

Séminaire
« Changement climatique,
développement durable :
Que font les grandes entreprises
des transports et du bâtiment? »

*Ateliers de la session Transports du 1^{er} Décembre 2016
Atelier 1/ Les évolutions de l'automobile*



Introduction

Du 30 novembre au 11 décembre 2015, la France a présidé la **COP21**, aboutissant à un accord mondial ambitieux, signé par 195 pays, dont l'objectif est de **limiter la hausse des températures à 1,5°C**.

Dans ce cadre, la France s'est engagée de manière volontariste à travers deux grands objectifs :

- Réduction de **40%** de ses émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) d'ici 2030 par rapport à son niveau de 1990
- Réduction de **75%** des ses émissions de GES d'ici 2050

Les émissions de gaz à effet de serre dans les transports **ont augmenté de 9%** entre 1990 et 2012

La voiture est utilisée dans **la moitié** des déplacements de **moins de 3 km**.

Le transport représente un enjeu majeur : il produit près **d'1/4** des émissions de GES en raison de la prédominance du **transport routier, premier mode de transport en émission de GES**.

Un an après la COP21 et à quelques jours de la COP22, quelles sont les approches stratégiques de l'industrie automobile et routière pour répondre aux enjeux du climat et du développement durable ?



Introduction



Notre atelier

1

Le marché du véhicule de tourisme évolue :

1. De nouveaux modes de mobilité plus durables se développent
2. Le véhicule électrique est en plein essor

2

La route du futur : nouveau levier écologique ?



Pierre du Payrat

Associé Innovation et Développement des
produit/services



Posez toutes vos questions et interagissez en direct
avec nous avec le hashtag : **#weaveDD**



Présentation des intervenants



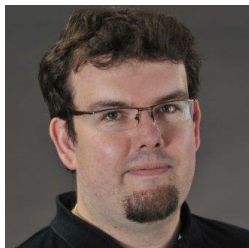
Jean-Philippe Hermine

Directeur Plan et Stratégie
Environnement



Hervé Mousty

Directeur Pré-Développement
Elastomères



Nicolas Hautière

Directeur de projet auprès du
directeur de département COSYS



Hervé Dumont

Directeur Technique « Routes »





1

Le marché du véhicule de tourisme évolue

Les tendances du secteur automobile

Le secteur automobile est bouleversé par 3 tendances grandissantes qui impactent le futur de la mobilité

Electricité



Conduite autonome



Connectivité



80%

de réduction de pollution

90%

d'accidents en moins

54%

de places de stationnement en moins dans les villes

Fin

de la congestion automobile urbaine

Les tendances du secteur automobile

Les avantages du véhicule électrique pour la conduite autonome

Drive by Wire

Le câblage électrique remplace les liaisons mécaniques classiques



Architecture nouvelle

Suppression des fonctions thermiques
Exemple: la boîte de vitesse



&

=

Un véhicule repensé

De nouveaux habitacles adaptés aux usages



Les opportunités de la conduite autonome pour le véhicule électrique

De nouveaux usages

Redéfinition de la mobilité
Exemple: le véhicule autonome peut aller chercher ses passagers, retourner se recharger

De nouveaux services

Auto partage du véhicule électrique entre plusieurs

&



=

Compenser les limites de l'électrique

- le kilométrage limité
- le temps de chargement
- la taille et la capacité

Les tendances du secteur automobile

L'apport des technologies connectées embarquées

Offrir de nouvelles prestations sur route

Dans la continuité des objets connectés, utilisation d'applications nomades

S'intégrer dans notre environnement

Dialogue avec les équipements et commande à distance, lien avec les infrastructures

Valoriser les temps de trajet

Transformation du véhicule en espace de divertissement et / ou de travail





Mobilité durable & Transport des particuliers

Hervé Mousty

1er décembre 2016



Changement climatique

En France, les émissions du transport représentaient 34% des émissions de CO₂ de 2007. 94% de ces émissions sont le fait du transport routier.

Des réponses technologiques existent : Réduction de la masse et de la traînée aérodynamique.

Moteurs à explosion downsizés, véhicules hybrides, véhicules électriques, pile à combustible.

