Recherche et perspective : Les « routes » de cinquième génération

Quelles infrastructures dans vingt ans et que peut-on en attendre ? Comment imaginer maintenant la route (et le rail) dont on aura besoin quand les véhicules seront devenus propres et que l'infrastructure sera redevenue un instrument de liberté ?

Nicolas Hautière, Hélène Jacquot-Guimbal Ifsttar

Indispensable à l'économie et au bon fonctionnement de toute société moderne, la route doit participer au défi de la transition énergétique en matière de mobilité et répondre aux enjeux sociétaux en matière de développement durable. Cet objectif est tenable, à condition toutefois de commencer dès maintenant à déployer les routes de cinquième génération.

Les routes de cinquième génération telles qu'elles sont pensées dans les laboratoires

A la croisée de différents champs d'ingénierie, les infrastructures routières cristallisent de nombreuses innovations dans les domaines des matériaux et des structures, de l'énergie et de l'information.

Des routes modulaires, décarbonées et économes en ressources naturelles

Les ingénieurs en matériaux et structures conçoivent des chaussées à longue durée de vie pour les routes à forte circulation. Grâce à des matériaux très résistants, les couches de roulement de ces dernières permettront d'éviter le coût des opérations d'entretien, ce qui inclut le coût des retards occasionné aux usagers, notamment en cas d'encombrement de la circulation. Bien que trois fois plus chère, cette technique permettra de ne renouveler les surfaces de roulement que tous les trente ans.

L'utilisation de déchets ou de sous-produits comme matériaux de travaux publics, qui s'est développée avec l'essor du réseau routier durant les trente glorieuses, se généralisera. Les professionnels de la route, qui se sont engagés en faveur d'un taux moyen de recyclage des produits bitumineux de 60% pour 2012, poursuivront leurs actions en faveur de la réduction de l'empreinte carbone des routes. A l'aide de procédés novateurs, il est déjà possible d'obtenir un taux de recyclage en place à l'émulsion jusqu'à 100 %. Ces pratiques vertueuses permettront encore d'économiser les ressources naturelles en granulats, de réduire les volumes de stockage des déchets inertes et de minimiser les volumes transportés.

En milieu urbain, les laboratoires imaginent des couches de roulement à la fois adhérentes, dépolluantes, silencieuses et des structures de chaussée modulaires, permettant d'inclure ou de faciliter l'accès aux différents réseaux. La forme la plus extrême de cette technique de construction consistera en une route préfabriquée dont on vient retirer les parties défectueuses pour pouvoir les réparer en conditions contrôlées en vue d'une réutilisation ultérieure.

Des routes à énergie positive

Les routes collecteront et stockeront de l'énergie thermique et électrique, à l'aide d'éoliennes disposées au voisinage, de centrales géothermiques enterrées sous sa surface ou de centrales photovoltaïques installées à ses abords ou à sa surface.

Cette énergie permettra à la route de réguler la température de sa chaussée pour s'auto-dégivrer l'hiver et se refroidir l'été, d'alimenter ses propres équipements de signalisation, de trafic et de télécommunications. Le surplus d'énergie sera redistribué sur les réseaux électriques ou alimentera les véhicules électriques sur les points de recharge, voire directement en roulant par des solutions de recharge sans contact.

De ce fait, la route sera connectée aux réseaux électriques intelligents et permettra de lisser les pointes de production et de consommation en produisant ou en stockant de l'énergie à bon escient.

Des routes cybernétiques connectées aux différents usagers

L'introduction des nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les transports routiers n'est pas récente. Depuis la fin des années 1980, les systèmes de transports intelligents (STI) se développent. Les années 1990 ont vu l'avènement de l'information routière et de la gestion de trafic. Les années 2000 ont été marquées par les préoccupations de sécurité routière et d'interopérabilité des systèmes. Les dernières années ont vu émerger les problématiques de mobilité durable et d'intermodalité.

