



Interactions route & véhicules décarbonés, connectés et automatisés Quelle transition ?

Nicolas Hautière

IPEF - Chercheur Sénior HDR - Directeur du projet R5G
Copilote du DAS Solutions de Mobilité Intelligente – MOV'EO
Membre du COP Formation Recherche Innovation – IDRRIM
Automated Road leader – FEHRL (ERTRAC)
Membre du WG Smart Roads (FIT/OCDE)

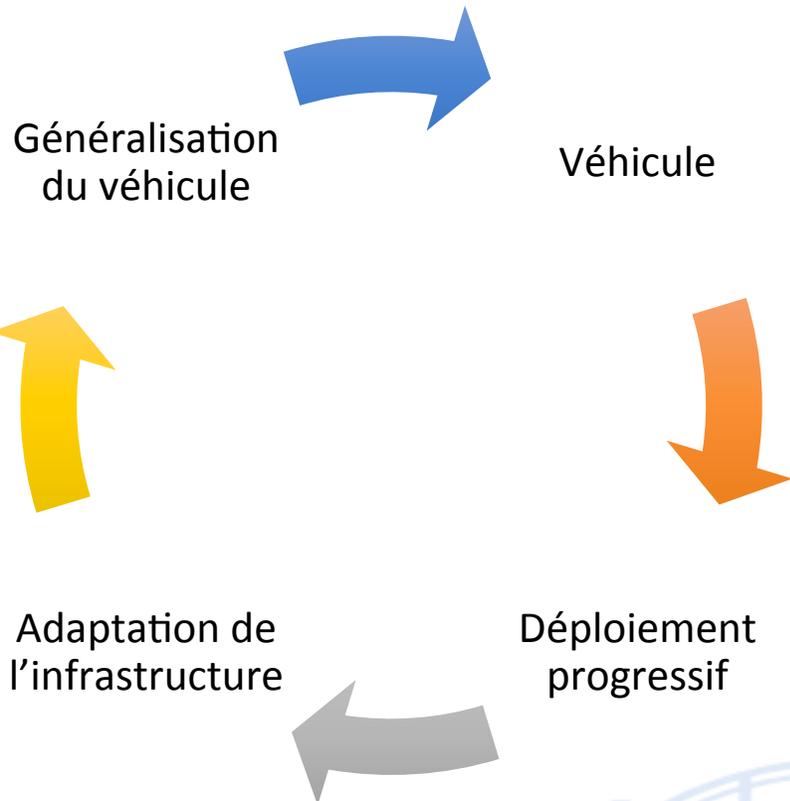
ESPCI, Paris, 1er décembre 2016



IFSTTAR

Infrastructures et mobilité

Les besoins de mobilité d'une société façonnent les infrastructures de transport et vice versa



Lamb, M., Collis, R., Deix, S., Krieger, B., Hautière, N. : *The Forever Open Road : Defining the next generation road*. *Routes-Roads* (352/353), 120–129 (2012)

Les Lumières et 200 ans de routes « macadamisées »

AUTEUR

Mathieu Flonneau
Université Paris I Panthéon - Sorbonne,
IRICE, LabEX EHNE

L'année 2015 commémore les 200 ans de l'invention du macadam. Avec l'époque des Lumières, « *toute une civilisation prend la route* », selon Daniel Roche, historien et professeur au Collège de France. Il reste à prendre au mot cette formule que l'on retrouve à l'origine de l'éco-système qui favorisa durablement la croissance de l'Occident.

L'utilisation dans le langage courant du terme « macadam » pour évoquer le revêtement des routes constitue un abus de langage et masque la mise au point progressive et complexe d'une invention décisive survenue au début du XIX^e siècle dans le but de faciliter le roulement sur les chaussées. Le macadam était initialement une technique révolutionnaire d'empierrement des chaussées par concassage des pierres, qui représenta un sensible progrès par rapport aux modes de pavement utilisés antérieurement.

Une invention révolutionnaire

Son invention est attribuée par éponymie à l'ingénieur écossais John Loudon McAdam (1756-1836). Ce dernier, dont le portrait figure en bonne place au British Museum à Londres, peut être rattaché aux « Lumières écossaises » qui ont participé à l'essor industriel du Royaume-Uni. Né à Ayr dans une famille de dix enfants, John Loudon McAdam avait été envoyé à l'âge de 14 ans aux Etats-Unis pour y commercer aux côtés de son oncle. Devenu premier trésorier de la chambre de commerce de New York, il perdit sa fortune avec la révolution américaine et retourna en Ecosse en 1783. Il s'établit ensuite à Bristol, en Angleterre, et devint administrateur des routes à péage de sa région, puis s'investit avec ses trois fils dans la construction de routes à grande circulation.



