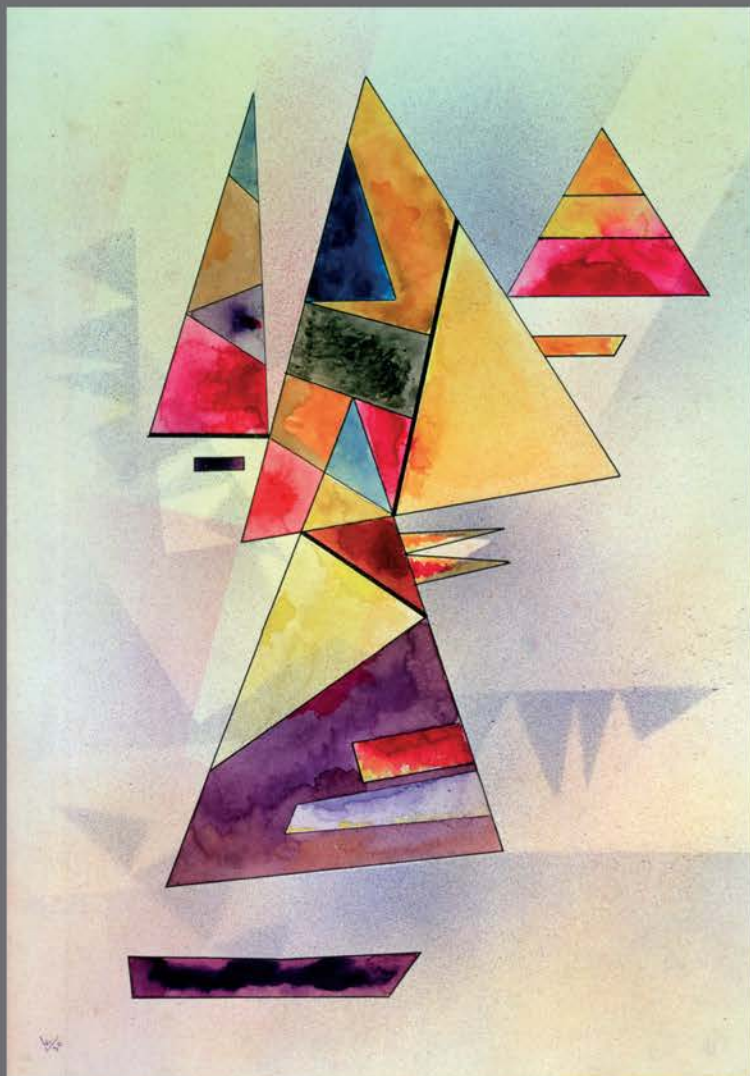


# Enjeux numériques



Mobilité, logistique et numérique :  
entre efficacité et libertés

UNE SÉRIE DES  
ANNALES  
DES MINES  
FONDÉES EN 1794

N° 7 - SEPTEMBRE 2019

*Publié avec le soutien  
de l'Institut MinesTélécom*



## ENJEUX NUMÉRIQUES

Série trimestrielle • N°7 - Septembre 2019

### Rédaction

Conseil général de l'Économie,  
ministère de l'Économie et des Finances  
120, rue de Bercy - Télédoc 797  
75572 PARIS Cedex 12  
Tél. : 01 53 18 52 68  
<http://www.anales.org>

### François Valérian

Rédacteur en chef

### Gérard Comby

Secrétaire général

### Delphine Mantiene

Secrétaire générale adjointe

### Liliane Crapanzano

Correctrice

### Myriam Michaux

Webmestre et maquettiste

### Membres du Comité de Rédaction

#### Jean-Pierre Dardayrol

Président du Comité de rédaction

#### Edmond Baranes

#### Godefroy Beauvallet

#### Côme Berbain

#### Pierre Bonis

#### Serge Catoire

#### Michel Cosnard

#### Arnaud de La Fortelle

#### Caroline Le Boucher

#### Alban de Nervaux

#### Bertrand Pailhès

#### Grégoire Postel-Vinay

#### Jacques Serris

#### Hélène Serveille

#### Laurent Toutain

#### Françoise Trassoudaine

#### François Valérian

### Photo de couverture :

Wassily Kandinsky (1866-1944),  
*Composition*. Aquarelle et encre de Chine,  
1930. Collection particulière.  
Photo © BRIDGEMAN IMAGES

### Iconographie

Christine de Coninck

### Abonnements et ventes

COM & COM

Bâtiment Copernic - 20, avenue Édouard-  
Herriot

92350 LE PLESSIS-ROBINSON

Alain Bruel

Tél. : 01 40 94 22 22 - Fax : 01 40 94 22 32  
[a.bruel@cometcom.fr](mailto:a.bruel@cometcom.fr)

Mise en page : Nadine Namer

Impression : Printcorp

N° ISSN : 2607-9984

Éditeur délégué :

FFE - 15, rue des Sablons - 75116 PARIS -  
[www.ffe.fr](http://www.ffe.fr)

### Régie publicitaire : Belvédère Com

Fabrication : Aïda Pereira

[aida.pereira@belvederecom.fr](mailto:aida.pereira@belvederecom.fr)

Tél. : 01 53 36 20 46

Directeur de la publicité : Bruno Slama

Tél. : 01 40 09 66 17

[bruno.slama@belvederecom.fr](mailto:bruno.slama@belvederecom.fr)

Le sigle « D. R. » en regard de certaines illustrations correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

# Mobilité, logistique et numérique : entre efficacité et libertés

- 04 Introduction : Le numérique, outil pour un monde meilleur ?  
Edmond BARANES

## La numérisation des transports et de la logistique

- 06 L'interconnexion et l'intermodalité : un point de vue européen  
Catherine TRAUTMANN
- 09 Sécurité routière, gestion des données et libertés individuelles à l'heure  
des véhicules autonomes et connectés  
Floran VADILLO
- 15 La route du futur  
Nicolas HAUTIÈRE
- 20 Sûreté, sécurité et résilience des réseaux de transports à l'âge du numérique  
et des menaces hybrides  
Antoine-Tristan MOCILNIKAR
- 27 Enjeux numériques de la logistique urbaine  
Laeticia DABLANC
- 34 Le management d'une *supply chain* durable  
Anicia JAEGLER
- 38 Logistique et plateformes numériques : vers un Internet physique des marchandises  
Henri ISAAC

## Mobilités, villes et territoires

- 43 Le MaaS : une nouvelle approche de la mobilité  
Marie-Claude DUPUIS
- 48 Covoiturage du quotidien : des enjeux technologiques et sociétaux  
Frédérique VILLE
- 53 Le numérique au service de la mobilité urbaine : quels enjeux pour les métropoles ?  
Chloé PERREAU et Hélène ROUSSEL

- 59** Le numérique au service de la mobilité urbaine durable  
François MIRABEL et Mathias REYMOND
- 65** Vers des hyperlieux mobiles ? Des activités mobiles augmentées par les potentialités du véhicule autonome et connecté  
Mireille APEL-MULLER et Jean-Pierre ORFEUIL
- 71** Micro-mobilité partagée : sont-ils devenus fous ?  
Henri MOISSINAC
- 74** Financer la mobilité intelligente par les leviers public-privé  
Carine STAROPOLI et Benoît THIRION
- 79** Mobilité durable, numérique et financement : quel modèle pour quels territoires ?  
Jean COLDEFY

### **Hors dossier**

- 88** L'impact de la directive droit d'auteur sur l'économie numérique  
Pierre BEYSSAC
- 93** Intelligence artificielle : retour sur le séminaire 2018 de l'amicale du Corps des mines  
Andréane BOURGES et Colin DUCROTOY
- 98** Navigating the fudge and breakthroughs of artificial intelligence in China  
Pierre-Étienne GIRARDOT (dir.)
- 110** Rêves d'usine, usines à rêves, usine rêvée  
Pierre MUSSO
- 118** Résumés
- 125** Abstracts
- 131** Contributeurs

*Ce numéro a été coordonné par Edmond BARANES.*

# Introduction

Par **Edmond BARANES**

Montpellier Recherche en Économie (MRE), Université de Montpellier

Le développement des technologies numériques bouleverse l'économie dans son ensemble. Certains secteurs d'activité sont radicalement transformés. Ces évolutions technologiques ont également un impact sur le fonctionnement global de notre société. Le secteur des transports et de la mobilité est un des secteurs les plus impactés par la numérisation. Les enjeux sont considérables, surtout ceux en lien avec la transition énergétique et les défis nombreux à relever, aussi bien pour les opérateurs de transports et les usagers que pour les villes et territoires.

