

Il faut le souligner, les choix en la matière sont en grande partie politiques. Mais ils dépendent aussi des technologies disponibles. Aussi, de leur côté, ingénieurs et chercheurs développent et testent des techniques susceptibles de bénéficier aux routes du futur, au sein de scénarios généraux guidés par les trois grands enjeux mentionnés. Passons en revue un certain nombre de ces innovations, qui donneront une idée plus concrète de ce que seront les routes d'ici 10, 20 ou 30 ans.

Un premier aspect porte sur les procédés de construction de chaussées. De façon générale, il s'agit d'économiser les ressources naturelles, en construisant des routes à partir de matériaux plus endurants au trafic et au climat, et cela avec des techniques compatibles avec le développement durable.

Pour économiser les ressources naturelles, une stratégie consiste à recycler les matériaux en place ou à employer, seuls

ou en supplément de matériaux neufs, des matériaux granulaires de diverses sources locales (mâchefers, pneus usagés, matériaux de déconstruction, coproduits industriels, etc.).

L'utilisation de ressources locales permet en outre de limiter les transports de matériaux liés aux chantiers routiers eux-mêmes, et ainsi de diminuer le coût énergétique des chantiers, dû en grande partie au transport des matériaux.

Pour les liants, une première idée consistait à remplacer les liants bitumineux, issus de la distillation des pétroles bruts, par des liants issus de matières végétales (celles utilisées pour fabriquer des biocarburants par exemple). Elle s'est vite heurtée à la réalité de la disponibilité des ressources et de la compétition avec la production alimentaire. S'il n'est donc pas concevable de remplacer la totalité du bitume par ce type de liants, d'autres pistes sont à l'étude, par

■ LES AUTEURS



Nicolas HAUTIERE est directeur de projet au département Composants et systèmes

de l'Ifsttar, à Marne-la-Vallée.

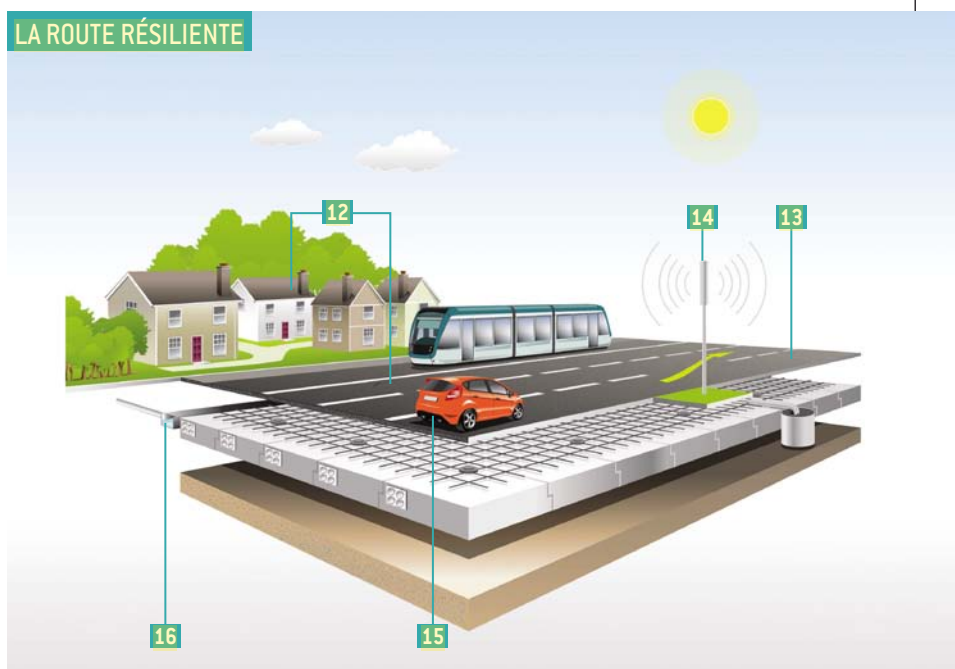
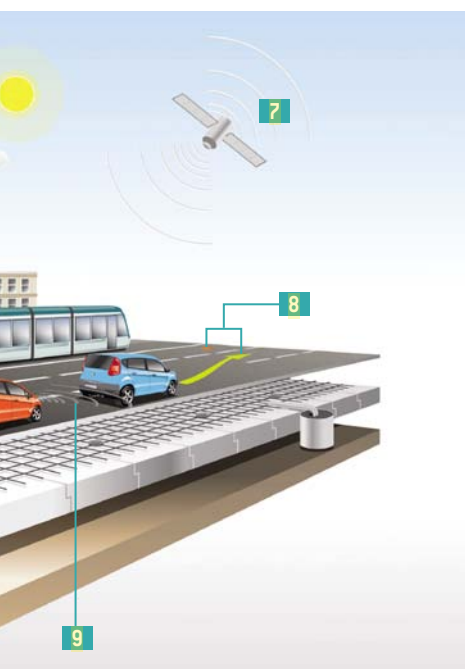