Résistance au roulement des pneus.

Un raisonnement global s'impose cependant. L'électricité n'est pas la panacée.

	en T de CO ₂ par MWh
Charbon	0.354
Gaz	0.202
Fioul domestique	0.266
Fioul lourd	0.279

Impact du transport sur la santé humaine



**Impact
sur la santé
humaine et la
biodiversité**

**La pollution (au niveau local) :
particules fines, CO, NOx, SO₂.**

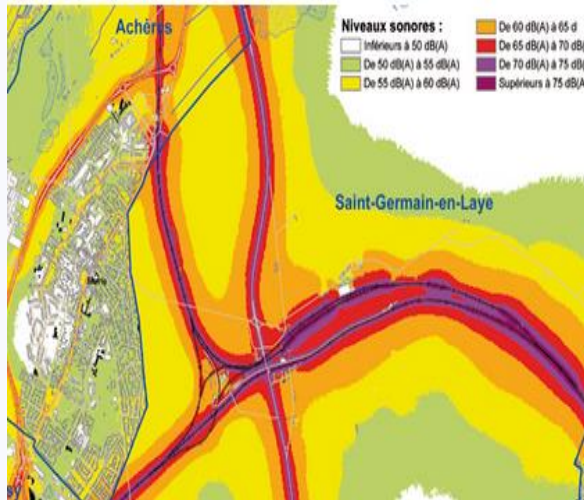
**Des solutions permettent de traiter ces
émissions à la source :
Choix de la motorisation, réduction des
consommations de carburant,
catalyseur d'oxydation, filtre à
particules, catalyse par réduction
collective (SCR).**

**Elles ont un coût important, surtout
pour les petits véhicules.**

Le bruit de la circulation est une nuisance sonore. Des cartes de bruit dressent des bilans locaux.

Différentes voies d'amélioration à la source : les véhicules, le bruit de roulement pneu-chaussée.

En Europe, de nouvelles limitations de niveau de bruit maximal feront passer le plafond de 72 à 68 dB(A).



**Impact
sur la santé
humaine et la
biodiversité**



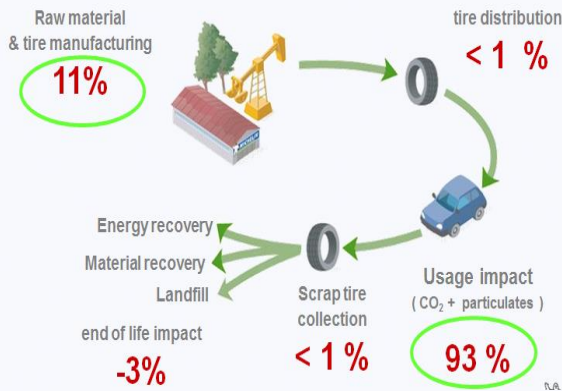
**Impact
sur la santé
humaine et la
biodiversité**

Les distances d'arrêt sont la somme de la distance de réaction et de la distance de freinage.

Les systèmes d'aide à la conduite (ADAS) permettent de minimiser les distances d'arrêt, en jouant sur les 2 aspects.

Le véhicule autonome en est la version ultime.

Impact du transport sur les ressources naturelles



Disparition des ressources naturelles

Les matières premières d'origine fossile sont précieuses, car épuisables.

Il nous faut

- Réduire leur utilisation : masse, durée de vie, consommation
- Réutiliser les produits ou sous-produit en fin de vie : rechapage, échange standard
- Recycler les produits en fin de vie pour réutiliser la matière
- Développer l'utilisation de matières renouvelables



Un véhicule durable pour tous !

La mobilité doit être accessible à tous et acceptée par les usagers.

Des véhicules à coût réduit se développent sur le marché. Des solutions à 50g de CO₂/km et à bas coût sont recherchées dans le programme 2L/100km.

Les usages se transforment.

Mobilité partagée : covoiturage, VTC, location entre particuliers, autopartage.

La nécessité d'une mobilité urbaine fluide.

Le véhicule autonome Niveau 3 ou 4 est une partie de la réponse.