Les transformations sont multiples et profondes. Elles concernent le transport de personnes et celui des marchandises, les transporteurs et leurs usagers, mais également les collectivités locales. C'est aussi tout un écosystème qui évolue rapidement, s'étend et se complexifie au rythme des innovations qui se succèdent. Les comportements des consommateurs et des citoyens semblent progressivement se modifier en même temps que s'accroissent les efforts des acteurs publics et privés pour promouvoir des déplacements de personnes, de véhicules et de biens en phase avec les enjeux contemporains.

Dans ce contexte, le numérique apparaît clairement comme un outil au service de la transition énergétique dans les transports et la mobilité, mais aussi comme un instrument de modernisation des territoires. Au niveau national, le secteur des transports est le plus grand émetteur de gaz à effet de serre ; la numérisation peut alors offrir des opportunités pour améliorer l'efficacité de la gestion et la sécurité des flux de personnes et de marchandises. En même temps, l'accès facilité aux données peut faire craindre une atteinte aux libertés individuelles et, pour certains, renforcer des inégalités ou en faire apparaître de nouvelles entre individus ou entre territoires.

Chez les opérateurs de transport traditionnels, la numérisation nécessite des investissements importants, tandis que l'organisation des métiers se trouve bouleversée, que de nouveaux acteurs apparaissent et que de nouvelles formes de concurrence se développent, qui interrogent leurs modèles économiques. Ainsi, la multiplication des outils numériques de communication, la prolifération des objets connectés et des capteurs intelligents, permettent de produire une quantité considérable de données qui renseignent sur les pratiques de déplacements des personnes, tout en délivrant des informations de meilleure qualité et individualisées sur des paramètres de l'offre de transport et de mobilité (horaires des transport, disponibilité, temps d'attente...). Cet accès aux données favorise le développement de nouveaux services de transport et de mobilité chez les acteurs traditionnels du numérique, en particulier les plateformes de services, et l'émergence d'une multitude de start-up. Concernant le transport de marchandises et la logistique, le temps où *numérisation* signifiait *dématérialisation* des documents est bien loin. Aujourd'hui avec l'explosion du e-commerce, les entreprises doivent relever de nombreux défis stratégiques et aussi opérationnels. Les enjeux concernent l'ensemble de la chaîne logistique et, avec la concentration urbaine et la mise en œuvre des politiques environnementales, la desserte du dernier kilomètre revêt une importance toute particulière. Cette problématique du dernier kilomètre est également un enjeu pour les collectivités qui doivent impérativement chercher de nouveaux modes d'organisation permettant de mieux fluidifier les flux de marchandises dans les zones urbaines très denses ou entre les zones urbaines et péri-urbaines congestionnées. La problématique du dernier kilomètre ne concerne pas seulement les marchandises, elle concerne aussi la mobilité des personnes en milieu urbain.

L'arrivée massive de données relatives aux pratiques de mobilités transforme l'approche des territoires en matière de déplacements, urbains notamment. Dans la période récente, les nouvelles offres de mobilité dans la ville se multiplient. Uber a modifié considérablement les pratiques de déplacement dans les villes. Aujourd'hui, avec les possibilités de géolocalisation des équipements (véhicules, vélos, trottinettes...), le modèle de partage se diffuse rapidement et nous assistons à un foisonnement d'offres sur smartphone qui rivalisent de créativité. Ces offres de mobilité posent de nouvelles questions, notamment en matière d'occupation de l'espace public. Le rôle des collectivités locales est, dans cet environnement souvent complexe, de faciliter la coordination des différents modes de transport et d'inciter les citoyens/personnes à considérer la multimodalité dans leurs déplacements. Cette nouvelle politique des mobilités répond au souci de fluidifier les déplacements de personnes dans des centres villes de plus en plus congestionnés mais aussi entre les centres urbains et les zones périphériques. Pour développer les nouvelles formes de mobilité, les collectivités doivent mettre en œuvre des politiques ambitieuses. Ces politiques nécessitent de mobiliser des financements publics, mais aussi d'attirer des investisseurs privés afin de faire émerger des services innovants.

À travers ce numéro nous souhaitons accompagner la réflexion sur les enjeux actuels de la numérisation des transports et sur l'impact du numérique sur l'organisation des mobilités dans les villes et territoires. La première partie du numéro propose un panorama des questions soulevées par la numérisation des transports et de la logistique. Les contributions présentées dans cette partie explorent les questions de sécurité et de sûreté des infrastructures de transport, l'interopérabilité des moyens de transport mais aussi l'impact du numérique sur la réorganisation des chaînes d'approvisionnement et sur le développement des plateformes logistiques. La deuxième partie regroupe des articles plutôt centrés sur la manière dont le numérique réorganise les mobilités dans les villes et territoires. En même temps que le numérique force à redéfinir l'occupation et les modalités de gestion des espaces publics, il offre un outil puissant pour faciliter le développement de la multimodalité dans les déplacements urbains mais aussi dans les zones périphériques et rurales. Les nouveaux modèles numériques de la ville et des territoires occupent donc une place importante dans cette partie. Les thèmes abordés sont nombreux, ils concernent aussi bien les mobilités de personnes que celles des marchandises dans des espaces de plus en plus contraints et dans un contexte de meilleure gestion de l'environnement.

Très bonne lecture !

# L'interconnexion et l'intermodalité : un point de vue européen

Par Catherine TRAUTMANN  
Eurométropole de Strasbourg

Les volumes croissants de trafic voyageurs et fret, associés à l'impératif de réduire les émissions nocives des transports et de s'adapter au changement climatique, constituent des défis majeurs pour le développement des réseaux de transport de l'Union européenne. Les projections montrent une augmentation de l'activité totale du transport de marchandises d'environ 58 % (+1,2 % par an) entre 2010 et 2050<sup>(1)</sup>. En favorisant la multimodalité et le passage à des modes de transport plus durables, l'achèvement progressif du réseau RTE-T (réseau transeuropéen de transport) contribue à relever ces défis de manière plus cohérente et plus efficace dans l'ensemble de l'Union européenne.

Mis en place en 2013, ce réseau multimodal relie les principaux centres urbains et industriels des États membres de l'Union sur la base d'une méthodologie commune. Le réseau central devra être achevé en 2030, le réseau global (plus étendu) en 2050, en respectant les standards fixés afin d'assurer la continuité et l'interopérabilité – délivrant ainsi la base concrète pour la libre circulation des personnes et des marchandises dans l'espace européen. Pour soutenir le développement coordonné du réseau à travers les États membres, neuf corridors du réseau central ont été établis, avec un Coordinateur européen pour chacun afin de jouer le rôle de facilitateur. L'achèvement du réseau RTE-T offrira une couverture plus adéquate de l'infrastructure de transport, tout en favorisant la concentration du trafic transnational et des flux de longue distance. On assiste en effet à une densification du réseau européen et à un resserrement des distances.

Ces développements ont des conséquences importantes sur les grandes villes et les *hubs* du réseau. Les nœuds urbains et les ports sont souvent l'origine et la destination des flux de transport et constituent le dernier kilomètre pour un volume de trafic considérable. Ce sont des points de connexion reliant différents modes de transport et types de trafic, avec des conséquences sur la congestion, les niveaux de bruit et la qualité de l'air. L'un des objectifs de la politique du RTE-T consiste donc à atténuer l'exposition des zones urbaines aux effets néfastes des transports ferroviaires et routiers en transit et à promouvoir une mobilité urbaine durable.

## **Des défis importants résultant de l'augmentation des flux de passagers et de fret**

Dans de nombreux cas, les nœuds urbains constituent des goulets d'étranglement réels ou potentiels et la congestion dans l'UE, qui est souvent située dans et autour des zones urbaines, coûte chaque année près de 100 milliards d'euros, soit 1 % du PIB de l'Union européenne.

La pollution atmosphérique et sonore, les accidents, les demandes croissantes et souvent les protestations des citoyens, sont des problèmes auxquels les villes et les régions situées le long des principaux axes de transport européens sont confrontées.

---

(1) Scénario de référence de l'UE, 2016 : [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ref2016\\_report\\_final-web.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ref2016_report_final-web.pdf)

S'ajoute un problème de concurrence entre le transport de marchandises et le transport de passagers dans les nœuds urbains. L'espace étant une ressource rare dans les zones urbaines, il doit être utilisé de manière intelligente grâce à une approche globale et durable de la planification urbaine et de la mobilité. La densification, même si elle peut être source de difficultés, est un facteur essentiel dans la lutte contre le changement climatique. Des transports durables et homogènes ne peuvent être réalisés qu'avec une vision globale et prospective.

