

intégrante de nouvelles boucles d'énergie infrastructures-véhicules.

Pour les voitures électriques, on privilégie aujourd'hui le recours à des bornes de recharge individuelles (à domicile) ou collectives (dans la rue). L'utilisateur branche lui-même son véhicule à la borne, ce qui n'est pas très commode. D'autres solutions sont à l'étude, par exemple le « biberonnage » qui consiste à connecter automatiquement les véhicules électriques aux bornes électriques. Une station expérimentale de biberonnage existe ainsi dans le XVI^e arrondissement de Paris depuis janvier 2012.

Pour augmenter l'autonomie des véhicules, une autre approche consiste à leur fournir l'énergie électrique sans qu'il y ait contact, à l'aide de techniques fondées sur l'induction électromagnétique. Divers procédés sont en cours de mise au point. Devant les difficultés à stocker l'énergie électrique à bord des véhicules, l'enjeu est aussi de passer de la recharge statique à la recharge dynamique, c'est-à-dire une recharge des batteries du véhicule pendant qu'il roule. Il ne s'agit pas d'assurer une telle fonction sur la totalité des routes et de leurs tracés, mais sur certains segments plus stratégiques ou énergivores, tels que la périphérie des grandes villes ou les longues sections autoroutières en montée.

La société *Siemens* expérimente ainsi l'adaptation du système de caténaires des trolleybus (dont les premiers exemplaires datent de 1882) pour la recharge de poids-lourds à moteurs hybrides électricité-diesel. L'alimentation par le sol, développée par *Alstom* à la fin des années 1990 pour les tramways (par exemple à Bordeaux), est une autre méthode possible, moins intrusive pour l'environnement et les paysages. Elle consiste à implanter un rail d'alimentation en milieu de voie, qui vient en contact avec des « frotteurs » du tramway. Le rail est segmenté en tronçons, qui ne sont actifs que s'ils sont entièrement recouverts par le tram, afin d'éviter tout risque d'électrocution pour les autres usagers de la voie (piétons, cyclistes, etc.). Cette technique est en cours d'adaptation aux véhicules routiers.

De son côté, l'entreprise *Bombardier* a montré qu'il est possible d'alimenter en marche et sans contact, par couplage

inductif, des tramways ou des véhicules routiers. À l'Isttar, nous avons vérifié qu'il est possible d'intégrer cette solution dans les chaussées sans diminuer leur durée de vie. L'expérimentation de la société OLEV en Corée du Sud a également montré qu'on peut transposer le principe à la route. Fondé sur des dispositifs de recharge enfouis dans la chaussée, le système coréen recharge des véhicules à l'arrêt ou en mouvement avec un rendement énergétique supérieur à 80 %. Il est d'ores et déjà exploité dans un parc d'attraction pour faire circuler des véhicules touristiques. Mais l'alimentation sans contact d'un flux continu de véhicules, aux trajectoires moins contraintes donc moins prévisibles, reste l'objet de recherches (projet européen FABRIC, notamment).

Des capteurs intégrés à la voie ou portés par les véhicules mesureront les conditions météorologiques et de trafic

Ces quelques exemples illustrent les différentes fonctions énergétiques que les routes de cinquième génération seront appelées à remplir. On voit aussi apparaître la notion de système faisant intervenir à la fois les véhicules, les routes et les dispositifs mis en place pour les contrôler. Ce système est au cœur du troisième défi sociétal auquel les routes doivent répondre, celui d'une mobilité durable, sûre et efficace.

En particulier, l'état des routes pourra être déterminé en permanence et en temps réel, informations qui seront transmises aux autorités ou dispositifs de contrôle afin de reconfigurer dynamiquement les routes et le trafic. Dans un proche avenir, les différents centres de gestion de la mobilité (trafic,

transports collectifs, parkings, péages, etc.), les capteurs installés le long des routes et les véhicules seront largement interconnectés.

L'entretien et la maintenance des infrastructures tireront avantage de ces réseaux d'information. Des capteurs embarqués sur les véhicules détermineront presque en temps réel l'état du revêtement, tandis que des réseaux de capteurs intégrés aux chaussées mesureront le vieillissement de ces dernières, afin de prédire leur dégradation et d'aider le gestionnaire à choisir le moment et la nature des travaux de maintenance à réaliser.

