement, alors que d'autres facteurs conditionnent plus largement les solutions qui seront adoptées. De plus, selon l'économiste des transports François Plassard, « *les experts, sans doute parce qu'ils sont immergés dans le domaine des technologies, ont systématiquement tendance à sous-estimer les difficultés de la diffusion sociale des nouvelles technologies* »³⁴.

Des roboticiens et ingénieurs reconnaissent que la faisabilité technique n'est pas la condition suffisante à l'exploitation d'une solution : « *Ce n'est pas seulement la technologie qui fera les solutions de demain, ce sera la réponse sociale. Les modes de transports automatiques se mettront en place si cela a un sens, si c'est utile, perçu au niveau individuel et collectif comme un apport, s'il y a un consensus à commencer par celui des personnels d'exploitation et conducteurs... Sans compter les événements qui peuvent survenir : imaginez d'ici à 2050 qu'un accident comme Tchernobyl se reproduise sur une centrale nucléaire européenne, du jour au lendemain l'électricité nucléaire sera perçue comme extrêmement sale. Alors que l'on parle aujourd'hui d'électromobilité, on aura peut être envie de quelque chose de complètement différent.*

Mes réflexions personnelles me font penser qu'autant les technologies peuvent être améliorées et contribuer à l'amélioration des systèmes, autant il ne faut pas les percevoir comme apportant directement des solutions, mais intégrer dans nos choix les dimensions sociales, de responsabilité, d'éthique. En robotique, on est au cœur de cette question. (Bernard Favre, LUTB-Renault Trucks)

Des expérimentations comme le programme ITS (« Intelligent Transport System ») aux Etats-Unis se sont conclues en admettant que le volet comportemental des innovations devait être mieux étudié. Dans ce dernier cas, ce constat « *faisait suite à des expériences décevantes de mise sur le marché de systèmes de freinage anti-bloquants (avancée technique qui s'est accompagnée d'un changement de comportement dans la conduite, d'où un effet nul sur les gains de sécurité). Le rapport du Transportation Research Board suggère de renforcer le volet recherche sur les facteurs humains et le comportement des conducteurs (...)* »³⁵. Cet

³³ Site d'artesi.com, 2009, <http://www.artesi.artesi-idf.com/public/article/le-cycab-de-l-inria-a-la-conquete-des-routes.html?id=19404>

³⁴ François Plassard, « Rétrospective de la prospective – La prospective dans le domaine des transports, recherche critique », mars 2003, <http://www.innovations-transport.fr/IMG/pdf/089-R98MT77.pdf>

³⁵ Dominique Drouet et Dominique Sellier, « La recherche aux Etats-Unis dans le domaine des transports terrestres », PREDIT, 2000, p. 60.

exemple souligne que l'on ne peut déconnecter l'univers des techniques de celui des comportements.

Un autre verrou majeur qui s'oppose aux véhicules robotisés est d'ordre légal et réglementaire et concerne la responsabilité des exploitants : la Convention de Vienne de 1963 sur la circulation routière impose qu'il y ait forcément un conducteur dans un véhicule individuel. D'autres sont d'ordre économique ou relèvent de la stratégie des constructeurs : les grands constructeurs automobiles refusent la perspective de véhicules complètement automatiques, aux Etats-Unis comme en Europe. C'est une des raisons de l'abandon aux Etats-Unis des recherches sur l'autoroute automatisée (AHS Automatic Highway System), en 1997, après une expérimentation pourtant réussie sur le plan technique à San Diego.

Bus et camions sans conducteur : une perspective non crédible

La perspective de bus complètement automatiques, sans chauffeur, est complètement inenvisageable selon un responsable d'Irisbus, même en site propre, tant il y a d'impondérables à prendre en compte :

« Non, on ne peut reproduire en surface l'équivalent de la ligne D, située sous terre et sur une infrastructure dédiée. En surface, beaucoup trop de choses se passent pour que cela soit imaginable, les impondérables sont trop nombreux, un enfant peut traverser à tout moment ! En plus, l'enjeu n'en vaut pas la peine si on compare les investissements, la technicité nécessaire et le gain attendu. Un bus est un véhicule à dimension humaine, de service à la personne. Sans compter les aspects réglementaires. Déjà, avoir homologué le guidage optique avec la DRIRE n'a pas été chose aisée... » (Philippe Grand, retrouvez l'interview sur Millenaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Philippe_Grand_.pdf).

Pour les camions, des systèmes complètement automatiques sont envisagés (autoroutes automatiques et/ou électrifiées³⁶, acheminement automatique des marchandises en ville...), mais ces projets d'une part restent à un stade très expérimental, et de l'autre semblent maintenir des chauffeurs. Tout indique que ce dernier sera en 2050 toujours présent dans les camions — c'est la prospective en tout cas que font des constructeurs comme Renault Trucks-Volvo —.

La question essentielle de l'acceptabilité de la part des conducteurs

Dans les camions comme dans les bus, la question de l'acceptabilité des nouvelles technologies par les conducteurs est essentielle. La perspective tant du côté de Renault Trucks que d'Irisbus n'est pas d'évincer l'être humain de la conduite des véhicules, mais au contraire de renforcer sa maîtrise, à mesure que les véhicules intègrent davantage d'intelligence. Il est ainsi jugé crucial de définir des interfaces homme-machine, physiques ou cognitives, qui permettent aux personnes de renforcer leur maîtrise sur les systèmes.

Dans les projets d'autoroute automatique cités plus haut, les chauffeurs sont toujours présents. Une étude réalisée en France sur l'acceptabilité de ces solutions auprès des chauffeurs

³⁶ Voir <http://www.envintive.com>, site détaillant le concept de l'autoroute électrifiée, ainsi que l'article « Demain des autoroutes électrifiées pour des voitures tout électriques » de Brieuc Bognoux (Transports, 2010, n°462) qui estime que cette perspective est intéressante pour les camions, et éventuellement pour des voitures.

indique, sans surprise, une forte réticence. Nous en citons un extrait important qui met bien en exergue les différentes facettes de l'acceptation (image du métier, sentiment de maîtrise de son activité, sécurité, etc.)

« **Route automatisée poids lourds** », LCPC, LIVIC, INRETS, rapport final, juin 2004, http://portail.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/dri/RMT04-007_PARTIES_1_ET_2.pdf

« **Réactions à l'idée d'autoroute automatisée**

Malgré, là encore, les très vives réticences liées à la crainte d'une perte totale de liberté, ce scénario est celui qui présente le plus d'avantages potentiels. Parmi les éléments les plus importants de ce scénario on retiendra :

La vitesse annoncée. *A condition de faire confiance au système pour gérer la sécurité, cette vitesse représente un gain de temps appréciable, elle offre donc la possibilité de travailler plus longtemps (de gagner plus) et la possibilité de conduire plus loin. Cependant, après réflexion, elle génère de fortes inquiétudes. En cas de dysfonctionnement du système cette vitesse ferait courir aux routiers de très grands dangers. Il est difficile voire impossible à la plupart des routiers d'imaginer faire confiance à un système automatisé gérant des poids lourds à une telle vitesse.*

La perception de la (non) conduite sur tout le parcours. *En principe, pour les plus ouverts à l'idée, il devrait être possible de dormir, pour les plus sceptiques, il devrait être possible au mieux de se reposer mais certainement pas de dormir. La capacité du système à prendre efficacement le relais du chauffeur – de façon à lui permettre de dormir -, serait intéressante, mais elle apparaît fortement mise en doute par la grande majorité des personnes rencontrées.*

En pratique : à partir du descriptif les routiers imaginent qu'ils ne pourront pas sortir de cette autoroute à leur gré, ni s'arrêter quand ils le veulent, ce qui est impensable. L'image d'un parcours «fermé» perdure et rebute. L'idée de déléguer entièrement la conduite « au camion »/ au système, quelles que soient les circonstances, est également inacceptable. Chacun veut pouvoir « reprendre la main » , le contrôle, à tout moment.