Chantal DE LA ROCHE est responsable de projet Route de 5^e génération à l'Ifsttar, à Nantes.



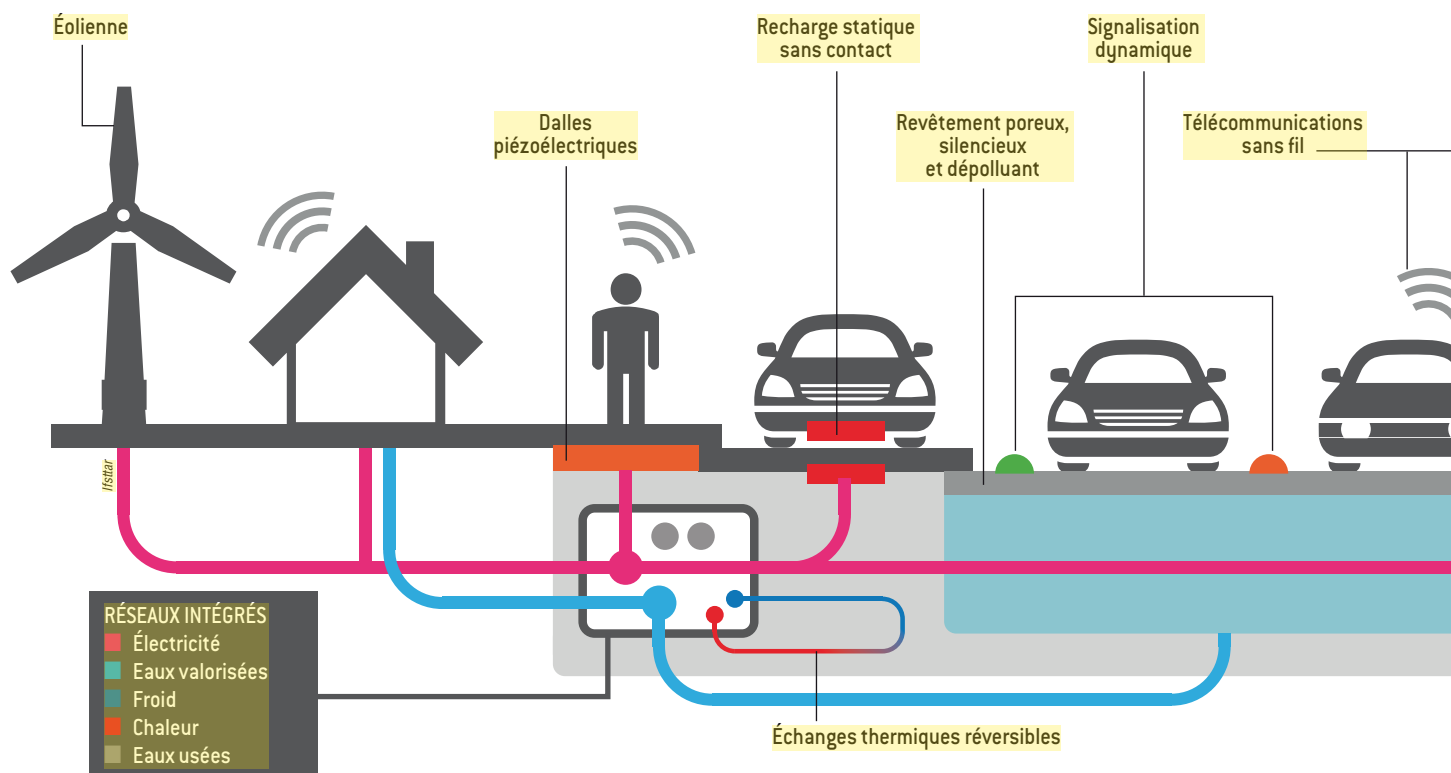
Jean-Michel PIAU est chercheur au laboratoire LAMES de l'Ifsttar, au centre de Nantes.