Merci

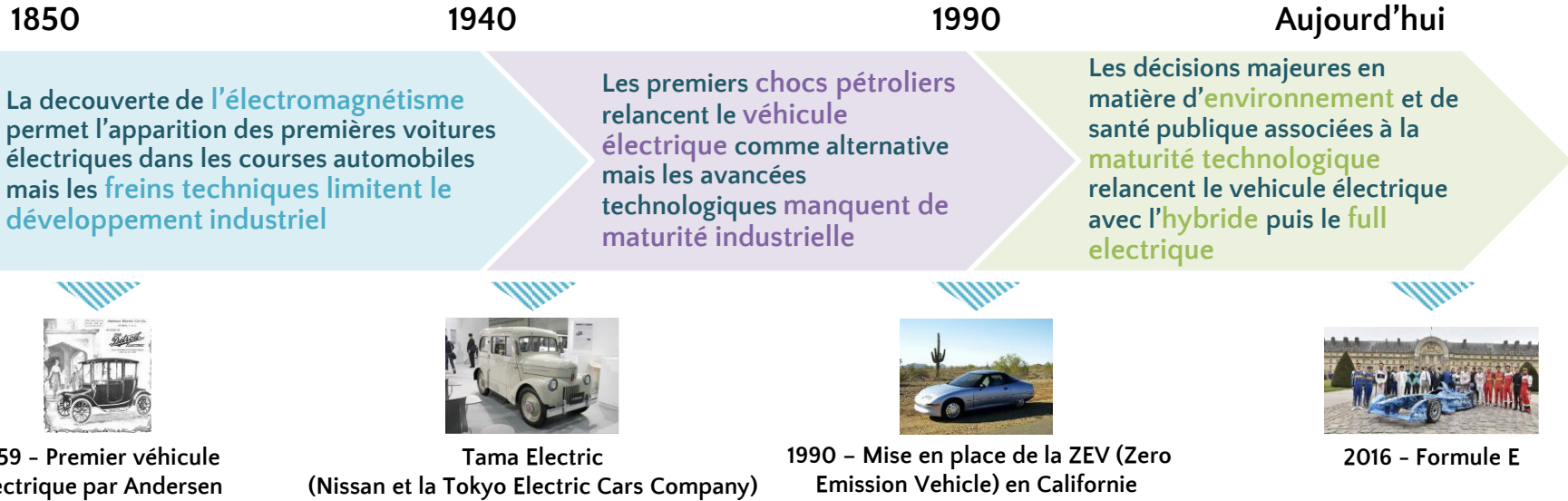
Echange avec la salle



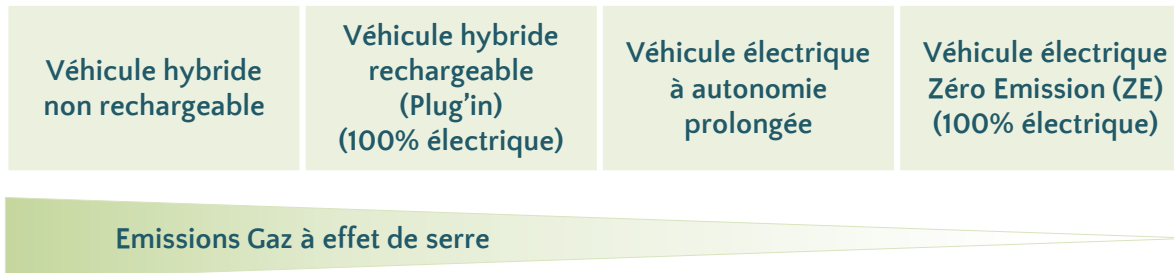


Le véhicule électrique

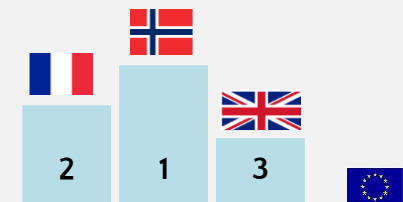
Evolution d'ensemble des marchés du véhicule électrique