Cependant : pour le bon fonctionnement du système, il faudrait du point de vue des chauffeurs : Que tous les routiers sur le parcours « jouent le jeu » de la délégation de la conduite au système. Que les distances de sécurité aient été parfaitement calculées et qu'elles restent fixes.

Ainsi : une question récurrente apparaît difficile à résoudre : le système peut-il garantir la sécurité et permettre / inclure le recours au mode manuel pour laisser une liberté d'initiative au routier selon les circonstances ? L'automatisation peut-elle être compatible ou complémentaire avec les valeurs du «métier» ?

L'attelage dit « statique » . *Ce scénario est plus sécurisant que le scénario d'attelage dynamique, car le chauffeur ne dépend « que » de la machine, mais la passivité du chauffeur semble totale. Mais, du même coup, il renvoie plus encore fortement que les deux autres scénarii à la fin du « métier » Qu'il soit en tête ou pas, le chauffeur, une fois dans le convoi, n'est plus vraiment maître : ni du camion, ni de la route, ni du temps : « on devient des passagers ».*

L'attelage dit « dynamique » . *Au-delà des points positifs associés à l'idée d'une autoroute dédiée aux camions, et valables pour chacun des trois concepts, les chauffeurs expriment beaucoup de réserves vis à vis de ce scénario, malgré l'activité plus importante du conducteur en interaction avec le système. Ils critiquent la double dépendance : faire confiance à un autre que soi même et faire confiance à une machine, la dévalorisation probable du temps de (non) conduite, le remplacement à terme de l'homme par la machine. (...)*

Conclusions *Dans ce contexte, les bénéfices les plus évidents reposent sur l'idée d'une autoroute dédiée plus sûre, garantissant plus de régularité. Le scénario le plus acceptable, voire le plus intéressant, semble être celui de l'autoroute automatisée car il maintient une autonomie relative, les chauffeurs s'y sentent moins captifs, plus actifs que dans le cadre d'un convoi. Ils ne dépendent pas d'un autre chauffeur, mais d'un système supposé plus fiable et, dans ce cas, ils peuvent envisager de se reposer : "on ne conduit pas et on avance quand même".*

Mais pour que l'idée puisse faire son chemin dans les esprits, il semble indispensable de ménager des étapes. Ainsi, les routiers doivent être assurés de conserver la possibilité de reprendre la conduite en mode manuel lorsqu'ils le souhaitent, et en particulier face à un imprévu ou en situation de danger, de rentrer et sortir de l'autoroute en des points différents de ceux indiqués dès le départ (pas de « trajets fermés »), de faire des pauses à leur convenance. C'est à dire de pouvoir « conduire » et continuer à gérer librement les temps de pause, de repos, les entrées et sorties de l'autoroute, s'ils le souhaitent. S'il y a une défaillance, on repasse en mode manuel, on reprend le métier, il faudra toujours être prêt à intervenir ».

D'autre part il apparaît indispensable de leur apporter des garanties : sur le statut des heures de "non-conduite" et sur leur paiement ; sur les capacités du système à gérer la complexité et l'imprévu lorsqu'ils se reposeront ; sa capacité à gérer les distances de sécurité malgré la diversité des différents véhicules engagés (différents tonnages, caractéristiques, chargements...) ; sur l'accès aux formations requises pour « conduire » dans un tel système.

Alors les bénéfices et les compensations liées à une autoroute « dédiée » et à une prise en charge au moins partielle de la conduite pourraient être mis en évidence, tels que : plus de sécurité ; la possibilité de se reposer sur les longs parcours. »

4. Intelligence embarquée et automatisation plutôt que « voiture robot » ? La robotique face aux multiples solutions pour les déplacements de demain

De multiples solutions existent ou émergent en matière de mobilité urbaine. On peut considérer qu'elles sont en concurrence, même si concrètement elles seront souvent adoptées dans des logiques de complémentarité. Il semble utile de situer, de manière prospective, la solution potentielle du transport urbain robotisé au regard des autres solutions qui s'annoncent.

Quelles sont les solutions de mobilité envisagées pour demain ?

Le rapport « Les nouvelles mobilités. Adapter l'automobile aux modes de vie de demain » publié par le Centre d'analyse stratégique en novembre 2010 balaye un large éventail de solutions de transport sans jamais envisager, dans un avenir proche ou lointain, les véhicules automatiques ou robotisés. De la même façon, dans la description des programmes LUTB concernant le transport par camions et par bus, cette option n'apparaît pas.

Le Centre d'analyse stratégique envisage plusieurs domaines d'avenir, qui correspondent à des champs de solutions qu'il est jugé intéressant de soutenir (l'identification de ces champs mêle donc relevé de tendances et choix normatifs) :

- l'usage de véhicules motorisés légers, scooters, vélos-taxis, rickshaws..., ou petites voitures urbaines, hybrides et électriques³⁷ qui forment d'ailleurs un segment croissant du marché automobile ;
- le développement d'une économie de services (services aux personnes âgées et à mobilité réduite, télé-services, e-commerce, livraisons à domicile...), basée souvent sur la modalité du partage, avec des variantes (vélo ou voiture en libre-service, autopartage, auto sociale, covoiturage...)
- l'usage du vélo, dont des grandes villes européennes indiquent qu'il peut représenter jusqu'au tiers des déplacements quotidiens des ménages ;
- enfin, l'appui sur la téléphonie mobile avec des fonctions géolocalisées pour développer des services de mobilité urbaine en temps réel.

La robotisation des véhicules pourrait aller de pair avec ces tendances : les véhicules robotisés en projet utilisent tous l'électricité comme mode de propulsion ; ils pourraient être exploités selon le mode du partage, etc. Quant aux progrès réalisés en géolocalisation, informatique-calcul, télécommunications, automatismes, vision intelligente, ils bénéficient de manière évidente à la robotique mobile, comme à d'autres domaines.

Pour tenter de savoir si ces tendances vont ou non favoriser un modèle de mobilité basé sur des robots mobiles, il est indispensable de scruter comment les « briques » technologiques citées plus haut s'agrègent, en fonction de multiples facteurs (évolution des attentes sociales, aspects réglementaires, etc.) et ouvrent des perspectives.

³⁷ La tendance est à l'électrification croissante de nos modes de transports. Le transport individuel jusque-là à l'écart de l'électricité, a contrario des TGV, métros et tramways ne le restera pas longtemps.