Empierrement d'une route selon la technique Macadam en 1823

L'année 1815-1816 correspond aux premiers essais attestés de macadamisation rapidement théorisés dans un livre, *Remarks (or Observations) on the Present System of Roadmaking*, dont neuf éditions mises à jour parurent entre 1816 et 1827. Un traité intitulé *A Practical Essay on the Scientific Repair and Preservation of Public Roads* fut publié en 1819. Son savoir-faire consistait à créer au sol une masse cohérente destinée à assurer un roulage toujours plus intense et plus lourd à partir de couches successives de matériaux de granulométrie différente, du plus gros en profondeur au plus compact en surface (figure 1). Le gain obtenu en efficacité pour le drainage des

eaux de ruissellement et la stabilisation des bandes de roulement explique que ces principes soient encore utilisés aujourd'hui dans les techniques de construction routière.

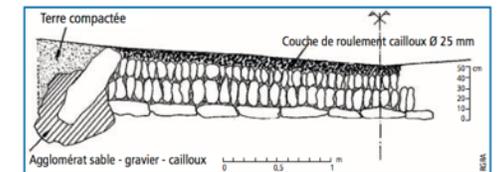


Figure 1
Structure de chaussée dans les zones à forte pente [1]

Développement et évolution de la technique

Ainsi augmentées, les capacités de résistance des routes furent estimées à 18 kg par millimètre de contact, soit deux fois plus que la capacité du pavement de type Telford en vigueur auparavant. Les effets de cette invention révolutionnaire sur le développement de la mobilité furent immédiats et l'on estime à environ 15 km/h la vitesse moyenne atteinte par la Poste royale sur les routes britanniques alors qu'à cette période, elle n'atteignait pas les 10 km/h sur le continent. Standardisées, ces routes devenaient également plus efficaces et plus faciles à entretenir, avec des matériels désormais adaptés, comme les rouleaux compresseurs.

L'invention se déploya rapidement en Europe, en Australie, en Russie et aux Etats-Unis. En France, le puissant corps des Ponts et Chaussées, dont la doctrine routière s'était notamment constituée autour des théories et pratiques de Jean-Rodolphe Perronet et Pierre Marie Jérôme Trésaguet, adopta le principe de ce système à quelque variante près dans l'épaisseur choisie pour le macadam. Louis Navier, qui s'était rendu en Angleterre en 1821 et 1823, en recommanda l'importation. Son adoption se généralisa à partir des années 1850.

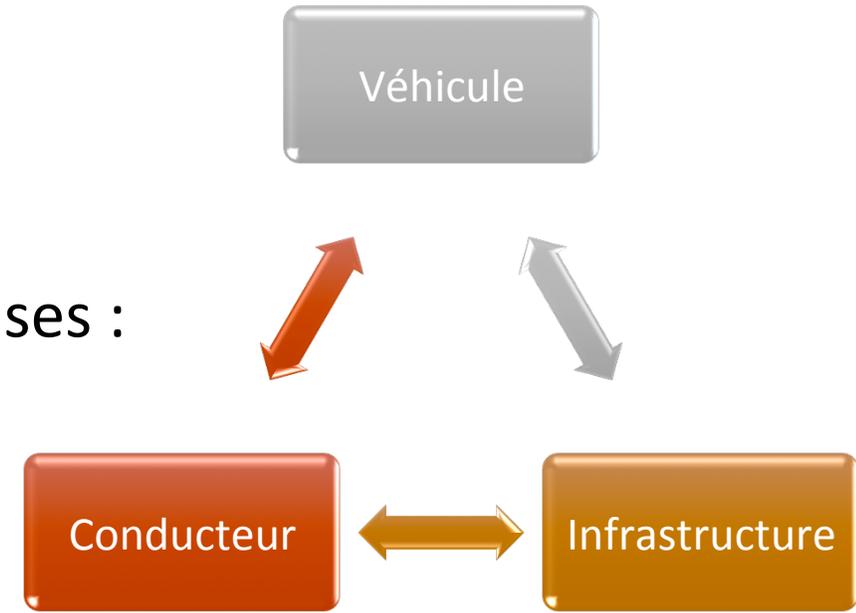
De façon décisive, sous la pression du trafic automobile, la macadamisation évolua au début du XX^e siècle avec l'usage de liants bitumineux susceptibles de renforcer encore l'agrégation des matériaux et surtout de lutter contre la génération de poussières. Tarmacadam (ou goudronnage), puis asphalte, ont par la suite continuellement assuré l'amélioration des techniques routières de plus en plus sophistiquées. ■

BIBLIOGRAPHIE

[1] Jean Mesqui, *Les Routes dans la Brie et la Champagne occidentale : histoire et techniques*, RGRA, 1980