“Seul 1% des futurs acheteurs s'intéressent en effet au véhicule électrique, alors que 21% s'intéressent au véhicule hybride” (Etude PwC 2014 en France)



Top 3 des pays européens les plus avancés sur le véhicule électrique* (2016)



*Top 3 suite au classement des pays comptant le plus d'immatriculations en 2015 et qualifiés de pionniers en matières de politiques urbaines et d'aides fiscales

La situation en France : Chiffres clés



La France a en 2015 un parc électrique de **50 000** véhicules immatriculés

Le véhicule électrique représente **1%** des ventes d'automobiles neuves

Janvier 2016 a vu une progression des immatriculations de véhicules électriques de **85%** par rapport à janvier 2015

Dans le cadre de la COP21, la France a pris plusieurs engagements :

- **Diminuer de 29%** les émissions de gaz à effet de serre dans les transports sur la période 2015-2028
- **7 millions de points de charge pour véhicules électriques** installés d'ici 2030
- **Prime de 10 000€** consentie aux particuliers pour le remplacement d'un vieux véhicule diesel par une voiture électrique
- Lancement d'un appel à projet destiné aux industriels le 3 décembre 2015 afin de concevoir une voiture électrique « accessible au grand public » à **moins de 7 000 dollars**

Voiture électrique : quels sont les verrous technologiques ?

Les **batteries** sont à l'origine des trois verrous technologiques : autonomie, temps de recharge et coût de fabrication



Augmenter l'autonomie des véhicules électriques

- La densité énergétique d'un pack de batterie est d'environ 100 Wh/kg contre 13 000 Wh/kg pour le pétrole
- L'effet d'autodécharge limite le stockage d'électricité sur une longue durée



- Augmentation des capacités de stockage
- Réduction de la consommation
- Amélioration des rendements



Réduire les temps de recharge

- Le temps de charge dépend de l'intensité du courant utilisé, plusieurs heures avec les prises domestiques
- Une forte intensité nécessite l'utilisation de systèmes de refroidissement
- L'intensité maximale utilisable est limitée



- Généralisation des "super-chargeurs"
- Développement de méthodes de recharge alternatives (ex. panneaux solaires)



Réduire le coût des batteries

- Les batteries représentent la part la plus importante du prix d'achat
- Le coût de fabrication actuel est de 300\$/kWh



- Effet volume (ex. de la super-usine de Tesla)
- Développement de nouvelles technologies et processus de fabrication

Echange avec la salle





2

La route du futur : nouveau levier écologique ?

La route du futur

33 millions de km de routes sur notre planète

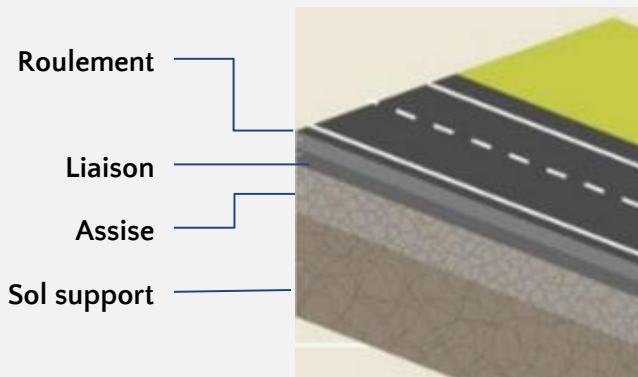


1900 km de plus chaque jour

Les routes actuelles

- Un impact environnemental notable
 - Energie dépensée et GES émis à la construction et pour l'entretien
 - Utilisation importante d'espace et fragmentation des zones naturelles
- Des améliorations techniques fortes en termes de performance, de coûts et d'impacts environnementaux (réutilisation des matériaux in situ)

Structure d'une route moderne



Quelques technologies de la Route du Futur

- Des matériaux et équipements écologiques
- Une production d'énergies photovoltaïque, piézoélectrique et thermique
- Des routes connectées, prévoyant et s'adaptant au trafic, communiquant avec les véhicules

La route du futur

3 axes principaux d'évolution de nos routes, en cours d'investigation ou de test :