## **Les nœuds urbains sont des berceaux de la mobilité de demain**

Le trafic de transit n'est pas seulement un fardeau, c'est également un signe de bonne connectivité, qui présente un potentiel de développement économique et d'effets d'entraînement. Le renforcement du lien entre le transport longue distance et la mobilité urbaine est une excellente occasion pour les États membres et les régions de stimuler les économies des nœuds essentiels de leur système de transport. Les nœuds urbains offrent d'excellentes conditions pour la mise en place de services logistiques à valeur ajoutée et de plateformes multimodales. Une bonne accessibilité vers et depuis la ville est essentielle pour soutenir le développement régional et la cohésion sociale.

Le transport de marchandises sur de longues distances par des modes durables (le rail et la voie navigable) présente des défis particuliers pour les livraisons du dernier kilomètre dans les nœuds urbains. Cela nécessite de mettre davantage l'accent sur les infrastructures de terminaux pertinentes et sur leur intégration dans la chaîne logistique au sens large, en combinaison avec des opérations de logistique urbaine améliorées. C'est la base de chaînes logistiques globales plus efficaces et de services aux utilisateurs de haute qualité, développés dans le cadre d'un partenariat étroit entre toutes les parties prenantes (publiques et privées) impliquées.

La multimodalité peut représenter une solution durable pour trouver le bon mélange entre les différents modes de transport, avec la possibilité d'intégrer également le tram-train et le bus, la marche et le vélo. La Commission continuera de promouvoir fermement l'utilisation des plans de mobilité urbaine durable (*Sustainable Urban Mobility Plans* – SUMP) en tant qu'instruments pour une bonne coordination des politiques dans le cadre du développement urbain durable. Ces plans sont un moyen efficace pour intégrer les besoins de mobilité des passagers et des marchandises à la stratégie de développement plus large des villes et des territoires.

## **L'étape numérique s'impose dans tous les modes de transport**

Les nœuds urbains, en tant que pôles de développement des activités, ont également un fort potentiel de déploiement de solutions respectueuses de l'environnement, contribuant ainsi aux objectifs de décarbonisation des transports, de déploiement de l'innovation et de facilitation des services. Les zones urbaines offrent de nombreuses possibilités de démontrer et de mettre en œuvre les programmes de mobilité de demain. Ces derniers peuvent servir de banc d'essai pour les projets d'innovation dans les transports (tels que l'électromobilité, les vélos-cargos électriques pour le dernier kilomètre, les TIC, l'automatisation, les services de mobilité innovants – pour les passagers et pour le fret). Beaucoup de projets innovants de ce type sont d'ailleurs cofinancés par l'UE, notamment dans le cadre du programme de recherche et d'innovation HORIZON 2020. De telles solutions éprouvées peuvent être mises à l'échelle plus rapidement au niveau des nœuds urbains, ce qui présente des avantages pour la mobilité urbaine et la politique RTE-T.

L'étape numérique s'impose à tous les modes de transports et permettra un gain d'efficacité et de sécurité – c'est le cas du système européen de gestion du trafic ferroviaire (ERTMS) tout comme les ITS pour le trafic routier, la gestion du trafic aérien (SESAR) et le système d'information pour les voies navigables RIS. Les informations sur le trafic et sur la marchandise sont saisies



une fois et mises à jour automatiquement pour permettre une information en temps réel et une interconnexion totale de la chaîne. Ces systèmes de gestion numériques sont également prometteurs d'un meilleur service aux clients en termes de régularité et d'une meilleure utilisation des infrastructures disponibles. En permettant une circulation plus dense et plus régulière des trains, ERTMS est un véritable outil de transfert modal vers le rail.

Une étape supplémentaire sera franchie avec le déploiement de la 5G et les possibilités d'automatisation grâce à la communication entre véhicules et entre véhicules et infrastructures, à condition de mettre en place le volet réglementaire pour l'échange de données. Face au gain d'attractivité de la mobilité individuelle suite à l'automatisation, il est indispensable d'assurer la transition énergétique en même temps pour limiter l'impact de cette mobilité sur le climat.

## **Une approche plus collaborative pour réussir la transformation du système**

Lier la planification des infrastructures de transport à la planification territoriale revêt une importance particulière dans les zones urbaines. Sachant que la réponse au changement climatique nécessite une modification de comportements, les citoyens et les entreprises doivent être associés de manière appropriée à la prise de décision, pour lancer des projets solides et innovants et pour enrichir la fonctionnalité et l'attractivité de l'ensemble de la région. Seul un processus de dialogue ouvert permettra de maximiser les avantages, tant pour les citoyens que pour les opérateurs économiques/urbains.

On devrait également examiner la meilleure manière d'impliquer de nouvelles combinaisons de groupes de parties prenantes – programmes de recherche et d'innovation, urbanistes, constructeurs/exploitants d'infrastructures et investisseurs – en mettant l'accent sur la création de synergies entre les résultats des projets de recherche et d'innovation tels que financés par HORIZON 2020 et les projets de déploiement tels que financés par la Connecting Europe Facility. L'accès ouvert aux données peut favoriser une économie collaborative et non pas une économie de prédateurs.

Une approche plus coopérative entre toutes les parties prenantes est nécessaire – la logistique collaborative et la synchromodalité offrent un potentiel important pour une utilisation optimisée des ressources de transport et de l'infrastructure existante grâce au groupage de marchandises, ce qui permet de réduire à la fois les coûts de la logistique et les effets négatifs du transport de marchandises. L'informatique et la numérisation des transports et de la logistique constituent un facteur important à cet égard.

## **Conclusion**

Le principal défi pour l'avenir consiste à mieux coordonner les investissements le long des corridors, y compris dans les nœuds, et à les améliorer avec l'infrastructure numérique nécessaire à une utilisation généralisée des nouvelles technologies. L'accomplissement du réseau RTE-T, accompagné par sa numérisation, aura un véritable effet structurant sur l'espace économique européen. Nous avons la chance d'améliorer la performance des infrastructures existantes, aussi bien sur les grands axes que dans les nœuds stratégiques, pour assurer une mobilité plus respectueuse de l'environnement.

L'UE peut apporter une contribution significative à cet effort collectif en mobilisant, en encourageant, en incitant, en apprenant et en partageant avec les communautés des corridors, qui constituent désormais un élément établi et intégré de la politique du RTE-T.

# Sécurité routière, gestion des données et libertés individuelles à l'heure des véhicules autonomes et connectés

Par **Floran VADILLO**

Docteur en science politique

Chercheur associé au CMRP (Université de Bordeaux)

Directeur conseil sécurité chez Sopra Steria <sup>(1)</sup>

Objet longtemps réservé aux exercices de science-fiction, le véhicule autonome (VA) s'apprête à investir notre réalité. En effet, les initiatives se multiplient, portées notamment par Google, Tesla, Citroën ou Valeo, permettant de donner corps à ce qui paraissait utopique, si bien que l'interrogation porte désormais moins sur les potentialités que sur le rythme d'introduction des VA sur nos routes : les scénarios de diffusion lente (fondés sur le taux de remplacement annuel des véhicules) évoquent l'horizon 2040-2050, tandis que ceux basés sur des hypothèses d'une pénétration rapide du marché avancent l'horizon 2020-2030 <sup>(2)</sup>. Cette dernière projection semble ambitieuse au regard des revirements de certains constructeurs (à l'instar de PSA qui a récemment renoncé à produire des véhicules entièrement autonomes), même si fleurissent déjà de nombreuses expériences en matière de transport collectif urbain (à La Rochelle, Lyon, etc.) et même si les pouvoirs publics affichent une claire volonté d'accompagnement <sup>(3)</sup>. D'ici là, les véhicules, sans être autonomes, vont intégrer toujours plus d'éléments connectés afin d'assister voire de suppléer le conducteur (ce qui justifie le recours au terme générique de « véhicule autonome et connecté » [VAC] qui subsume les différents stades d'évolution des véhicules, cf. schéma ci-après).