Quelques exemples laissent imaginer les bénéfices attendus de l'interaction entre réseaux d'information et véhicules communicants. Ainsi, des dispositifs de capteurs placés en bord de voie ou à bord des véhicules mesureront les conditions météorologiques (brouillard, températures de chaussée, hauteur de neige, etc.). Ces informations seront échangées entre les différents acteurs du trafic et transmises aux systèmes d'information des usagers de la route. Ces derniers pourront alors rouler à des vitesses adaptées, voire emprunter des itinéraires alternatifs qui optimisent la consommation d'énergie, le temps de parcours et la sécurité.

De même, grâce à une communication généralisée, on pourra reconfigurer l'espace routier en fonction de la demande de déplacement, en s'appuyant sur une signalisation plus innovante. La signalisation routière classique (marques sur chaussées, panneaux) a l'inconvénient de rester inchangée quelles que soient les conditions de circulation. Pour pallier cet inconvénient, l'usage de plots à diodes électroluminescentes (LED), en complément de la signalisation existante, fait son apparition et permet par exemple d'affecter dynamiquement les voies de circulation en fonction du trafic. Sur le pont de Saint-Nazaire, le Conseil général de Loire-Atlantique expérimente une telle solution : la voie centrale du pont change de sens le matin et le soir afin d'optimiser les trajets domicile-travail.

Dans le même ordre d'idées, on peut imaginer qu'en milieu péri-urbain, les autoroutes allouent dynamiquement, selon le jour et l'heure, des voies supplémentaires

pour les «covoitureurs» et les transports collectifs. De façon similaire, en milieu urbain, l'espace public serait reconfiguré par une signalisation modulable en fonction de l'heure de la journée ou du jour de la semaine, notamment pour optimiser le partage entre les différents modes de transport (véhicules de particuliers ou en libre partage, cyclistes, piétons, transports en commun, etc.).

Des démonstrateurs

On le voit avec les exemples présentés tout au long de cet article, les chercheurs et les ingénieurs élaborent des techniques diverses et nombreuses en vue de relever les grands défis du transport routier. Lesquelles seront effectivement déployées ? La concrétisation des meilleures idées nécessite, outre leur indispensable acceptabilité sociétale, une structuration du milieu scientifique et industriel autour de démonstrateurs de recherche partagés. Intermédiaire entre le laboratoire et le déploiement industriel, le démonstrateur de recherche est une

BIBLIOGRAPHIE

N. Hautière et al., La « route » de cinquième génération (R5G), *Revue Générale des Routes et Autoroutes*, vol. 910, pp. 28-35, 2013.

N. Hautière et al., Comment adapter les infrastructures routières aux enjeux de la mobilité de 2030, *Transport Environnement Circulation*, vol. 216, pp. 25-32, 2013.

M. Lamb et al., The Forever Open Road - Defining the next generation road, *Routes/Roads*, vol. 352-353, pp. 120-129, 2012.

expérimentation, de préférence en vraie grandeur et sur route ouverte, qui accélère l'évaluation des solutions conçues en laboratoire et qui identifie les plus prometteuses d'entre elles. L'ancienne autoroute A199, près de notre institut à Marne-la-Vallée, devrait ainsi servir dès 2017 à préfigurer une route de cinquième génération, comme le stipule un accord-cadre signé fin 2014 entre le Conseil général de Seine-et-Marne, l'Établissement public d'aménagement Epamarne et l'Ifsttar.

Ainsi, pour répondre aux exigences actuelles du développement durable, de la transition énergétique et de la mobilité, les routes du futur seront plus économes, adaptables, automatisées, résilientes au changement climatique. Dans un contexte socio-économique devenu délicat, leur déploiement constitue un immense défi. Il faudra le relever pour préserver notre mobilité. En comparaison avec le passé, ce sont la multiplicité des enjeux et la synergie nécessaire entre acteurs d'horizons très différents qui rendent ce défi à la fois complexe et passionnant. ■

Dans l'interêt de la science

mathieu vidard | la tête au carré 14:05-15:00

france **inter**venez
franceinter.fr