L'automobile « standard » a-t-elle un avenir ?

Le modèle dominant de mobilité qui privilégie le déplacement en voiture, voiture à la fois possédée et conduite, garde des atouts majeurs. La voiture est d'abord un véhicule multifonction (pour le travail, les vacances...), qui garantit une facilité d'usage, a une durée de vie de l'ordre de 15 ans et une grande fiabilité. Le capital de confiance dans la voiture n'existe pas (encore) dans les nouveaux modèles de mobilité. Selon le rapport du Centre d'analyse stratégique « Les nouvelles mobilités », le développement nécessaire des transports collectifs urbains ne changera pas le volume global de la circulation automobile, car la grande majorité des déplacements s'effectue sur des territoires ou sur des liaisons peu concernés par les possibilités de report modal.

Les données issues de l'enquête nationale Transports et déplacements³⁸ indiquent une place stable de la voiture en France dans les déplacements des ménages : en fait, cette stabilité cache un recul sensible de la part de la voiture dans les grandes agglomérations depuis les années 1995-2000, après une forte hausse jusqu'à cette période. Ainsi, pour les résidents de l'agglomération lyonnaise, la voiture représentait 38% des déplacements en 1976, 52% en 1995 et 47% en 2006. Dans les agglomérations, le vélo a acquis une visibilité, les PDE ont contribué aux changements de modes de transports, l'utilisation des transports collectifs s'est accrue car l'offre s'accompagne de restrictions en matière de stationnement, etc. Mais la voiture gagne du terrain dans les villes moyennes et en milieu rural, en raison de l'allongement des distances entre résidence, lieu de travail et commerces. Bref, la tendance n'est pas à la disparition des voitures, même si des indices laissent penser qu'elle pourrait voir sa part encore réduite dans les grandes villes (par exemple, 13% des 20-40 ans habitant la région de Tokyo possèdent une voiture en 2010, contre 24% en 2000).

Le rapport à la voiture s'est aussi modifié : l'Observatoire Cetelem de l'Automobile indique que la voiture est de plus en plus réduite à son rôle utilitaire. Le Centre d'analyse stratégique enregistre cette évolution : *« Longtemps symbole de liberté et de réussite sociale, l'automobile semble, en quelques années, avoir déserté l'imaginaire des jeunes générations, au point que sa possession ne constitue plus une priorité. Beaucoup de Français considèrent avant tout la voiture comme un moyen de transport, une « commodité », et non plus un plaisir. »* (p. 3)

Si l'on ajoute l'adhésion aux valeurs de protection de l'environnement, de lutte contre le réchauffement climatique, et l'idée qu'il deviendra plus en plus coûteux de se déplacer en voiture, il est indéniable que des stimulants pour penser la mobilité autrement sont en place. De multiples analyses ont alors soutenu l'idée que l'évolution du rapport à l'automobile pourrait faciliter la transition vers un autre modèle de mobilité, où l'utilisateur se verrait offrir un service en fonction de ses besoins, rendant inutile la possession de son moyen de transport. Le rapport de Centre d'analyse stratégique ajoute que la possession d'un smartphone et l'accès aux réseaux par Internet pourraient remplacer chez les nouvelles générations le désir de mobilité par la voiture : *« le téléphone portable géolocalisé pourrait signaler à chaque usager, là où il se trouve, les moyens dont il dispose pour accéder aux services urbains. Le portable deviendrait ainsi l'instrument universel d'accessibilité, rôle joué jusqu'à présent par l'automobile (...) »* (p. 53).

³⁸ Données tirées de Marc Verdier, « Au cœur des villes, la voiture recule », La Croix, 25 mars 2010.

Quelle est l'acceptabilité de voitures non possédées ?

Plusieurs tendances favorisent la mise à disposition de solutions de transport sur la base d'une location : progrès des technologies de communication, recherche d'une variété de solutions pour satisfaire au mieux ses besoins, plaisir associé à de nouvelles mobilités, développement des « produits-services », sites web construits sur l'idée que l'on dispose d'objets au seul moment où l'on en a besoin... —.

Mais des raisons puissantes sur les plans psychologiques et pratiques militent néanmoins pour le maintien de la propriété d'une voiture. En effet, à côté des caractéristiques associées aux objets qui jouent sur notre propension à les posséder (fréquence d'utilisation, coût d'accès, utilité, plaisir, poids des charges associées à la possession...), le rapport aux objets a une dimension psychologique majeure. Pour saisir le sens que les objets prennent dans notre vie, le psychiatre et psychanalyste Serge Tisseron explore ainsi des sens fondamentaux que les objets médiatisent : l'objet est support d'identité (l'objet constitue un « extended self », ensemble d'enveloppes à travers lesquelles nous nous représentons et nous présentons au monde), est donneur de sens aux expériences quotidiennes (il médiatise nos pensées, sentiments, émotions, expériences, le partage des sentiments avec d'autres étant par exemple souvent lié au partage d'objets), il est aussi support de mémoire individuelle et collective. Renoncer à la possession de la voiture qui nous accompagnera durant une partie de notre vie personnelle et familiale implique d'affaiblir plusieurs de ces dimensions.

Sur un autre plan, c'est aussi abandonner une solution dont on a l'impression qu'elle nous « simplifie la vie » : l'ethnologue Jean-Pierre Warnier décrit avec brio les difficultés d'appropriation corporelle et cognitive que rencontre un individu, lors de la location d'une voiture qu'il n'a jamais conduite (habitué jusque-là à conduire une Peugeot 306, il a loué une Clio). Passer du système de la possession à celui de la location contrarie de multiples routines quotidiennes qui nous simplifient la vie, et de charge mentale supplémentaire³⁹.

Dans « Mobilités urbaines. L'âge des possibles » paru aux Carnets de l'info en 2008, Jean-Pierre Orfeuil se saisit de ces différentes analyses et conclut que le postulat de Jeremy Rifkin, énoncé dans « L'Âge de l'accès, la révolution de la nouvelle économie » (2000), selon lequel la notion d'accès se substituerait à celle de propriété, est trompeur en raison des multiples éléments qui rentrent dans notre rapport aux objets matériels.⁴⁰

Bref, le modèle dominant de mobilité par la voiture — voiture possédée plutôt que louée — garde des atouts importants, ce qui favorise évidemment l'agrégation des briques technologiques évoquées plus haut sur cette base.

La course mondiale aux « systèmes de transports intelligents »

Les grands pays sont engagés dans une course mondiale dans le champ des « systèmes de transports intelligents » et ont tous des programmes d'investissement dans ce secteur jugé

³⁹ Jean-Pierre Warnier, « L'appropriation corporelle des choses : acheter ou louer ? », Institut de la Ville en Mouvement, 26-27 janvier 2006, http://www.ville-en-mouvement.com/chaire_universitaire/telechargements/Warnier_appropriation.pdf

⁴⁰ Nous citons un extrait de la conclusion de Pierre Orfeuil : « *Les comportements des individus suggèrent qu'ils abordent plus le sujet sur le mode de la complémentarité et que celui de la substitution. Ceux qui lisent beaucoup achètent et fréquentent les bibliothèques. Ceux qui roulent beaucoup détiennent des véhicules et en louent, etc. La possession n'est pas morte. Inutile encore d'y insister, il suffit de regarder autour de soi, et des compter les objets, les prothèses dont nous nous entourons (...). Gardons à l'esprit que la location est loin de s'être imposée comme une norme, pour un bien à usage en principe unique, la robe de mariée.* »

prometteur.⁴¹ Les systèmes intelligents sont nés de la conjonction des révolutions technologiques dans les quatre domaines de l'informatique, des télécommunications numériques, du positionnement des mobiles par satellite et des automatismes.