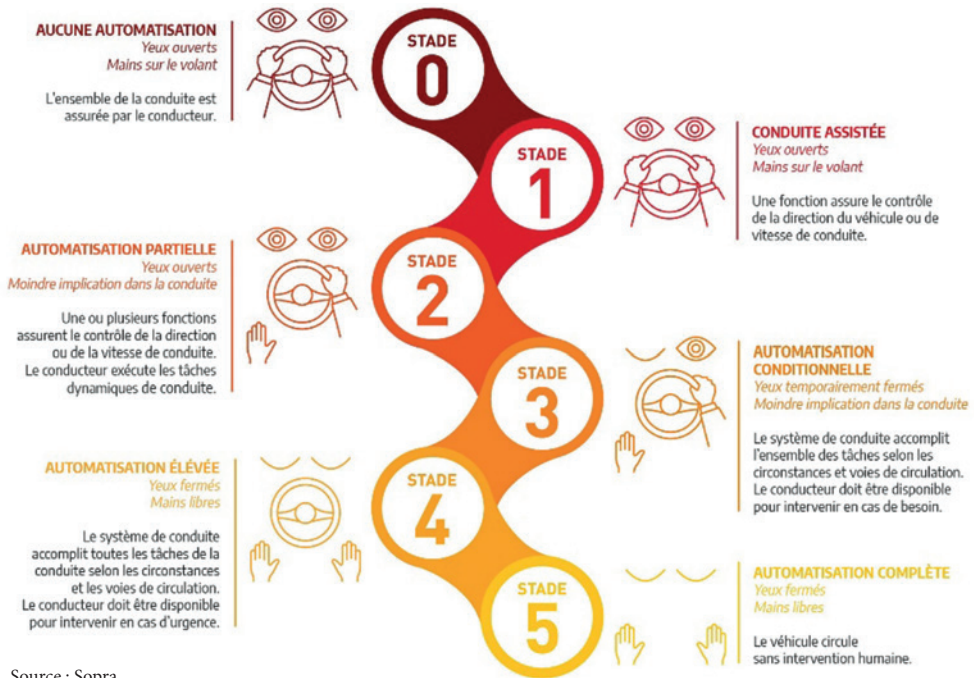
Au-delà d'adaptations des règles de conduite ou des missions des forces de sécurité intérieure (FSI) et des administrations de la sécurité routière, une réflexion peut se nouer autour du rôle du VAC lui-même comme acteur de la sécurité routière, parfois indépendamment de son conducteur/passager. En effet, la technologie permet d'élargir le champ des possibles et notamment d'envisager de nouvelles interactions avec les FSI. Toutefois, cet horizon doit être pondéré par des considérations juridiques et sociales, elles aussi évolutives sous certaines conditions. Car la voiture ne se résume ni à un simple moyen de locomotion, ni à un outil : elle constitue un objet économique et social aux très fortes implications.

---

(1) Cette contribution reprend les principaux éléments d'une note publiée par DE MARICOURT A. et VADILLO F. (2019), « Les défis du véhicule autonome et connecté pour la sécurité intérieure et routière (1) : Le VAC au service des forces de sécurité ? », *Idées et prospective*, n°2, Sopra Steria, février.

(2) Cf. PAVEL I. *et al.* (2016), « Les enjeux économiques et industriels du véhicule connecté et automatisé », *Annales des Mines - Réalités industrielles*, mai 2018, p. 19. France Stratégie a également détaillé divers scénarios, cf. JANIN L. *et al.* (2016), « La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité », note d'analyse n°47, avril.

(3) Volonté traduite tant par le décret n°2018-211 du 28 mars 2018 relatif à l'expérimentation de véhicules à délégation de conduite sur les voies publiques que par l'article 125 de la loi n°2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises.



## De nouvelles modalités pour un contrôle classique : un VAC obtempérant ?

En raison de la cohabitation plus ou moins temporaire qui ne manquera pas de s'instaurer entre VA, véhicules connectés et véhicules ordinaires, les FSI devront pouvoir durablement procéder à des contrôles classiques des flux routiers (identité, alcoolémie, documentation du véhicule, etc.). Si l'on peut supposer qu'aux stades 3 et 4 les conducteurs pourront reprendre le contrôle du véhicule pour obtempérer à une demande d'arrêt, qu'en sera-t-il pour un VA de stade 5 ? De même, en cas de refus d'obtempérer (passible d'une peine d'amende et de prison en application de l'article L. 233-1 du Code de la route, CR) ou d'un délit de fuite (L. 231.1 du CR), les forces de l'ordre pourraient-elles prendre la maîtrise d'un VAC et l'arrêter de leur propre initiative<sup>(4)</sup> ?

Juridiquement, en dehors de considérations de proportionnalité qu'appréciera le Conseil constitutionnel, rien ne semble s'y opposer puisque ne pas obéir à une injonction des FSI ou prendre la fuite relève aujourd'hui du délictuel et que des dispositifs d'arrêt physique (hernes) ou de blocage du moteur sont déjà mis en œuvre dans le cadre d'opérations de contrôle des flux routiers ou contre des « go fast » par exemple.

Plus trivialement, les forces de l'ordre pourront-elles prendre la maîtrise d'un VAC pour le conduire à la fourrière ? Une nouvelle fois, rien ne semble s'y opposer d'un point de vue juridique puisque

(4) IDRAC A.-M., « Développement des véhicules autonomes : Orientations stratégiques pour l'action publique », Rapport remis aux ministres de l'Intérieur, de l'Économie et des Finances, des Transports ainsi qu'au secrétaire d'État chargé du numérique, mai 2018, p. 44, signale sans développer le sujet : « La France demandera à ce que des exigences soient développées dans la réglementation technique internationale, afin que les véhicules dont les systèmes de conduite sont totalement délégués au véhicule soient dotés de la capacité d'appliquer un ordre d'arrêt par les forces de l'ordre, et ce en toute sécurité. »

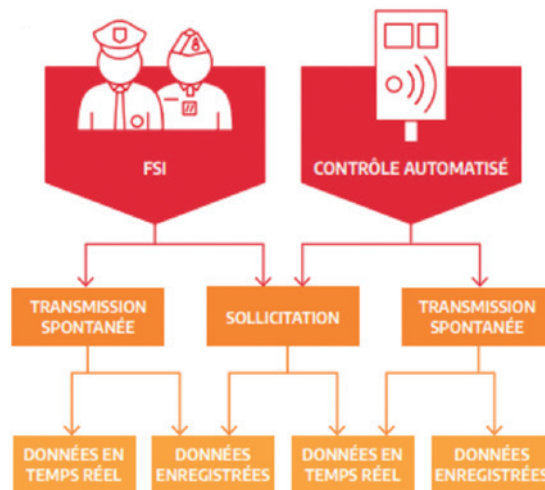
l'article L. 325-1 CR pose la capacité d'opérer « sans l'accord du propriétaire » et que l'article L. 325-2 autorise à « ouvrir ou faire ouvrir les portes du véhicule, manœuvrer ou faire manœuvrer tous appareils. [Les forces de l'ordre] peuvent conduire le véhicule ou le faire conduire, en leur présence, vers le lieu de mise en fourrière en utilisant, le cas échéant, les moyens autonomes de propulsion dont le véhicule est muni ».

Néanmoins, cette capacité de prise de contrôle interroge : les policiers et gendarmes disposeront-ils d'une « clé universelle » ou de capacités de « hacking » légal ? Il ne s'agirait pas alors de conduire le véhicule mais de le contraindre à opérer une manœuvre intégrée dans l'algorithme et opérée dans les meilleures conditions de sécurité.

Les deux solutions exposent les véhicules à des risques « cyber » accrus mais aussi à des stratégies criminelles de parade. Pourtant, si elles devaient être rejetées, demeurerait la question des modalités d'arrêt d'un VAC sur ordre des FSI, notamment pour le cas où il serait vide d'occupant. Comment dès lors prévenir les risques criminels (attentat, voiture bélier) ou de défaillance mettant en danger la vie d'autrui ? Le sujet s'avère stratégique si l'on considère que les VAC sans occupants vont sans doute se multiplier (taxis autonomes, voiture allant se garer ou chercher un occupant, livraisons, etc.).

## Une nouvelle génération de constat des infractions ?

Sans même capitaliser sur la « peur du gendarme », le déploiement des VAC aura pour principale conséquence la réduction drastique d'une série d'infractions aux règles de conduite (distance de sécurité, vitesse, signalisation, etc.) en automatisant leur respect et en diminuant la part d'intervention humaine. Il s'agit d'ailleurs du principal argument mis en exergue par ses promoteurs. Toutefois, il n'empêchera pas la commission de certaines infractions liées par exemple à une non-prise en compte des indications du VAC (aux stades 3 et 4), à un défaut de vigilance, à une imprudence, à de la négligence ou à de la tromperie<sup>(5)</sup>. Mais, dans ces cas, la constatation d'infractions pourrait se trouver facilitée par la transmission de données inhérentes au dialogue permanent et nécessaire au fonctionnement du véhicule.