Construction et entretien écologique

- Chaussée réservoir régule la circulation des eaux



- Matériaux de réduction du bruit



- Matériaux biologiques de construction (algues)

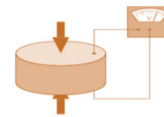


Production et distribution d'énergie

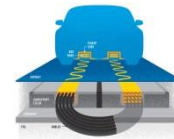
- Production d'énergie photovoltaïque ou thermique sous revêtement



- Production d'énergie piézoélectrique



- Recharge des véhicules par induction



Technologies de l'information et de la communication

- Contribution à l'autonomisation des véhicules



- Prédiction de circulation, communication avec les véhicules



- Peintures dynamiques (conditions d'adhérence, fluorescentes)



Focus page suivante



La route du futur : Production et distribution d'énergie



Enjeux

- Potentielle mine d'or photovoltaïque
- Intégration de la production dans le réseau
- Accompagnement de la voiture électrique



Tendances clés

- Besoin de priorisation des technos
- Expérimentations en cours, pas encore de déploiement



Freins

- La volonté politique : décisions publiques, Partenariats Public-Privé
- Les coûts d'investissement gigantesques (payé par les contribuables ?)
- Le développement des technologies (en particulier pour le photovoltaïque)



Éléments facilitateurs

- Les besoins d'augmentation de la part du renouvelable dans le portefeuille énergétique
- L'orientation du marché auto vers des modes de propulsion électriques
- L'autonomie limitée des voitures électriques
- Le temps de recharge des batteries

Route du Futur

Premières Applications

SEMINAIRE ESPCI – 1 er décembre 2016

H. DUMONT – Directeur Technique EIFFAGE Route



1^{ère} génération – Le chemin (*transport de personnes*)



2^{ème} génération – La via APPIA : route pavée romaine
(transport de charges : militaire / commerce)



3^{ème} génération – La route revêtue : lien avec le
développement de l'automobile



4^{ème} génération – L'autoroute : Vitesse - Confort - Sécurité
Intégration environnementale

**La Route est le premier "réseau social" :
Vers la route de 5^{ème} génération**

La route du futur sera :

- **Ecologique** (Confirmation de la CEV 2009 – avenant 2017) :
 - Réduction de la consommation de ressources non renouvelables
 - Réduction de la consommation d'espaces
 - Réduction de la production de GES
 - Réduction de la consommation d'eau et des effets sur le milieu
 - Innovation verte et recyclage matériaux
 - Amélioration de la santé publique (*bruit / pollutions diverses etc...*)

La route du futur sera :

- Capable de stocker ou de produire de l'énergie.
 - Route solaire
 - Route auto-dégivrante
 - Route à induction (recharge/alimentation des véhicules par la chaussée)

ALSTOM – Alimentation par le sol

Tramways sans caténaire (alimentation : conduction)



Projet R&D en cours avec Volvo



Production d'énergie

BOMBARDIER – Alimentation par le sol

Projets R&D en cours (alimentation par induction), avec SCANIA notamment



Production locale d'électricité

- ✓ Rendre des systèmes autonomes en énergie
- ✓ Panneaux solaires en périphérie de chaussée ; mobilier urbain



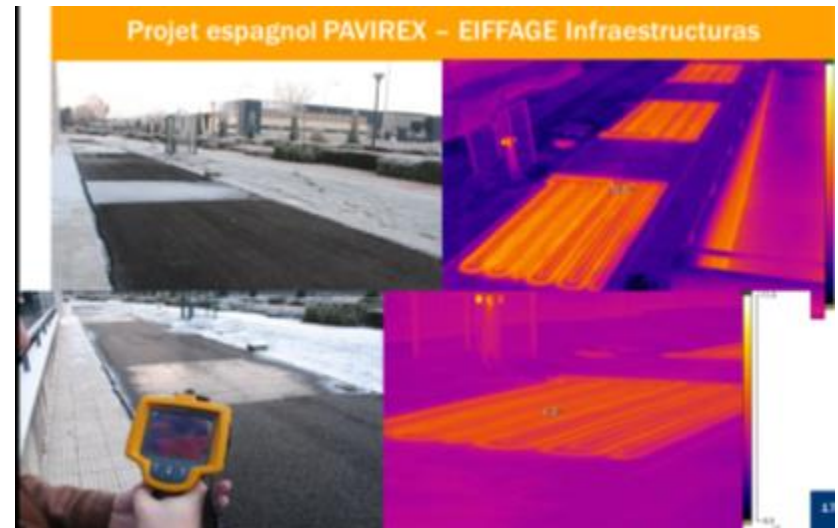
2015 WATTWAY – Colas



Stockage d'énergie :