Le terme générique « système de transports intelligents » vient des Etats-Unis. Depuis le début des années 1990, différents programmes d'« Intelligent Transport System » se sont succédés avec pour perspective initiale la création d'un système autoroutier automatique. Un programme appelé IVHS (« Intelligent Vehicle-Highway System ») a été rebaptisé ITS (« Intelligent Transport System ») en 1994 par l'administration Clinton. Depuis, les recherches et les applications en matière d'ITS se sont axées non pas vers la robotisation des transports, mais vers la valorisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication ainsi que la mise en place d'automatismes. Nous citons un rapport du PREDIT : « *On observera que l'objectif initial d'automatisation des autoroutes a été progressivement, à partir du milieu des années 90, délaissé pour mettre l'accent sur la sécurité des véhicules et sur le contrôle des vitesses. Les raisons invoquées pour ce changement de priorité sont notamment un contexte peu favorable à la mise en œuvre d'une conduite automatisée à grande échelle. D'autre part, Chrysler était totalement opposé aux projet AHS [« Automated Highway System »] et Ford peu enthousiaste ; seul General Motors y était favorable mais sous réserve d'une poursuite du financement de l'Etat à hauteur de 80% pour l'automatisation des routes* »⁴².

Automobiles, camions et bus embarquent de plus en plus d'automatismes

Dans les voitures, de multiples fonctions qui s'empilent les unes aux autres intègrent une automatisation de plus en plus avancée, comme la fonction aide au créneau — le véhicule repère à l'aide de capteurs un espace libre dans une file de stationnement, juge si elle pourra se garer et entame le créneau —, l'ABS qui empêche de piler, l'antipatinage, le stabilisateur de trajectoire, les systèmes de régulation de distance. Ces aides, fort discrètes, existent d'abord sur les grosses berlines, puis descendent progressivement en gamme au cours du temps, à mesure que les coûts de fabrication baissent⁴³. Il en est de même des camions, des bus, sans compter les moyens de transports aériens et maritimes. Les capteurs, actionneurs, processeurs, de plus en plus présents, utilisent de l'information pour contrôler, surveiller, déclencher, agir..., tout en servant divers objectifs, comme réduire la consommation de carburant ou favoriser la sécurité.

On peut l'illustrer de manière concrète par les bus, où « *plusieurs avancées sont significatives* » selon Philippe Grand, coordinateur de projets à Irisbus. « *Grâce à un partenaire dans le domaine de l'automatisme, certains de nos bus sont dotés d'un système de guidage optique. Une caméra placée à l'intérieur du véhicule lit des pointillés, un marquage codé sur la chaussée qui matérialise la trajectoire idéale d'accostage. Un calculateur permet de détecter les écarts et de les corriger par l'action d'un moteur sur la colonne de direction. Cet automatisme est utilisé sur des sites propres, mais aussi sur des lignes plus classiques. La*

⁴¹ Par exemple pour le Canada, voir <http://www.tc.gc.ca/innovation/sti/fra/menu.htm> ; pour le Japon, http://www.bulletins-electroniques.com/rapports/smm10_046.htm.

⁴² Dominique Drouet et Dominique Sellier, « La recherche aux Etats-Unis dans le domaine des transports terrestres », PREDIT, 2000

⁴³ Voir par exemple « Seule une voiture sur quatre dispose de systèmes d'assistance à la conduite », 5 février 2010, <http://www.auto-iq.ch/fr/en-savoir-plus/etudes/details/news/fahrer-assistenz-systeme-nur-in-jedem-viertel-auto-1/backPid/26/>

précision de l'ordre du centimètre permet, là où le trottoir est élevé, une très bonne accessibilité pour l'ensemble des usagers, pour les personnes en fauteuil ou à mobilité réduite. Ce dispositif en exploitation à Rouen a été expérimenté par le SYTRAL à Lyon. Il est intéressant, car il commence à automatiser des fonctions de guidage.

Une autre avancée liée à la localisation du véhicule par GPS, combinée à un système de priorité au feu vise à réduire la consommation d'énergie du véhicule : elle consiste à gérer les accélérations et les freinages, avant ou au moment du passage d'un carrefour, soit en délivrant des informations au conducteur — le laps de temps dont il dispose pour passer au vert, lui signaler qu'il doit décélérer car le feu sera rouge à son arrivée... —, soit en gérant ces paramètres sur un mode automatique. Techniquement, tout est sur la table pour que cela fonctionne sur un mode automatique. Une autre application liée à la localisation du bus pourrait consister à le faire passer automatiquement d'un mode thermique à un mode électrique à l'abord d'une station, pour réduire pollutions, nuisances et consommation d'énergie. » (Philippe Grand, retrouvez l'interview sur Millenaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Philippe_Grand_.pdf)

Vers une communication généralisée entre usagers, véhicules, infrastructures, opérateurs...

Les véhicules sont de plus en plus interconnectés, intégrés dans un monde de communication où les parties prenantes des systèmes de transport sont en lien constant. Cette communication généralisée poursuit de multiples objectifs, de traçabilité des flottes de véhicules dans une perspective de rentabilité dans la gestion des flux de camions, de sécurité, de réduction de la consommation de carburant, d'information pour des décisions en temps réel, de publicité...

« Nous savons que tous les acteurs des systèmes de transports seront demain interconnectés : les véhicules entre eux, véhicules routiers, ferroviaires... ; les véhicules aux infrastructures, aux systèmes de management du trafic ; le conducteur routier sera relié à son transporteur, à des autorités, le Grand Lyon aux utilisateurs de ses infrastructures, elles-mêmes progressivement dotées d'intelligence ». (Bernard Favre, Renault Trucks-LUTB)

La communication entre véhicules, infrastructures et opérateurs implique de doter les véhicules d'intelligence et de capacité à communiquer. Les Vélo'v lyonnais sont ainsi dotés de puces pour gérer leurs paramètres propres et pour communiquer avec l'infrastructure via une borne : l'intelligence est au niveau du vélo, au niveau de la station et au niveau de la supervision générale par l'exploitant. Mais ce sont sans doute les camions actuels qui préfigurent le mieux ce monde d'interconnexion généralisée :

Un Renault Magnum est équipé d'antennes et de systèmes de communication par le biais desquels il communique avec l'extérieur, reçoit automatiquement des informations et en donne. Certaines sont adressées en temps réel à sa base, le centre de gestion du transporteur. Un gestionnaire d'une grande flotte de camions dispose dans ses salles d'écrans qui indiquent la localisation de tous ses camions. Chacun est suivi en temps