Dans un proche avenir, les centres de gestion de la mobilité (péage, transports collectifs, trafic, parking, etc.), les systèmes de bord de voie et les mobiles se retrouveront interconnectés de façon permanente et en temps réel. La quantité de données générée permettra de mettre au point de nouveaux services de mobilité et les gestionnaires de réseaux joueront un rôle clé dans la régulation de ceux-ci, permettant ainsi de réduire la congestion à un niveau acceptable.

L'entretien et la maintenance des infrastructures tireront avantage de ces réseaux d'information ubiquitaires. Le diagnostic de la surface de roulement se fera à l'aide des capteurs embarqués sur les véhicules du commerce tandis que les chaussées seront instrumentées par des réseaux de capteurs largement distribués. Ces derniers serviront à identifier des lois de comportement des structures de chaussées à même de prédire des dégradations structurelles.

Dans les laboratoires, les routes du futur seront décarbonées, à énergie positive et connectées, c'està-dire actrices de la transition énergétique en matière de mobilité. Il reste à déployer l'ensemble de ces solutions prometteuses, ce qui semble aujourd'hui plus difficile qu'il y a quelques années.

Un déploiement rendu délicat à cause d'une chaine d'innovation qui tend à se rompre

La coopération public-privé qui a permis aux entreprises françaises de devenir des champions est en train d'être remis en cause, ce qui retarde le déploiement des routes de cinquième génération.

Des chartes d'innovation routière hétérogènes

La charte d'innovation routière nationale, qui a permis de nombreux chantiers expérimentaux dans le passé, a dû être révisée en 2006 pour se conformer au code des marchés publics. Désormais, les innovations routières sont encadrées par le code des marchés publics.

Ceci a pour conséquence une prise de risque moindre des maîtres d'ouvrage, la charte stipulant que les solutions proposées doivent avoir prouvé leur fiabilité au préalable, et au contraire une prise de risque (théorique) maximale de la part des entreprises. Dans les faits, étant donné l'exposition médiatique de la charte, un échec aurait des répercussions trop importantes, si bien que les entreprises tardent à faire concourir leurs innovations.

A contrario, les maîtres d'ouvrage des collectivités territoriales, devenus les principaux donneurs d'ordre, développent des chartes d'innovation locales car leurs besoins en termes d'innovation sont importants. Cependant, il est difficile de capitaliser les pratiques innovantes d'une collectivité à l'autre car celles-ci sont hétérogènes. Cela s'explique également par un Réseau Scientifique et Technique moins présent.

Un Réseau Scientifique et Technique (RST) moins audible par les maîtres d'ouvrage

Le Grenelle de l'Environnement a eu pour conséquence un déplacement du Réseau Scientifique et Technique sur les thématiques du développement durable. Les résultats obtenus en la matière sont remarquables mais ont pour conséquence la perte d'une grande partie de l'expertise dans le domaine routier. Le RST a ainsi perdu sa capacité d'élaboration de la doctrine routière et de conseil, notamment auprès des Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

En l'occurrence, la réforme de l'ingénierie routière de l'Etat, souhaitable pour mieux séparer les rôles de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre, en particulier pour les travaux neufs, a comme conséquence une rupture dans la recommandation de solutions innovantes. Aujourd'hui, dans le cas d'une infrastructure routière neuve, la maîtrise d'ouvrage est faîte par les DREAL qui établissent la concertation locale dans un cadre réglementaire de plus en plus complexe, notamment en matière d'environnement. La maîtrise d'œuvre est assurée soit par les Services d'Ingénierie Routière au sein des Directions Interdépartementales des Routes, soit par des bureaux d'étude privés. Ce découpage, clair sur un plan juridique, n'aide pas à la diffusion des innovations dans les projets.

Enfin, le renouvellement des compétences se fait dans un cadre de plus en plus normalisé. Le transfert des compétences du public au privé, qui se faisait naturellement à travers les réseaux des corps de l'Equipement, s'efface progressivement au profit de recrutement dans les écoles d'ingénieurs et les universités. Les jeunes ingénieurs ainsi recrutés, manquant d'expérience sur le terrain, se concentrent principalement sur les processus de normalisation, ce qui a tendance à figer l'innovation.