Chaussée chauffante EIFFAGE
ROUTE



Chaussée chauffante / refroidissante
« GEOTHERMIE » :
Pavirex EIFFAGE Infraestructuraes

La route du futur sera :

3 : Mieux intégrée dans toutes ses phases de construction, d'entretien et d'exploitation.

- Meilleure qualité de service / disponibilité de la route
- Evolutivité de la route pour prendre en compte d'autres usages

Transposition à la Route de la « maquette numérique » (BIM – Building Information Modeling)

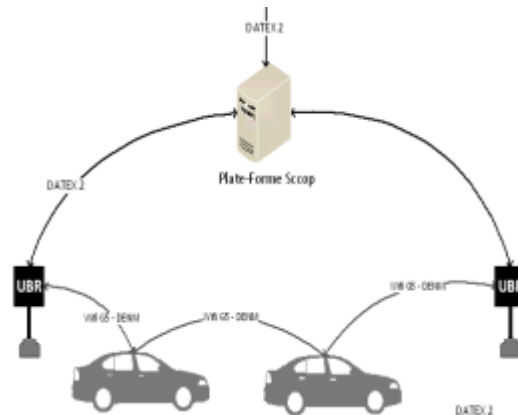
Projet EXPERCITE[®] (Eiffage Energie)



La route du futur sera :

4 : INTELLIGENTE et COMMUNICANTE (NTIC)

- Fluidité / connaissance du trafic
- Signalisation évolutive et interactive
- Instrumentation des chaussées pour leur gestion et leur exploitation
- Interactions Infrastructures / véhicules : voiture sans chauffeur / état de la route



Instrumentation / Monitoring des chaussées

2004

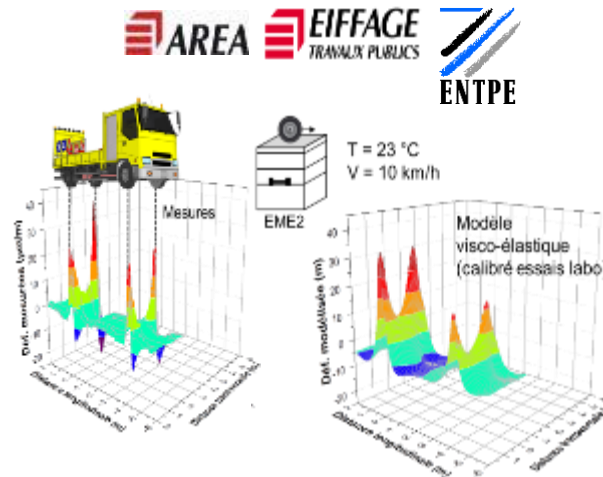
2012

2015

Viaduc de Millau

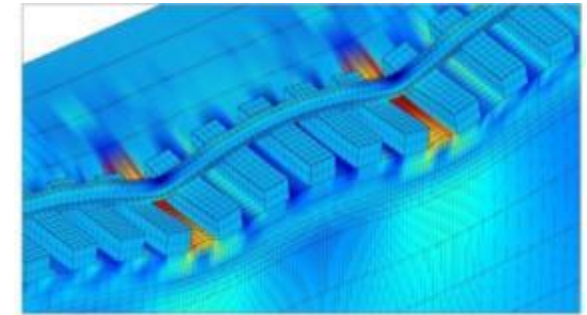


Autoroute A41N



LGV BPL

Instrumentation de sections GB/Granulaires



Précurseurs vers des Outils de gestion du patrimoine :

- Géolocalisation des équipements, des réseaux
- Gestion en temps réel des interventions de maintenance et du trafic : IIOT (Industrial Internet of Things / Objets connectés)



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

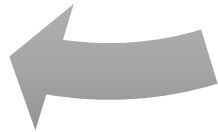
Généralisation du véhicule



Véhicule



Adaptation de l'infrastructure



Déploiement progressif



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 Ronnaeu
Université Paris 1 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'empiement 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 États-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 Écosse en 1783. Il s'établit ensuite à Bristol, en Angleterre, et devint administrateur des routes à pléage de sa région, puis s'investit avec ses trois fils dans la construction de routes à grande circulation.