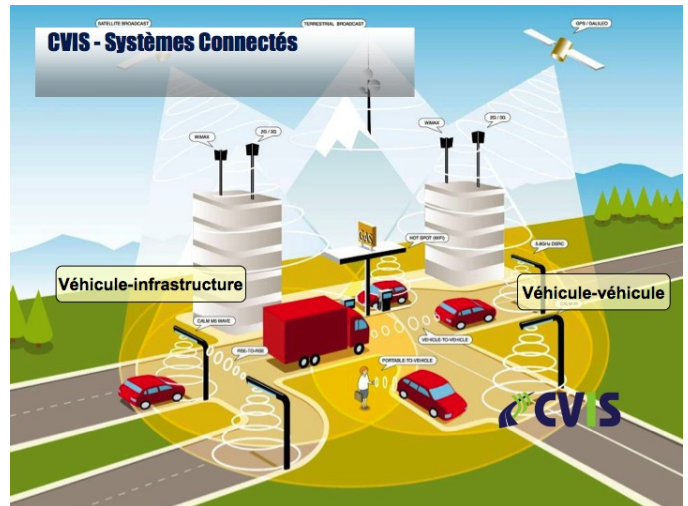


réel par un opérateur chargé d'une vingtaine de véhicules ; en communication constante avec chacun des véhicules, il les oriente, assure leurs itinéraires, accompagne leur mission, etc. Si l'opérateur « clique » sur son écran, il peut avoir accès à une multitude d'informations sur le véhicule, saura par exemple combien il reste de carburant dans le réservoir, etc. » (Bernard Favre - Source du slide : Bernard Favre, LUTB-Renault Trucks)

Dans le cadre de LUTB, le projet européen CVIS (2006-2010) visait à concevoir et tester de nouvelles technologies pour permettre aux véhicules de communiquer entre eux et avec les infrastructures routières situées à proximité

Le Grand Lyon, lieu d'expérimentation, a mis à disposition des sites et équipements, pour aider à construire les interfaces entre les différents outils (véhicules et PC) et faire communiquer les véhicules avec un PC tunnel.

Source du slide : Source : Bernard Favre, LUTB – Renault Trucks



Ces tendances provoquent une transformation profonde des métiers, des identités professionnelles, et des fonctionnements dans le monde du transport routier de marchandises, qu'il s'agisse de la maintenance des véhicules, de gestion des flux de marchandises, ou de relation entre le conducteur et l'entreprise de transport, qui tend à devenir virtuel (de nombreux conducteurs ne connaissent pas le siège de leur entreprise)⁴⁴.

Vers l'information en temps réel pour les usagers

Demain, les usagers auront des indications en temps réel sur les modes de transports qui s'offrent à eux pour aller d'un point à un autre d'une agglomération. Dorés et déjà, des projets vont dans ce sens. En complément de l'installation d'affichages électroniques sur ses stations, la RATP a équipé en « flashcode » l'ensemble des 11 000 stations de ses réseaux de bus et de tramway à Paris et en Ile-de-France. Un flashcode est une petite image code barre qui contient des informations sur les horaires de passage des prochains bus ou tramways, pour la ligne que l'on compte emprunter, dans la direction voulue et depuis sa station. Une fois pris en photo par un téléphone portable, le flashcode fonctionne comme un lien, et renvoie vers la page « temps réel » de l'abribus concerné.

⁴⁴ Nous citons quelques extraits d'entretiens tirés de l'ouvrage « Demain les routiers », publié en 2001 par la Fédération Nationale des Transports Routiers. Un conducteur : « *les mécanos sont devenus des hommes en blouse blanche. Avec le tout électronique, vous avez droit au dépannage quasi immédiat. (...) On a tous des anecdotes du même genre : le tracteur en panne, rien ne marche ; le mécano en blouse blanche arrive, il se connecte avec son ordinateur portable à l'usine du constructeur par Internet pour récupérer les bons paramètres ; il fait une remise à zéro du camion, en branchant son portable sur le tracteur, et c'est reparti, ça remarche* ».

Un responsable d'exploitation : « *Nos clients sont de plus en plus demandeurs d'information, surtout dès qu'on entre dans une situation dégradée. Ils veulent avoir le plus possible de visibilité sur leur livraison et sur sa traçabilité. Hier, nous étions des transporteurs de flux physiques ; aujourd'hui, nous sommes en train de devenir des transporteurs d'informations.* »

Les téléphones mobiles sont appelés à jouer un rôle clé dans ces dispositifs de mobilité, en fournissant aux usagers des informations sur mesure et à tout moment. Des applications sortent régulièrement, pour choisir et réserver un véhicule, calculer l'empreinte carbone d'un déplacement, connaître sa vitesse en temps réel, etc.

Une réflexion est également produite sur ce qui est appelé l'« Assistant Personnel de Mobilité » (APM), basé sur les technologies du GPS, de la téléphonie mobile et d'internet. Il devrait fournir à l'utilisateur toutes les informations dont il a besoin en temps réel pour choisir les meilleurs modes de déplacement sur la base de critères qu'il aura lui-même choisis (coût, temps, pollution, lien social), tout en apportant à l'autorité organisatrice des transports une vision globale sur la mobilité réelle.

Grand Lyon : vers un service personnalisé de guidage multimodal en temps réel

Labellisé par le pôle toulousain AESE et le pôle lyonnais LUTB, le projet MOBIVILLE visait en 2008-2009 à développer un service d'information mobile et multimodal pour le voyageur se déplaçant sur le réseau de transport collectif. Ce service disponible sur un téléphone mobile orientait le voyageur vers l'utilisation de différents modes de déplacement (piéton, Vélo'v, bus, métro, tramway, trolleybus, funiculaire), en prenant en compte les perturbations du réseau et les horaires de passage aux arrêts mis à jour en temps réel, le nombre de vélos et de places disponibles pour chaque station, etc. Les partenaires du projet étaient le SYTRAL, Keolis, l'INRETS, Canal TP, le Grand Lyon et Algoé.

Sur la base de ces acquis, un projet lyonnais associant le Grand Lyon, la Région Rhône-Alpes et le SYTRAL vise depuis à développer un navigateur GPS multimodal de type TOM TOM pour proposer un itinéraire tous modes de transports confondus à un usager.