Des laboratoires de recherche finalisée qui exercent une recherche plus académique

Devant la disparition de ses terrains d'expérimentation et des équipes techniques associées, la recherche finalisée a du mal à conserver sa légitimité. Les maîtres d'ouvrages, qui ne voient guère de transfert d'innovation de la part de ces laboratoires, ont du mal à comprendre leur raison d'être dans un monde où, l'innovation, dans d'autres secteurs technologiques, est galopante.

Devant la difficulté à transférer les résultats de la recherche, les laboratoires de recherche ont dû s'adapter dans un secteur marqué une mise en concurrence au plan international. Ainsi, les laboratoires sont poussés à produire de plus en plus de connaissances et à publier dans des revues internationalesde haut niveau. Les équipes de recherche sont incitées à se regrouper pour former des grosses entités et sont évaluées par une seule et unique agence, quelle que soient leur spécificité et leur origine. Par exemple, les laboratoires universitaires et les Equipes de Recherches Associées à l'IFSTTAR « subissent » la même évaluation, ce qui ne permet pas de mettre en avant le mérite de ces dernières.

Pourtant, la recherche, qu'elle que soit sa nature, doit pouvoir s'assurer de la pertinence de ses travaux et se nourrir des données expérimentales acquises sur le terrain. Cela lui permet d'identifier les problèmes de mise en œuvre, de refermer des pistes de recherche et par là-même de renouveler ses problématiques de recherche.

Le projet Route de cinquièmeGénération (R5G) vise à repenser le chaînon manquant

Pour rendre visible la recherche et l'innovation dans le domaine routier, l'IFSTTAR a lancé en 2010 le projet R5G. Inscrit dans le contrat d'objectifs 2010-2013 signé entre le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (maintenant IFSTTAR) et l'Etat, celui-ci vise la création de démonstrateurs de recherche au plan national et international.

Une route de nouvelle génération qui se dessine au plan international

Une telle ambition ne peut être envisagée qu'à l'échelle européenne. Le projet a donc fait l'objet d'une réflexion portée par plusieurs laboratoires européens, dont le TRL (Royaume-Uni), la BAST (Allemagne), le DVS (Pays-Bas), le DRI (Danemark) et l'IFSTTAR en France. Une alliance Européenne est ainsi en cours de constitution autour du programme « Forever open Road » (FOR) piloté par le FEHRL (association européenne des instituts de recherche en génie civil). Il bénéficie aussi du soutien des réseaux de laboratoires d'ECTRI (association européenne des instituts de recherche en transports) et a suscité l'intérêt d'ESFRI (Forum européen de stratégie des infrastructures de recherche, mis en place auprès du Conseil de l'Union européenne).

Le programme FOR vise à inscrire les problématiques d'infrastructures routières dans les agendas de recherche de la Commission Européenne, notamment via le futur Programme Cadre de Recherche et Développement baptisé HORIZON 2020, qui se construit notamment à travers différentes platesformes technologiques, notammentERTRAC (European Road Transport Research Advisory Council), ECTP (European Construction Technology) et ERTICO (ITS Europe). Cela se concrétise par la réalisation par l'ensemble des parties prenantes d'un portfolio cohérent de feuilles de route qui alimenteront les appels à projet des années à venir.

L'objectif, à court terme, est de rationaliser le montage de projets de recherche dans le domaine routier. Parallèlement, il convient d'héberger et de capitaliser les résultats de ces projets.

Une route de nouvelle génération qui sera mise en œuvre et opéréeau niveau local

Selon l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), les démonstrateurs constituent une étape du processus de recherche-développement-industrialisation de technologies qui se situe juste avant la phase d'industrialisation et qui peut conduire à relancer des recherches appliquées au terme de l'expérimentation du démonstrateur (pour optimiser des technologies ou lever certains verrous économiques ou sociétaux).