ET RÉSILIENTES AUX ALÉAS CLIMATIQUES



6 Éléments préfabriqués intégrant des réseaux de drainage, de communication et d'électricité. **7** Système de communication entre les infrastructures routières, les conducteurs et le réseau de contrôle. **8** Systèmes de guidage lumineux en fonction du trafic et des exigences du réseau routier. **9** Aide au regroupement de véhicules. **10** Capteurs embarqués pour localisation du véhicule et de ses voisins, gestion d'incidents, etc. **11** Capteurs intégrés pour le

contrôle du trafic, le suivi des conditions météorologiques et de la pollution. **12** Échanges de chaleur chaussée-bâti pour faire face à des événements météorologiques extrêmes. **13** Système intégré de déverglaçage. **14** Contrôle du trafic réactif aux conditions météorologiques, communication des prévisions météo en temps réel. **15** Système embarqué d'information météorologique. **16** Système de drainage et de réservoirs, en prévision de tempêtes.



REGROUPEUR DE MULTIPLES TECHNIQUES
est nécessaire pour réaliser un espace routier de cinquième génération. Une telle intégration permettrait de satisfaire les exigences matérielles, énergétiques, environnementales et informationnelles des infrastructures routières de demain.

exemple l'emploi de ces liants végétaux en petite quantité pour régénérer le bitume ancien lors des opérations de recyclage, ou bien la mise au point de liants alternatifs issus de biomasses non alimentaires. On peut notamment citer les liants à base de micro-algues, qui font l'objet du projet *Algoroute* porté par plusieurs organismes français, dont l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux).

Par ailleurs, on cherche à augmenter les taux actuels de recyclage des matériaux pour chaussées, qui atteignent généralement 10 à 30 % par rapport aux matériaux neufs. Cela exige à la fois de meilleurs procédés de tri, une meilleure prise en compte des cycles de vie des matériaux et la mise au point de méthodes d'étude permettant d'évaluer et d'optimiser le comportement des matériaux recyclés. Il s'agit aussi de développer des outils industriels permettant de réchauffer le matériau bitumineux ancien afin de pouvoir le malaxer et le mettre en œuvre sans altérer définitivement les propriétés du liant.

Certaines techniques de recyclage se révèlent, à l'usage, vertueuses à plusieurs

titres. À l'Ifsttar, nous avons ainsi récemment montré que l'exposition à l'air libre des bétons de déconstruction avant réemploi permet de piéger une partie du dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique, ce qui contribuerait à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Un autre exemple est l'incorporation de granulats de caoutchouc, obtenus par broyage de pneus usagés, aux couches superficielles des chaussées : ce recyclage de matériau conduit du même coup à une diminution du bruit de trafic.

Des matériaux plus résistants

Afin d'économiser les matériaux, une autre approche est de mettre au point des matériaux très résistants à la circulation et aux agressions climatiques, qui laissent envisager des routes dites perpétuelles, à longue durée de vie.

Un exemple de cette démarche est représenté par les enrobés à base de résine époxy, déjà employés comme revêtements sur les tabliers de ponts en acier ou en zones de virage sur autoroute. Plus récemment, l'Ifsttar a développé, dans le cadre