Source : Sopra Steria

(5) Pour de plus amples développements, se reporter à DE MARICOURT A. et VADILLO F. (2019), « Les défis du véhicule autonome et connecté pour la sécurité intérieure et routière (1) : comment gérer la mixité du trafic automobile ? », *Idées et prospective*, n°1, Sopra Steria, janvier 2019.

Celle-ci pourrait s'opérer selon deux principaux paramètres :

- sur sollicitation ou à l'initiative du VAC au bénéfice des dispositifs de contrôle automatisé (classiques ou désormais intégrés dans l'infrastructure routière avec laquelle échange le véhicule) ou des forces de l'ordre ;
- en temps réel (contrôle classique) ou *a posteriori* (contrôle de l'historique de conduite). Cette dernière hypothèse se rapproche fortement de la technologie des enregistreurs de données d'événements de la route (EDR) ou du boîtier télématique électronique (BTE) dont certaines entreprises équipent leurs flottes de véhicules afin de gérer en temps réel les déplacements de leurs collaborateurs (position géographique, parcours réalisé, distance parcourue – et donc vitesse moyenne –, temps de conduite et d'arrêt, etc.) ou encore des chronotachygraphes obligatoires pour les véhicules de transport routier et auxquels les forces de l'ordre ont légalement accès (article L. 130-6 du Code de la route). Sur un plan connexe mais prometteur, Michelin a lancé l'initiative « better driving » qui suppose l'installation d'un boîtier connecté permettant le partage des données de conduite.

La collecte de données pourrait également concerner les infractions relatives aux comportements des conducteurs/passagers à l'intérieur du VAC grâce à un dispositif de contrôle interne au véhicule. Celui-ci pourrait contribuer, *a minima*, à « la mise en place d'indicateurs de l'activité du conducteur pour s'assurer de sa capacité à reprendre les commandes et assurer la supervision du système ; le maintien des capacités de conduite des conducteurs malgré une pratique réduite de l'activité de conduite ; les problèmes de distraction dus à l'usage de systèmes lors de la conduite <sup>(6)</sup> ». Ce contrôle pourrait être étendu aux autres comportements en infraction avec le Code de la route grâce à des mécanismes de contrôle intégrés (éthylotest, antidémarrage, etc.) ou le recours à l'intelligence artificielle (analyse comportementale, interprétation d'images, etc. <sup>(7)</sup>). Il est d'ailleurs à noter que la constatation automatique est déjà autorisée par l'article R. 130-11 du Code de la route pour le port de la ceinture, l'usage du téléphone au volant et le défaut d'assurance ; l'intégrer au véhicule s'inscrirait dans la même logique.

Cependant, en l'état actuel du droit, ces développements semblent impossibles. En effet, l'article L. 311-2 du Code de la route prévoit que « les informations et données embarquées du véhicule autres que celles [relatives à l'identification et à la conformité du véhicule et de ses composants] ne peuvent être utilisées comme preuve de la commission d'autres infractions prévues par le présent code ». En cela, cet article s'inscrit dans la philosophie du droit à ne pas s'auto-incriminer notamment consacré par la Cour de cassation.

La démarche interroge également du point de vue de la proportionnalité des moyens conférés aux FSI pour accomplir leur mission (la fameuse « conciliation nécessaire entre le respect des libertés et la sauvegarde de l'ordre public » mise en exergue par le Conseil constitutionnel). Ce point s'avère d'autant plus prégnant que le véhicule bénéficie des mêmes protections que le domicile et que pareille ingérence (en particulier pour la surveillance des comportements dans l'habitacle) peinerait à se justifier par un principe supérieur au respect de la vie privée. Dans le même ordre d'idées, elle se heurterait au principe de protection des données personnelles (en particulier au regard du RGPD).

Au demeurant, l'hypothèse soulève la question de son acceptabilité par l'opinion publique, d'autant que les véhicules actuels pourraient déjà être équipés de BTE ou de chronotachygraphes, les moteurs pourraient être bridés, etc., si la sensibilité des citoyens sur ce sujet ne disqualifiait ces moyens de contrôle.

(6) HAUTIERE N. *et al.* (2017), « Véhicules connectés et autonomes : quels enjeux technologiques, juridiques et de sécurité routière ? », *Hygiène et sécurité du travail*, n°246, mars, p. 101.

(7) Il semble néanmoins douteux que pareil dispositif discrimine par exemple les passagers exemptés de port de ceinture en raison d'un certificat médical ou de leur morphologie, comme le prévoit pourtant le Code de la route.

## **Des enquêtes facilitées ?**

### **Les enquêtes liées aux accidents**

En cas d'accident, les enquêtes conduites pourraient se trouver facilitées par l'enregistrement des données de conduite. À ce titre, il importerait que les forces de l'ordre puissent disposer de systèmes d'information interopérables avec les futurs EDR afin d'accéder aux données à valeur judiciaire.

Mais avant cette évolution majeure, les FSI ont besoin d'accéder à des données plus fiables de localisation des accidents. Le dispositif eCall, promu par la Commission européenne et qui permet d'établir un contact avec les forces d'intervention en cas de nécessité, œuvre en ce sens. De même, il semble important de sécuriser et de fiabiliser la Base de Données Accidents corporels de la Circulation (BAAC). À titre d'exemple, l'interconnexion avec le SIV (Système d'Immatriculation des Véhicules) et avec le fichier des permis de conduire permettrait aux forces de l'ordre d'intégrer dans la procédure et le BAAC des informations valides concernant le numéro technique du véhicule et l'état des droits à conduire.

Néanmoins, l'ensemble de ces évolutions suppose que les enquêteurs se dotent de capacités de traitement et d'analyse<sup>(8)</sup>, technologie encore à ses balbutiements en France. De fait, le renforcement du Bureau d'Enquêtes sur les Accidents de Transport terrestre (BEA-TT) du ministère des Transports pourrait faciliter la concentration des moyens techniques et de l'expertise, mais aussi permettre de faire face à un éventuel éparpillement des données produites et échangées.

De même, ces enquêtes devront conduire au développement de compétences « cyber » dans la mesure où les risques de malveillance en ce domaine se trouveront accrus par la généralisation du VAC.

### **Les enquêtes judiciaires ou administratives**

En dehors des enquêtes liées aux accidents, les activités de police judiciaire ou de renseignement pourront grandement profiter de l'arrivée du VAC sur les routes. En effet, les services de renseignement ou de police judiciaire pourront par exemple solliciter un accès aux données de géolocalisation dans le cadre prévu par le Code de procédure pénale<sup>(9)</sup> (CPP) ou le Code de la sécurité intérieure<sup>(10)</sup> (CSI) (une modification législative sera alors nécessaire pour faire figurer l'entité de centralisation des données du VAC – les constructeurs ou les loueurs automobiles par exemple – aux côtés des opérateurs de communications électroniques). De même, la pose de balises<sup>(11)</sup> et la sonorisation de l'habitacle<sup>(12)</sup> prévues par les mêmes codes pourront s'avérer opérationnellement beaucoup plus aisées à distance (« hacking<sup>(13)</sup> ») ou par le biais de l'entité de centralisation des données ; dans ce dernier cas, une modification législative sera à nouveau nécessaire).

Enfin, un régime d'obligation de déclaration de soupçon des infractions les plus graves révélées par les données que collectent les entités de centralisation des données (constructeurs, loueurs ou sociétés d'assurance) pourrait être créé sur le modèle de celui appliqué aux banques dans le cadre de la lutte contre le blanchiment<sup>(14)</sup> et le terrorisme. Cela supposerait néanmoins que la sécurité routière soit interprétée par le Conseil constitutionnel comme un objectif supérieur aux divers

(8) Constat partagé par DE LA FORTELLE A. (2014), « La conduite automatisée : simple buzz, ou réalité industrielle ? », *Annales des Mines - Réalités industrielles*, mai, p. 88.

(9) Cf. le III de l'article L. 34-1 du Code des postes et des communications électroniques actionné par les articles 60-1, 77-1-1 et 99-3 du Code de procédure pénale.

(10) Article L. 851-4 du Code de la sécurité intérieure.

(11) Article 230-32 du Code de procédure pénale et suivants ou L. 851-5 du CSI.

(12) Article 706-96 du CPP et suivants ou L. 853-1 du CSI et L. 853-3.