Situé entre la cour du laboratoire et la charte d'innovation, le démonstrateur de recherche constituel'outil à privilégier pour commencer à déployer les routes de cinquième génération, en coopération étroite entre les entreprises privées et les laboratoires publics. Ces sites en vraie grandeur et sur route ouverte accéléreront l'évaluation des solutions disponibles dans les laboratoires et permettront d'identifier les plus prometteuses d'entre elles. Compte tenu de la complexité de la conception de tels objets, il convient de procéder par étapes. Une première étape, qui est en cours, consiste à tester et à labelliser les solutions dignes d'intégrer un démonstrateur de recherche. Une deuxième étape consiste à intégrer certaines innovations dans des démonstrateurs R5G thématiques et à identifier les problèmes de mise en œuvre. Une troisième étape consiste à coupler l'ensemble des innovations, par fertilisation croisée des démonstrateurs thématiques, de façon à évaluer la synergieentreces innovations pour répondre aux enjeux sociétaux en matière de mobilité. En parallèle, une nouvelle approche système pour concevoir ces démonstrateurs est en cours de définition, permettant de passer d'une conception techno-centrée à une conception à la fois anthropocentrée et fonction-centrée de la route. Pour parvenir à cet objectif,il est essentiel de croiser l'apport de différents champs disciplinaires, tant en sciences humaines et sociales qu'en sciences de l'ingénieur.

Quatre démonstrateurs sont aujourd'hui en cours de conception. Un premier concerne la thématique de l'énergie routière. Il s'agit d'évaluer les différentes solutions de collecte énergétique pour le propre usage de la route, l'alimentation de ses équipements, voire l'alimentation des véhicules électriques. Un deuxième concerne la thématique de l'éco-mobilité urbaine avec un focus sur la rénovation urbaine et la problématique du « dernier kilomètre ». Un troisième concerne la lisibilité et l'efficacité des réseaux locaux, via l'adaptation de méthodes d'audit, de diagnostic et d'alerte dévolues des réseaux structurants aux réseaux moins circulés. Enfin, un quatrième concerne la thématique de l'autoroute automatisée, avec un intérêtmarqué pour l'évaluation de la conduite automatisée comme la forme la plus aboutie de gestion du trafic sur les réseaux périurbains denses.

Une route de nouvelle génération qui bénéficiera aux autres infrastructures de mobilité

Les efforts de genèsedes routes de cinquième génération bénéficieront directement aux autres infrastructures de mobilité. En effet, les solutions innovantes dans le domaine routier peuvent se transposer dans le domaine ferroviaire, aéroportuaire et fluvial. Ainsi, les chaussées auto-dégivrantes peuvent bénéficier tout autant aux pistes aéroportuaires qu'aux chaussées des tramways à pneus.

Les chaussées modulaires permettent d'intégrer la problématique des transports guidés dès leur construction, permettant d'adapter efficacement une voie routière en voie de tramway au besoin.

Au-delà de la transposition des technologies d'un mode à l'autre, le transfert d'un mode de transport à un autre peut s'en trouver grandement amélioré. Outre l'information multimodale, la création d'interfaces souples entre les gares et les rues peut contribuer à rendre la rupture de charge entre modes la plus courte possible. Par exemple, les parkings automatisés en silos, les stations de véhicules électriques en libre partage, eux-mêmes rechargés par les installations électriques des gares en heures creuses lissant ainsi les pics de consommation électrique des heures d'affluence, sont autant de solutions permettant d'adapter les gares à la ville de demain.

Le projet route de cinquième génération vise à accélérer le déploiement des innovations, imaginées ou disponibles dans les laboratoires, à travers le développement de démonstrateurs de recherche de grande envergure, pour fairedes infrastructures de mobilitédesacteursde la transition énergétique, en les rendant décarbonées, connectées aux réseaux d'information et à énergie positive. Ces démonstrateurs de recherches, conçus et opérés conjointement par les laboratoires publics et les entreprises privées, dynamiseront ce secteur économique de façon à maintenir celui-ci au premier rang mondial. Au niveau national, l'IDRRIM (Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la mobilité)semble le bon lieu pour créer et animer cette dynamique et le fond démonstrateur ADEME l'instrument le plus adapté pour la concrétiser, sous peine de devoir se préparer à restreindre notre mobilité, qui constitue pourtant un de nos droits fondamentaux.