Les solutions de circulation en temps réel sont aussi destinées aux automobilistes. Un extrait d'article indique les possibilités en matière d'information routière, obtenues par mise en communication automatique des voitures entre elles, et des voitures aux infrastructures routières :



« La solution [mise en place pour l'organisme de recherche allemand Fraunhofer] combine GPS et réseau de capteurs embarqués pour connaître la position de la voiture mais aussi sa vitesse, ses accélérations, ou d'éventuels dérapages. Le tout est envoyé aux ordinateurs de bord des autres voitures connectées et à des bornes situées le long de la

route, et baptisées RSU pour Roadside units. L'ensemble des informations collectées permet de réaliser une synthèse de l'actualité du réseau routier, et d'en notifier les véhicules : les bornes envoient ainsi en permanence des informations sur les conditions de circulation, l'état de la route, la vitesse à adopter pour atteindre les feux quand ils sont au vert, ou la présence d'embouteillages ou d'accidents. Dans le détail, la présence d'accidents peut être détectée en temps réel si plusieurs voitures du réseau freinent brutalement et envoient cette information aux RSU. Idem en ce qui concerne les ralentissements, signalés grâce au GPS des voitures, qui indique que ces dernières sont rassemblées à un même endroit et ne bougent pas. »⁴⁵

Les perspectives sont aussi commerciales. Des systèmes actuellement expérimentés informeront, dans un avenir proche, par des réseaux sans fil, les véhicules sur les offres de

⁴⁵ « La voiture communique autant avec ses pairs qu'avec la route », Estelle Caudal, 8 février 2011, L'atelier numérique, <http://www.atelier.net/articles/voiture-communique-autant-pairs-quavec-route>

services qui sont à proximité (un hôtel, une station service, une offre commerciale dans tel ou tel magasin...). Ce que l'on appelle les « réseaux de véhicules » est pressenti par les opérateurs de communication comme un marché important. Ces réseaux devraient combiner différents types de communication, de véhicules à infrastructures de communication (V2I), de véhicules à infrastructures routières (V2V) et de véhicules à véhicules (V2V). En combinant ces modes, il est envisagé de produire de multiples applications en matière de sécurité routière, d'aide à la conduite, de diffusion d'informations (sur des itinéraires, des accidents, des places de parkings disponibles...) et d'annonces à caractère commercial. Une borne diffusera en permanence l'annonce aux véhicules passant à proximité, et le message s'affichera sur un écran de navigation ou parviendra aux passagers par voie vocale⁴⁶.

L'avenir semble choisir l'assistance à la conduite, plutôt que sa délégation totale à la machine

Les systèmes d'assistance à la conduite sont de plus en plus présents dans les véhicules. Régulièrement, les constructeurs en annoncent de nouveaux : récemment, Volvo a par exemple présenté un système d'arrêt automatique d'urgence en cas d'apparition d'un piéton sur la voie⁴⁷ ; Ford a mis au point un système « Sync »⁴⁸ d'information à bord agréant de nombreuses technologies jusque-là isolées, etc.

Il est envisagé, ici encore, que les smartphones puissent être une composante de ces dispositifs, même si leur utilisation par le conducteur est problématique par la distraction apportée. Une assistance à la conduite en réalité augmentée a été par exemple mise sur le marché pour l'iPhone en 2010. L'application « Augmented Driving »⁴⁹, vendue 2,39 € sur l'AppStore, nécessite de monter l'iPhone dans l'automobile pour que la cellule photo puisse filmer la route. L'application est ensuite en mesure de détecter un changement de voie, de calculer la distance avec les voitures qui suivent et d'avertir si on s'en approche trop. Son utilité est limitée, mais cela indique un mode d'utilisation possible de la téléphonie mobile.

Les constructeurs justifient les systèmes d'aide à la conduite par des enjeux de sécurité, de confort, de réduction de la consommation de carburant (Ecoassist de Honda...), ou encore de prise en compte des besoins de personnes âgées ou déficientes. L'article « Vieux au volant ? Robot au tournant » publié dans le blog du Monde du 19 juin 2009 décrit ainsi un système destiné à parer aux défaillances des personnes âgées :

« Permettre aux personnes âgées de continuer à conduire sans risque, pour rester autonome malgré l'allongement de la durée de la vie. C'est le défi relevé par BMW. La firme a dévoilé son projet d'Emergency Stop Assistant (un assistant d'arrêt d'urgence). Combinant plusieurs

⁴⁶ Notre source est ici la vidéo très instructive « Communication entre véhicules », Orange - Université de Compiègne, <http://www.youtube.com/watch?v=KLcdO6W3gvY>

⁴⁷ « Tout comme la berline S60, le nouveau break V60 est équipé en série du City Safety, le système d'anti-collision urbaine. Avec ce dispositif, la voiture freine automatiquement si le conducteur ne réagit pas à temps au moment où le véhicule en amont ralentit ou s'immobilise, ou si la voiture s'approche trop rapidement d'un objet immobile. (...) L'autre nouveauté de taille est le couplage de la "Détection Piéton" avec le freinage automatique à pleine puissance. Ce nouveau système améliore encore la sécurité en ville » (« Détection des piétons et freinage automatique pour des Volvo encore plus sûres », 8 sept. 2010). Voir YouTube, Volvo S60 Pedestrian Detection, http://www.youtube.com/watch?v=reQX7ha0sQM&feature=player_embedded

⁴⁸ Voir l'article « La voiture entre dans l'ère du téléchargement » <http://www.atelier.net/articles/voiture-entre-lere-telechargement>, du 9 janvier 2009 qui décrit ce système d'assistance au conducteur.

⁴⁹ Voir par exemple <http://www.youtube.com/watch?v=8kn37kvGpHQ>

technologies électroniques récentes, ce système permettra à un pilote automatique de garer les voitures en cas de défaillance du conducteur. Des capteurs détecteront les mouvements brusques et la dilatation des pupilles. S'ils détectent une attaque ou toute urgence médicale, le véhicule allume ses feux de détresse, ralentit, va se garer tout seul au bord de la route et prévient les secours. Dans un premier temps, la combinaison de tous les paramètres étant très complexe, l'Emergency Stop Assistant ne sera efficace que sur les autoroutes ».⁵⁰

La campagne menée par le « Bureau de prévention des accidents » (BPA) suisse rappelle néanmoins que c'est avant tout au nom de la sécurité que les systèmes d'assistance à la conduite sont légitimés.



Source : <http://www.auto-iq.ch/fr/home/>

Nous reproduisons l'extrait d'un article qui présente un argumentaire assez classique de promotion des systèmes d'assistance à la conduite :

« Suite au récent bilan des victimes de la route publié par l'Office fédéral des statistiques allemand, l'Auto Club Europa (ACE) n'exclut pas que le nombre de décès passe, cette année déjà, sous la barre des 4000. Toutefois, il faudrait pour cela faire de très grands efforts dans le domaine de la prévention des accidents et généraliser l'usage de systèmes d'assistance à la conduite modernes. Gert Schleichert, expert de la sécurité routière auprès de l'ACE, a déclaré: « Nous espérons qu'à l'avenir, les systèmes d'assistance à la conduite pénétreront davantage le marché dans le segment des classes inférieure et moyenne également ». Ces systèmes, en effet, permettent de prévenir des accidents ou d'en limiter les conséquences grâce à des interventions automatisées d'assistance à la conduite.