(13) Article 706-102-1 du CPP et suivants ou article L. 853-2 du CSI.

(14) Article L. 561-15 du Code monétaire et financier.

secrets professionnels et au moins équivalent au respect de la vie privée pour être mise en balance avec celui-ci. D'une manière générale, l'ensemble de ces questionnements souligne l'acuité du statut de la donnée produite et de sa gestion.

## **L'épineux droit d'accès aux données**

Au-delà de la question de données spécifiquement générées et collectées à des fins de sécurité, celle de l'exploitation des données spontanément produites par l'usage d'un VAC revêt un caractère éminemment stratégique. En effet, le VAC sera, par nature, un producteur et un récepteur de données. Dans ces conditions, si certains auteurs prennent en considération la nécessité de penser dès à présent l'accès aux données et son contrôle<sup>(15)</sup>, leur perspective s'avère principalement économique : reconstitution collaborative de l'environnement de conduite, gestion des infrastructures, alertes de sécurité routière ou de trafic, mais aussi amélioration des algorithmes utilisés par leur entraînement à grande échelle.

Ces données seront-elles centralisées ? Le cas échéant, par quelle entité ? Le constructeur, ses fournisseurs, les entités administrant les infrastructures ? Des loueurs devenus omnipotents ? Car l'acquisition d'un VAC pourrait perdre de l'intérêt (économique, au regard du risque d'obsolescence ou du coût, mais également social, avec la modification des représentations attachées à la voiture) ; dès lors, la location ou le *leasing* pourraient connaître un essor considérable. De ce fait, les loueurs centraliseraient les données produites ou collectées qui bénéficieraient d'un potentiel économique inégalé. Il semble nécessaire que la loi vienne aider à régler ces questions sous peine de laisser le citoyen désemparé face à des logiques économiques majeures.

D'ailleurs, les constructeurs ont proposé des principes d'accès différencié à plusieurs types de données (sécurité routière, services multifournisseurs, services personnalisés, données commerciales et suivi des composants) qui supposent un accès soit à des données anonymisées, soit contractuel entre acteurs, soit contractuel avec le conducteur<sup>(16)</sup>. De même, une réflexion existe autour de l'idée de conférer un statut d'intérêt général à certaines données (sécurité routière, gestion des trafics et des infrastructures). Or, l'insistance sur le cadre contractuel et sur l'anonymisation n'est pas anodine. En effet, les données collectées fourniront des indications sur l'identité des conducteurs, leur localisation, leurs habitudes de déplacement, leur type de conduite, le nombre de passagers transportés, etc. Dans tous les cas de figure sera nécessaire une évolution de l'actuel article L. 330-5 du Code de la route qui prévoit le traitement et la transmission de certaines données à des fins statistiques, commerciales ou technologiques.

On le constate, l'arrivée du VAC sur nos routes, voire sa généralisation, soulève de nombreux enjeux juridiques, technologiques ou humains. Ces enjeux exacerbent même la relation parfois conflictuelle entre le droit, les libertés individuelles et la technique. Ils posent par conséquent une triple exigence : la première réside dans la réaffirmation du statut de régulateur assumé par la puissance publique face aux acteurs économiques ; la deuxième suppose d'œuvrer à une acceptabilité sociale des évolutions normatives ; la troisième, sans doute la plus importante, impose aux législateurs et aux juristes une montée en généralité pour éviter l'obsolescence programmée de la norme elle-même ; car si nos outils évoluent, les principes doivent bénéficier d'une certaine intangibilité.

(15) JANIN L. et al. (2016), « La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité », *France Stratégie*, note d'analyse n°47, avril, p. 4 ou IDRAC A.-M. (2018), « Développement des véhicules autonomes : Orientations stratégiques pour l'action publique », *Rapport remis aux ministres de l'Intérieur, de l'Économie et des Finances, des Transports ainsi qu'au secrétaire d'État chargé du numérique*, mai.

(16) IDRAC A.-M., *loc. cit.*, p. 65. L'autrice insiste sur l'importance d'un consentement éclairé dans le cadre du RGPD.

# La route du futur

Par **Nicolas HAUTIERE**

Université Paris-Est, Ifsttar, Département COSYS

## La route au cœur des enjeux de société

Alors que les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont baissé en France entre 1990 et 2014, elles augmentent depuis 2015. Selon le ministère des Transports, elles ont atteint 463,1 millions de tonnes équivalent CO<sub>2</sub> en 2016. C'est le secteur du transport qui est en tête, avec 136,3 tonnes, soit 30 % de l'ensemble des GES. Au sein du secteur, le trafic routier est majoritaire, puisqu'il représente 95 % des émissions. Les véhicules particuliers en représentent 50 %, les poids-lourds 21 % et les utilitaires 20 %. De fait, la route, qui supporte plus de 85 % des déplacements, se trouve au cœur des enjeux de transitions écologique et énergétique.

Dans ce contexte, le numérique fait controverse. Il est à la fois une solution, car il facilite l'accès à des mobilités partagées, sûres, inclusives et propres. Il peut aussi être un problème, car susceptible d'engendrer davantage de déplacements, sources de congestion et d'étalement urbain supplémentaires. Ce triple défi des transitions écologique, énergétique et numérique a des conséquences sur les routes qu'il faut adapter, mais également pour les constructeurs de ces routes qui ne veulent pas être uberisés. Pour ce faire, les acteurs français de la route - leaders mondiaux du secteur - s'allient avec le monde du transport et des télécoms pour forger une offre intégrée (De Prémare, 2019) et expérimentent sur le territoire la route du futur.

Cette route, dite de 5<sup>e</sup> génération (R5G), développée par le projet européen *Forever Open Road* (Lamb, 2012), repose sur trois éléments que sont l'automatisation, l'adaptabilité et la résilience au changement climatique (Jacquot-Guimbal, 2012 ; Hautière, 2015).

## Les trois éléments de la route 5<sup>e</sup> génération

### **Une route automatisée**

L'enjeu de la route automatisée est de tirer le meilleur parti des technologies pour gérer le trafic routier et supporter le développement de nouvelles formes de mobilité.

Il s'agit tout d'abord de mettre en place de nouvelles stratégies de gestion de trafic. Celles-ci reposent sur la connectivité et l'automatisation croissantes des véhicules, afin d'améliorer la performance du système route, d'accroître sa rentabilité, de sécuriser et de fiabiliser les déplacements. Elles permettent d'optimiser l'usage des infrastructures en mettant à profit les ITS coopératifs, les convois de véhicules, les variations tarifaires ou encore l'information trafic personnalisée. Parmi les défis actuels, on peut citer la construction d'*optima* collectifs combinant mesures collectives de gestion de trafic et services individuels nomades, la construction de chaînes de données fiables ou la coexistence des véhicules automatisés et conventionnels.

Il s'agit ensuite de déployer des systèmes de bord de voies fusionnant les données des capteurs intégrés dans les infrastructures et embarqués dans les véhicules. L'objectif est de pouvoir exploiter les systèmes de capteurs existants tout en intégrant de nouvelles générations afin de bâtir une acquisition de données de trafic plus précise et moins coûteuse. Cela nécessite des interfaces ouvertes et normalisées, afin de mettre en concurrence les fournisseurs et de coopérer entre acteurs, indépendamment du fournisseur. L'enjeu est d'éviter une obsolescence rapide des investissements.



Derrière ces objectifs se cachent des verrous juridiques qu'il s'agit de lever en construisant un cadre réglementaire adapté au déploiement des ITS coopératifs et à l'automatisation du trafic. Enfin, il s'agit d'accompagner les acteurs dans leurs transformations à travers un cadre harmonisé de déploiement, d'impliquer les gestionnaires et de former les acteurs à de nouvelles compétences.

## **Une route adaptable**

Comme les nouvelles offres de mobilité ne sont pas toutes susceptibles de se déployer, l'enjeu de la route adaptable est de proposer un système routier flexible et rentable, capable de s'adapter aux demandes futures de déplacement. Les solutions-clés pour permettre à la route d'être plus évolutive sont de différentes natures.

Il s'agit tout d'abord de développer de nouvelles méthodes de construction des routes. Celles-ci seront préfabriquées en usine avec des solutions modulaires. Ces techniques offrent en effet des solutions de remplacement rapides en cas de sections endommagées, tout en intégrant nativement des procédés de contrôle de qualité. Ces procédés s'appuieront sur des matériaux bas-carbone, recyclés, nécessitant peu d'énergie pour leur mise en œuvre et auto-réparants pour permettre une longévité accrue du patrimoine.