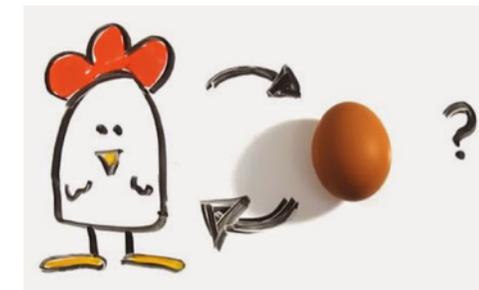
R4G - Modèle VIC en question

- Les externalités négatives de la R4G sont nombreuses :
 - Mortalité et blessés graves
 - Congestion et temps perdu
 - Consommation d'énergie
 - Emissions de CO2
 - Confort et bien-être
 - ...
- La R4G semble inadaptée aux enjeux du 21^e siècle
- Les nouvelles technologies embrassent l'ensemble de ces enjeux : la mobilité du 21^e siècle sera ainsi décarbonée, connectée, automatisée et partagée.
- Quelles conséquences pour les infrastructures qui "supportent" cette mobilité ?



Innovation - Déploiement

Infra vs. véhicule : deux processus d'innovation distincts



- Chacun de leur côté, les routes et les véhicules ont permis de pallier les déficiences du modèle VIC
- Il en résulte une route qui progresse linéairement depuis un siècle
- A l'interface, on trouve une série de problèmes complexes :
 - AHS : présence d'équipements de la route dédiés <-> ADAS
 - I2V : borne G5 <-> technologie 5G
 - VA : niveau d'entretien des équipements de la route <-> cartographie
 - VE : route électrique <-> batterie
- La rupture interviendra si on parvient déployer des technologies à l'interface route/véhicule, sinon on se contentera d'attendra les progrès des véhicules.



Innovation - Déploiement

Appréhender la coopération public-privée

- La RDI classique obéit au modèle linéaire : recherche, prototypage, test, déploiement
- Dans le cas des véhicules connectés, automatisés et décarbonés, ce modèle ne tient plus :
 - Cycles rapides de déploiement dans des cercles de plus en plus grands empruntant le domaine public
 - Ville-laboratoire => Transpolis
 - Démonstration => Confluence
 - Pilote => SCOOP@F
 - A/R entre recherche et expérimentation
- Pas de recette connue pour la coopération public-privée
- Projets peu « instrumentés » en terme de sociologie de l'innovation

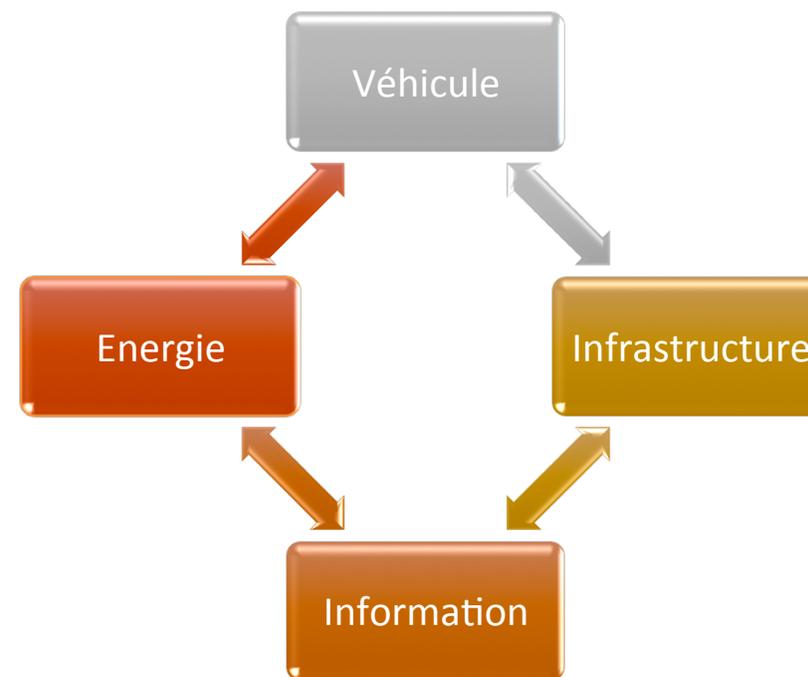


Streetscape in Downtown **Mcity**

Innovation - Déploiement

Vers un nouvelle hiérarchisation des réseaux ?

- Pour garantir la pérennité de l'investissement (public et privé), i.e. résoudre le CEP, il faut néanmoins s'assurer :
 - Que les choix technologiques ne soient pas remis en cause rapidement pour ne pas imposer à l'utilisateur final de payer deux fois
 - Que la catalyse de l'écosystème par la puissance publique induise une infrastructure de nouvelle génération pour les sections à enjeux :
 - Une fréquence 5.9 GHz préservée et utilisée
 - Des équipements de la route hybridés
 - Des données structurées et échangées sous un format standardisé
 - Des indicateurs de performances partagés
 - ...
 - Qu'un modèle économique équilibré puisse émerger



R5G