En se fondant sur les calculs de l'Office fédéral des routes allemand (BAST), l'ACE estime qu'en un an, on aurait à déplorer environ 1000 décès et 8000 blessés graves de moins sur les routes allemandes si toutes les voitures en circulation obtenaient la meilleure note, soit cinq étoiles, sur le plan de la sécurité (EURO NCAP). « L'une des conditions serait l'intégration obligatoire de systèmes d'assistance de conduite, par exemple de systèmes de contrôle électronique de la stabilité », a expliqué Gert Schleichert, qui a critiqué le fait que ces systèmes n'équipent pas encore toutes les nouvelles voitures de manière standard. « De plus, un grand nombre d'acheteurs attachent plus d'importance à des jantes en acier inoxydable qu'aux innovations faites dans le domaine de la sécurité routière. » Pourtant, le seul fait d'intégrer des systèmes d'assistance au maintien de la trajectoire pourrait permettre de faire

⁵⁰ Lien : <http://bonnenouvelle.blog.lemonde.fr/2009/06/19/vieux-au-volant-robot-au-tournant/>

baisser de quelque 1,5 milliard d'euros les dommages financiers découlant des accidents de la route. »⁵¹

Actuellement, de multiples expérimentations ont lieu dans le monde pour faire progresser les systèmes d'assistance à la conduite, dans une logique qui maintient le conducteur au cœur du pilotage. A l'INRIA de Grenoble, il semble significatif que sur la même plateforme on puisse voir début 2011 un Cycab correspondant au projet en fin de vie de véhicule robot, à côté d'une luxueuse berline Lexus, prêtée par le constructeur, utilisée pour le nouveau projet ArosDyn d'assistance à la conduite. Ce projet mené par l'équipe E-MOTION porte sur l'analyse en temps réel de scènes routières à partir de capteurs embarqués dans le véhicule (stéréovision, GPS, centrale inertielle...) et la mise au point d'un système de perception qui pourrait être utilisé dans des applications d'assistance à la conduite. Bref, cette expérimentation va dans le sens du marché : rendre les automobiles « classiques » de plus en plus intelligentes.

Cette tendance rapproche les véhicules haut de gamme des cybercars et donc du robot, ce qui suscite une certaine confusion. Ainsi, on parle de boîte de vitesse « robotisée », ce qui indique que les fonctions de passage des vitesses et de débrayage sont confiées à des actionneurs, le conducteur ayant le choix entre la délégation totale de ces fonctions et la délégation de la seule fonction de débrayage. Pour autant, la voiture se distingue du robot par les critères essentiels de l'autonomie en premier lieu, mais aussi de l'apprentissage, qu'elle ne remplit absolument pas.

Les solutions de guidage des véhicules

Le guidage des véhicules peut se faire dans une logique de coopération avec le conducteur, guidé par son GPS par exemple. Il existe ainsi un système de navigation qui permet de placer l'index sur le volant pour sentir la direction à suivre⁵². Le guidage peut aussi se faire sur un mode automatique. Quand le véhicule est pris en charge par un opérateur, on quitte alors le champ de l'aide à la conduite pour entrer dans une autre famille de solutions, qui semble avoir de l'avenir : en Corée du Sud, le projet pharaonique « Séoul U Smart Way » d'autoroute souterraine devrait proposer, moyennant un investissement de 7,5 milliards d'euros entièrement financé par le secteur privé, une gestion automatique du trafic à une vitesse constante. L'objectif consiste à réguler la circulation des véhicules tout en garantissant de relier deux points de la capitale coréenne en moins de trente minutes. Une fois descendu sur l'autoroute, le véhicule sera autoguidé. 700 kilomètres de voies sur six axes devraient être creusés pour le projet, dont la mise en service est prévue en 2017 pour la première tranche, en 2020 pour l'ensemble du réseau⁵³.

Les solutions souples consistant pour un véhicule de passer d'un mode manuel à un mode de automatique selon les circonstances semblent aussi prometteuses, comme le préfigurent les systèmes automatiques d'accostage des bus, ou les systèmes de guidage automatique des

⁵¹ « AUTO CLUB EUROPA : le nombre des décès dus aux accidents de la route pourrait être considérablement réduit en équipant les véhicules de classes inférieure et moyenne de systèmes d'assistance à la conduite modernes », 2 juin 2010. Voir aussi : www.elektroniknet.de/automotive, Björn Graunitz, Elektronik automotive.

⁵² Voir l'article « Le GPS et le doigt de l'automobiliste », <http://sciences.blog.lemonde.fr/2010/10/10/le-gps-et-le-doigt-de-lautomobiliste>

⁵³ Voir <http://transportsdufutur.typepad.fr/blog/2010/07/les-echos-060710-lautoroute-sera-souterraine-et-proposera-une-gestion-automatique-du-traffic-a-une-vitesse-prevue-de-30.html>

véhicules dans certaines infrastructures. Michel Parent décrit cette solution : « *La solution des systèmes mixtes — appelés aussi bi-modes — a également de l'avenir. Des véhicules passeront d'un mode manuel à un mode automatique dans des situations données. Cela s'annonce avec une nouvelle génération de véhicules qui se rapprochent de ceux proposés actuellement par des constructeurs. Ainsi, les constructeurs automobiles pourraient proposer des véhicules pour l'autopartage (comme l'Autolib' de Paris) avec des fonctions automatiques, en particulier pour le déplacement automatique des véhicules vides entre les stations ou pour le parking en sous-sol.* »

La fluidification du trafic par les exploitants

Les systèmes de régulation du trafic qui existent en Europe depuis les années 1960 constituent une autre voie pour favoriser la mobilité, et utilisent également les briques technologiques décrites tout au long de cette synthèse. Ils sont de différents types, à partir des développements réalisés principalement en France, Allemagne et Royaume Uni. La plupart des grandes métropoles sont dotées aujourd'hui de ces systèmes de gestion du trafic.

Les premiers de la nouvelle génération de systèmes sont le PC SITER (Système Informatisé de Télésurveillance Et de Régulation du trafic) du Conseil général des Hauts-de-Seine et le PC CRITER (Commande de Régulation et d'Information des Trafics et de Gestion des Evénements Routiers) du Grand Lyon. Le PC du Grand Lyon, géré par le service Voirie Mobilité urbaine supervise les carrefours à feux et régule le trafic de manière automatique par macrorégulation en fonction des comptages, système d'ondes vertes, « calendriers » qui tiennent compte des heures de pointe, et logigrammes (commandes programmées établies en fonction de scénarios pré-étudiés : un plan de feux est ainsi préétabli en fonction d'un événement, comme un match de l'OL au stade de Gerland). Il est possible également d'assurer la régulation sur un mode non automatique : en temps réel, l'opérateur, informé par les comptages et les caméras, peut provoquer une action d'« antisaturation » en dilatant les durées des feux verts ou des feux rouges. Le PC informe les usagers en particulier par le biais d'Info Trafic (panneaux à message variable).

Certaines villes ont décidé d'ouvrir leurs données publiques liées à la mobilité, comme les horaires en temps réel des transports en communs, les flux de véhicules, les disponibilités des véhicules et des infrastructures (places de parking). En 2010, Brest Métropole Océane a voté à l'unanimité la libre utilisation de la base de données cartographiques décrivant l'espace public. Des partenariats entre les villes et des laboratoires permettent de générer des outils. A Grenoble, l'équipe-projet NeCS associe l'INRIA, la start-up Karrus spécialisée dans les systèmes de régulation du trafic routier par réseaux de capteurs, et la Métro de Grenoble pour l'accès aux données. L'idée générale est de se servir de l'automatique pour contrôler non pas les véhicules, mais l'infrastructure. Le principe est d'utiliser des capteurs sans fil placés dans la voirie. Grâce au traitement des données de trafic collectées sur les voiries, les exploitants et les usagers pourront bénéficier d'une information fiable en temps réel, les premiers pourront maîtriser les congestions, etc. Un aspect du projet consiste à traquer la signature magnétique des véhicules pour une connaissance fine du trafic et effectuer des contrôles de différents types, contrôles d'accès, limitations de vitesse, etc.