Il s'agit ensuite de mettre au point des couches de roulement offrant un bon compromis entre bruit de roulement, soulèvement d'eau, résistance au roulement et adhérence, ce que les technologies d'impression 3D permettront. Les méthodes robotisées ou automatisées autoriseront des exigences accrues en termes de maintenance et d'entretien, y compris sous trafic. Parmi les solutions, on peut citer l'inclusion dans les structures de chaussées de tapis de capteurs pour surveiller l'état de la route.

Enfin, la route doit être en capacité d'intégrer si nécessaire des systèmes d'alimentation et de capture d'énergie renouvelable pour recharger les véhicules électriques et alimenter les équipements, comme les unités de bord de route, la signalisation ou l'éclairage public.

## **Une route résiliente au changement climatique**

La route doit également être plus résiliente face aux effets du changement climatique. Parmi les actions à entreprendre, on peut mettre en exergue les actions suivantes :

- l'identification des besoins des gestionnaires en matière climatique ;
- l'harmonisation des données climatiques au plan européen ;
- l'évaluation des impacts économiques et sociaux en cas de disruption ;
- l'identification d'éventuelles vulnérabilités des réseaux ;
- l'établissement des futurs niveaux de service du réseau transeuropéen ;
- l'identification de technologies-clés concourant aux objectifs d'atténuation ;
- l'investigation de processus d'adaptation rentables.

Dans cet agenda chargé, on peut d'ores et déjà lister un certain nombre de solutions sur étagère, comme des systèmes de drainage capables de s'adapter à un accroissement de la fréquence et de la sévérité des précipitations, des chaussées thermo-régulées pour réduire le gel en surface et les effets de chaleurs extrêmes, y compris en ville, des matériaux dépolluants ou stockeurs de CO<sub>2</sub>.

## **Les technologies du numérique en renfort**

### **Une route toujours plus au service d'une mobilité sans couture**

Via la généralisation des smartphones, les usagers des transports - professionnels ou non - optimisent leurs déplacements. Nonobstant les effets rebonds potentiels que les solutions décrites précédemment absorberont, le développement de ces nouvelles offres transforme peu à peu la

route en infrastructure de « reliance » entre modes de transports massifiés, mouvement facilité par l'intégration de stations de covoiturage ou de *hubs* intermodaux, possiblement automatisés (Amar, 2016).

Ainsi, la route cherche à se mettre au service des autres modes, permettant par exemple au secteur aérien de remplir ses objectifs stratégiques à 2050. Si cela est déjà le cas sur le plan de l'intégration de la chaîne de déplacement, cela vaut aussi pour la conception des infrastructures de transport et des technologies-clés. À la clé, on peut encore attendre une optimisation des chaînes logistiques, une réduction des coûts, ou encore, une optimisation des temps de trajet (Zofka, 2016).

### **Une optimisation des coûts et de nouvelles connaissances à la clé**

Les technologies du numérique peuvent également aider à mieux concevoir et exploiter la route du futur (Hautière, 2017a). Le concept de jumeau numérique alimenté en temps réel par les véhicules et les capteurs de l'infrastructure couplé à de l'intelligence artificielle va contribuer à améliorer la sécurité, à optimiser les dépenses d'entretien des réseaux, à mieux gérer le trafic ou l'énergie. Il va potentiellement permettre d'aborder des problèmes encore non résolus et par exemple, donner la possibilité aux véhicules autonomes d'être déployés en sécurité (Ehrlich, 2016).

### **Un modèle économique soutenable pour de nouveaux services**

C'est dans le domaine économique que le numérique peut rendre le plus de services à la route. En effet, les données des réseaux de capteurs permettent d'envisager des contrats globaux de performance. L'absence d'intermédiaire et la traçabilité des transactions qu'autorise la chaîne de blocs permettent de développer de nouveaux services. Par exemple, si les véhicules automatisés s'appuient sur la détection par caméra ou LIDAR de la signalisation routière (marquages routiers, panneaux de police, etc.) pour se localiser précisément sur les voies de circulation, alors leurs propriétaires pourraient être facturés de cette utilisation, contrairement aux conducteurs de véhicules conventionnels (Hautière, 2019a). On peut alors envisager d'établir des performances minimales sur l'infrastructure avec un modèle économique soutenable, ce qui n'est guère faisable aujourd'hui.

## **Une déclinaison nationale de la *Forever Open Road* à travers le projet *Route 5<sup>e</sup> Génération* qui doit en accélérer le déploiement**

### **Objectifs poursuivis à l'horizon 2020**

L'objectif du projet R5G était de constituer une dynamique nationale autour de la *Forever Open Road*, afin de faire participer la communauté routière aux transitions en cours. En d'autres termes, il s'agissait de faire de la R5G un objet-frontière, *i.e.* un objet auquel les acteurs pouvaient s'identifier. On visait la construction d'un écosystème d'innovation national performant en attendant une complète libération des énergies aux plans réglementaires, fiscaux et financiers. La constitution de ce laboratoire d'innovation passait par quatre actions (Hautière, 2018).

### **Aligner l'agenda national de RDI sur celui de la *Forever Open Road***

La première action visait à aligner l'agenda national de RDI sur celui de FOR. Il s'agissait d'alimenter les programmes stratégiques nationaux, à l'image de la SNTEDD, voire de cofinancer des appels à projets à l'image de l'Eranet+ Infravation. Réciproquement, il s'agissait d'alimenter FOR avec les éléments proposés dans les initiatives nationales comme *Mobilité 3.0*. Pour ce faire, la stratégie employée a été celle du grand défi collectif, comme celui de la route à énergie positive, capable de produire, stocker, délivrer de l'énergie renouvelable, proposé à l'occasion de la COP21, ou encore de la route hybride à même de supporter les véhicules autonomes, proposé dans le cadre du Projet France Véhicule Autonome (PFVA).

## **Éclairer les politiques publiques nationales liées à l'innovation routière**

La deuxième action visait à éclairer les politiques publiques liées à l'innovation routière. Le point d'entrée de cette action est par construction l'Idrrim, notamment son comité « Formation Recherche et Innovation », qui concentre les acteurs publics et privés en la matière. Outre le recensement des dispositifs d'innovation existants, ce comité a permis d'appuyer de nouvelles initiatives. On peut citer la convention d'engagement pour les réseaux routiers innovants pour la transition énergétique signée en avril 2015 qui a conduit à la publication de l'appel à projets « Route du Futur » par l'ADEME en 2015. Il peut également s'agir d'appuyer des démarches prospectives, à l'image de l'Étude MIRE initiée en 2017 dans le cadre des assises de la mobilité par Atec, Idrim, TDIE et Routes de France, sur l'impact de la révolution des usages de mobilité sur les infrastructures routières (ATEC, 2019).

## **Catalyser des solutions routières innovantes**

La troisième action avait trait à la conduite d'actions de RDI. Cette action protéiforme comportait les tâches suivantes :

- monter ou inciter au montage de projets de RDI *via* les appels à projets de l'ADEME, comme le projet I-Street (Geisler, 2018) ;
- construire des équipements d'essai adaptés aux nouveaux enjeux, comme la Plateforme Mutualisée d'Innovation Transpolis dans l'Ain, ou l'Equipex Sense-City à Marne-la-Vallée ;
- intégrer la route dans les programmes de recherche des acteurs de l'innovation comme les ITE Vedecom et Efficacity, les IRT SystemX et Railenium, ou encore les pôles de compétitivité traitant des questions de ville et transport, comme Mov'eo, Cara, ID4Car, iTrans ou Cap Digital ;
- travailler avec les fédérations professionnelles pour aider les entreprises à appréhender les transformations de leurs métiers ;
- favoriser la création de jeunes pousses en lien avec les SATT, les incubateurs comme la Green Tech Verte ;
- initier le montage de formations initiales prenant en compte de façon explicite le rôle des infrastructures, comme le mastère spécialisé « Smart Mobility » de l'École des Ponts et Télécom ParisTech.

## **Accélérer les projets d'aménagement des territoires**

La quatrième action visait à accompagner les territoires dans leurs projets de transformation et de régénération routières. Il s'agissait généralement des métropoles qui subissent les impacts négatifs de la route actuelle, en particulier les autoroutes urbaines, qui ont intégré dans leurs agendas des actions relatives à l'expérimentation de la R5G, offrant la possibilité aux acteurs de soumettre leurs solutions à expérimenter. Parmi les métropoles impliquées, on peut citer Paris, Lille, Nantes, Bordeaux ou Montpellier. Il pouvait également s'agir de corridors comme l'A4 dans le cadre du projet européen SCOOP@F (Hautière, 2017b), ou encore de l'A13 dans le cadre du CPIER Vallée de la Seine (Pizzaferrì, 2019).