Empiement 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.

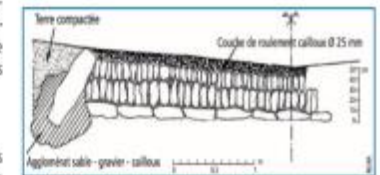


Figure 1
Structure de chaussée dans les zones à forte pente [1]

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 États-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'épaveuse 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.

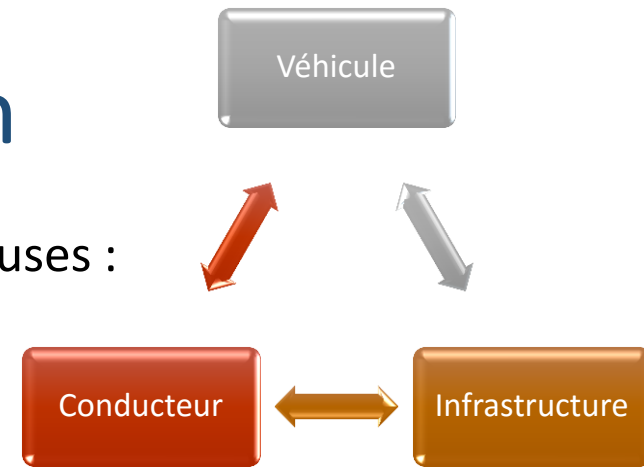
De façon décisive, sous la pression du trafic automobile, la macadamisation évolua au début du XX^e siècle avec l'usage de liants bitumineux susceptibles de renforcer encore l'agrégation des matériaux et surtout de lutter contre la génération de poussières. Tarmacadam (ou goudronnage), puis asphalte,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

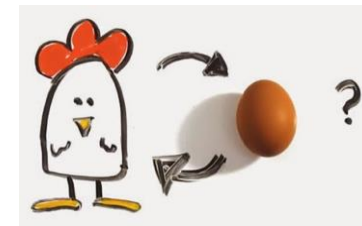
BIBLIOGRAPHIE

[1] Jean Menqui, Les Routes dans le littoral et le Champagne occidental - Histoire et techniques, RMA, 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 à déployer des technologies à l'interface route/véhicule, sinon on se contentera d'attendre 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

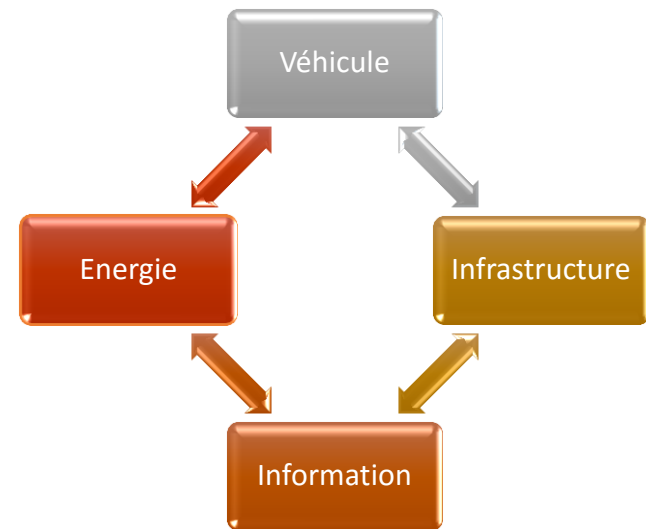


Streetscape in Downtown **Mcity**

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

Echange avec la salle



Merci de votre attention



43 Continuez d'interagir avec nous :