Les solutions de partage dans le temps des véhicules, possédés par des particuliers, des institutions ou des collectivités

Le partage de véhicule est une famille de solutions très diversifiées, qui suscite un intérêt croissant dans les pays les plus développés comme dans les grands pays d'Asie (la Chine et l'Inde savent que leurs milliards d'habitants ne pourront avoir chacun leur voiture).

En France, la part des usagers qui utilisent ces systèmes reste restreinte. L'autopartage qui autorise l'accès à une voiture en libre-service 24h/24 pour des usages occasionnels est lent à décoller. Selon le réseau France-AutoPartage qui regroupe une dizaine d'opérateurs, seules 7000 personnes ont choisi ce mode de déplacement⁵⁴. Le projet Praxitèle porté par l'INRIA a été pionnier en France. Ce système à base de technologies de l'information et de la communication a été développé et testé pour la première fois avec 50 véhicules électriques Renault à Saint-Quentin en Yvelines en 1997. Le système sera mis en place plus tard, avec Autolib'.

Les systèmes de location de flottes inutilisées sont une autre forme de partage : la mairie de New York a ainsi engagé un partenariat avec la société Zipcar pour mettre en place un programme de partage des voitures municipales, le soir et le week-end. Notons que cette même société propose à travers une application sur iPhone un dispositif d'une ampleur bien plus considérable, pour repérer et réserver la voiture partagée la plus proche. Cela touche 325 000 utilisateurs dans 50 villes des Etats-Unis et à Londres. La volonté du dirigeant, Scott Griffith est de permettre à tous les Américains d'avoir « des roues quand ils le veulent ».

Le covoiturage constitue aussi une forme intermédiaire entre transport collectif et transport individuel. Il existe plus de 200 service de covoiturage en France, avec différents types de services.

Conclusion

La perspective a changé depuis les années 1990 : avancées technologiques qui ont bénéficié à la robotique appliquée à la mobilité, lancement de nombreux projets de véhicules automatiques, et paradoxalement modeste nouvelle. Même les plus enthousiastes des chercheurs travaillant sur les véhicules individuels robotisés admettent que cette solution occupera une place restreinte dans nos villes. Le roboticien Michel Parent a nettement revu à la baisse l'étendue potentielle de leur exploitation :

« Initialement, nous pensions que les véhicules autonomes allaient être la règle, être une forme de solution universelle. Aujourd'hui, nous considérons qu'ils occuperont une place bien plus restreinte, avec des véhicules de faible capacité destinés à de petits trajets locaux, complémentaires de véhicules à haute capacité. »

« Cette solution aura sa place à relativement court terme pour les petits trajets locaux, en complément de transports en commun. La perspective est celle de transports à très haut niveau de service (THNS), transports lourds qui achemineront un maximum de personnes sur des axes où une demande suffisante existe. Mais on aura besoin de compléter ces services de masse par des transports individuels, soit pour faire le trajet terminal, ce que l'on appelle le dernier kilomètre, soit pour les remplacer sur des trajets où la demande est faible, dans des quartiers peu denses ou des périodes de faible demande (la nuit par exemple), pour éviter que des bus ou des tramways ne roulent quasiment vides. » (retrouvez l'interview sur Millénaire 3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Michel_Parent_2011_01.pdf)

En effet, de multiples freins sont apparus, mais aussi des solutions plus intéressantes, moins coûteuses, plus fiables, rapides, acceptables, etc. Du coup, les avancées technologiques s'agrègent aux véhicules, automobiles, camions ou bus pilotés par des conducteurs tout en

⁵⁴ Voir <http://www.franceautopartage.com/FAP/FAPsocietaires.htm>

ouvrant de nouvelles perspectives, plutôt que de conduire à une « rovolution » en matière de mobilité.

Le bus modulaire en est un exemple concret. Il est certainement plus pertinent de remettre en cause l'architecture d'un bus en ajoutant ou enlevant une remorque en fonction des heures creuses ou de pointe, pour satisfaire les demandes de flexibilité croissante des exploitants et réduire la consommation de carburant, que de chercher à faire rouler de petits véhicules robotisés en complément des bus (le bus modulaire est en tout cas la piste privilégiée par Irisbus dans le cadre du projet Modulo de LUTB).

Pour autant, les projets de véhicules complètement automatiques gardent une pertinence et une utilité, en fixant un horizon stimulant, en activant par le biais de l'imaginaire des dynamiques de travail et une adhésion dans l'opinion et par des financeurs. Dans son ouvrage paru en 2010 « Viva la rovolution », le fondateur d'Infogrames Bruno Bonnell consacre l'équivalent d'un chapitre aux perspectives de la robotique en matière de mobilité. Il constate qu'une Lexus de dernière génération dispose d'une armada d'automatismes, ou que le système Connected Drive de Mercedes permet d'ordonner à sa voiture de rentrer seule au garage. Il soutient alors qu'entre ces véhicules et le robot mobile, il reste des étapes à franchir, mais que ces étapes seront franchies. Il fixe ainsi un horizon : « *il n'y a qu'un pas avant que des véritables robots mobiles soient disponibles* » (p. 195) ; « *On ne roulera plus seulement face à la route mais en jouant aux cartes ou en dormant sous la couette* » (p. 196). Il annonce finalement un monde de « robo-mobiles » accessibles à tous, « *qui ne dorment jamais et vont partout où ils sont appelés* » (p. 203).

Les projets de robots mobiles font aussi « avancer la recherche », selon la formule consacrée. En effet, même si l'horizon de véhicules urbains robotisés est rarement atteint, dans la « queue de comète » des projets, de nombreuses applications voient le jour. Le roboticien Roger Pissard-Gibollet remarque ainsi que l'impact se produit à travers des cheminements non imaginés au départ : « *Dans nos plateformes, il y a toujours une phase de transfert, à travers les collaborations établies dans le projet et à travers des personnes — on le néglige souvent mais c'est peut être le vecteur de transfert le plus efficace ! Le transfert ne concerne pas une solution globale, qui nous amènerait à voir rouler demain des Cycabs dans les villes, mais une fonction, ou une sous fonction. Un industriel trouve des idées, des points de vues, et des algorithmes qui pourront être transférés. Il rare que l'on puisse imaginer à l'avance ce qui sera transféré, cela prend des directions inattendues. En fait, ce projet de voiture robotisée, c'est un peu comme l'horizon du robot humanoïde autonome : même si nous n'y arrivons pas, nous fixer cet objectif donne un horizon commun, stimule, et donne lieu à des multiples avancées.* » (retrouvez l'interview sur Millenaire3, http://www.millenaire3.com/uploads/tx_reesm3/Espiau_Pissard_INRIA_130111_01.pdf)