## **Conclusion et perspectives**

Pour faire face aux enjeux sociétaux à l'horizon 2030, la route doit être automatisée, adaptable et résiliente au changement climatique. Les concepteurs et constructeurs de routes l'ont bien compris. En 2019, grâce aux efforts de recherche et d'innovation entrepris depuis dix ans, ils ont pu s'inscrire d'une part dans le CSF automobile pour progresser sur les enjeux de l'automatisation et de la transition énergétique des mobilités, et d'autre part dans le CSF « Industries de la construction » pour développer des routes plus évolutives.

Désormais, il s'agit de déployer les solutions issues des démonstrateurs R5G, d'établir la doctrine de ce que sera la route du XXI<sup>e</sup> siècle et d'intégrer les enjeux de résilience au changement climatique, ce qui, pour l'heure, n'a été fait que timidement. Dans ce contexte, nous pensons qu'il faut aller au-delà de l'intégration de solutions d'atténuation et de l'adaptation au changement climatique, et transformer l'infrastructure routière et ses dépendances en une boîte à outils pour la géo-ingénierie du climat. Après tout, si 2 % de la surface du territoire - la surface des routes en France - sont capables de provoquer (directement ou indirectement) plusieurs dizaines de milliers de morts par an, ces mêmes 2 % peuvent peut-être nous sauver en produisant de l'énergie, en dépolluant l'air et en capturant et stockant massivement du CO<sub>2</sub> (Hautière, 2019).

## **Bibliographie**

AMAR G. (2016), *Homo mobilis*, Fyp.

ATEC, Idrrim, Ifsttar, TDIE & Routes de France (2019), « Étude MIRE : Impact de la révolution des usages de la Mobilité sur les Infrastructures routières et leurs équipements ».

DE PRÉMARE J.-B. (2019), « Routes de France & PFA : quelle vision commune ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 22-23.

EHRlich J., GRUYER D., ORFILA O. & HAUTIÈRE N. (2016), "Autonomous vehicle: The concept of high quality of service highway", *FISITA World Automotive Congress*, Busan, Korea.

GEISLER F., OLARD F., DUMONT H., HAUTIÈRE N., MOGLIA O., LÉTARD J.-F. (2018), « Projet Route du futur I-Street : ambitions et perspectives », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°957, septembre, pp. 22-26.

LAMB M., COLLIS R., DEIX S., KRIEGER B. & HAUTIÈRE N. (2012). "The Forever Open Road: Defining the next generation road", *Routes-Roads*, n°352/353, pp. 120-129.

HAUTIÈRE N., DE LA ROCHE C. & PIAU J.-M. (2015), « Les routes de 5<sup>e</sup> génération », *Pour la Science*, n°450, avril, pp. 26-35.

HAUTIÈRE N. & BOURQUIN F. (2017a), « La Route 5<sup>e</sup> Génération, trait d'union entre ville et route intelligente », *La Jaune et la Rouge*, n°723, mars, pp. 26-27.

HAUTIÈRE N., ANISS H., DUMOULIN J., CHAILLEUX E., HORNYCH P. & LAPORTE S. (2017b), « Des techniques routières innovantes à la route innovante ». *Routes-Roads*, n°374, septembre, pp. 19-24.

HAUTIÈRE N. (2018), « La roadmap évolutions de la route : route de 5<sup>e</sup> génération - route communicante », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°955, juin, pp. 12-17.

HAUTIÈRE N., MUZET V. & FRANCHINEAU J.-L. (2019a), « Signalisation horizontale : Quels enjeux de recherche ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 38-39.

HAUTIÈRE N. (2019b), « De la route électrique à la route énergétiquement intégrée », *Revue générale des Routes et de l'Aménagement*, n°962, avril, pp. 38-42.

JACQUOT-GUIMBAL H. & HAUTIÈRE N. (2012), « Recherche et perspective : Les routes de cinquième génération », *Administration*, n°234, pp. 84-89.

PIZZAFERRI W. (2019), « Une autoroute électrique entre Le Havre et Paris ? », *TEC*, n°240, janvier, pp. 30-31.

ZOFKA E., ZOFKA A. & GOGER T. (2016), "New Approach to Integrated Cross Modal Transport - FOX and USE-iT Projects Experience", 23<sup>rd</sup> ITS World Congress, Melbourne, Australia, 10-14 october.

# Sûreté, sécurité et résilience des réseaux de transport à l'âge du numérique et des menaces hybrides

Par **Antoine-Tristan MOCILNIKAR**

Ministère de la Transition écologique et solidaire

Ministère de la Cohésion des territoires

et des Relations avec les collectivités territoriales

## Interactions entre les transports, les territoires, la sûreté et la sécurité

La question du transport s'inscrit dans un contexte de libéralisation et de foisonnement technologique. C'est dans ce cadre renouvelé que nous affrontons les questions de sûreté et de sécurité. Le transport, sous certains de ses volets, est dans la complétude de la logique libérale et progresse dans cette voie pour la plupart des autres. La libéralisation du transport routier de fret au niveau européen est déjà ancienne, suivie par l'accroissement de la concurrence dans le domaine du rail grâce aux réformes, en France et dans l'Union. La concurrence au taxi est apparue récemment. Les bus, eux, n'auront été libéralisés complètement qu'il y a quelques années. Nous sommes donc dans un contexte de décentralisation, schumpétérien et libéral.

Les interactions entre le monde du transport, les domaines de la sécurité et de la sûreté, et l'action collective au niveau des territoires, dessinent un champ complexe. Des événements majeurs touchant la sûreté et la sécurité des transports ont de surcroît renouvelé la problématique :



© Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International license

Inondation de l'Autoroute A10 le 5 juin 2016 dans le département du Loiret.

Du 31 mai au 10 juin 2016, un phénomène climatique inédit a induit la fermeture de l'autoroute A10 au nord-ouest d'Orléans, infrastructure majeure et stratégique du réseau français. Des précipitations totalement exceptionnelles se sont traduites par de très importantes stagnations qui se sont rapidement étendues, entraînant la submersion complète de l'autoroute en quatre points sur un tronçon de plusieurs kilomètres, avec des hauteurs d'eau allant jusqu'à 1,40 mètre au-dessus de la chaussée. Plusieurs centaines de véhicules se sont trouvés bloqués entre les zones noyées, ce qui a nécessité la mobilisation du gestionnaire mais aussi de l'armée, pour évacuer près de trois cent cinquante usagers, puis pour les loger et les accompagner. Lors de cette crise, il n'était pas certain que l'autoroute puisse être récupérée. Le concessionnaire a engagé des travaux importants.

L'incendie du poste RTE à Montparnasse a impacté, en juillet 2018, le trafic de la gare pendant une semaine. Cela a mis en lumière la liaison entre énergie et transport dans une logique de sécurité globale. Les investissements à mobiliser pour éliminer, partout en France, ces potentiels effets domino sur des infrastructures essentielles sont importants.

En septembre 2018, l'écroulement du pont de Gênes en Italie a, lui, rappelé que les lourds investissements d'entretien deviennent très difficiles à assumer pour nos sociétés. De manière moins catastrophique, les résultats des audits concernant le réseau routier national non concédé, réalisés par les bureaux d'études Nibux et IMDM et publiés en juillet 2018 par le ministère de la Transition écologique et solidaire, sont préoccupants. Ils indiquent que 17 % des routes et 7 % des ponts sont gravement endommagés et nécessitent des réparations structurelles, que 30 % du parc d'ouvrages nécessite un entretien ou de grosses réparations. Avec un budget équivalent à l'effort budgétaire des dix dernières années, en 2037, 62 % des chaussées seraient très dégradées (29 % en 2017) et 6 % des ponts seraient « hors service ». Si l'on continue à dépenser ce montant annuel effectif de 666 millions d'euros jusqu'en 2022, il faudra ensuite investir 1,3 milliard d'euros par an jusqu'en 2037 pour revenir à l'état actuel. Une étude conjointe entre le CEREMA et Carbone 4 (2018) a d'ailleurs montré le lien entre infrastructures et changement climatique, notamment l'impact de celui-ci sur elles.

À partir de novembre 2018, des « Gilets jaunes » se sont greffés sur les réseaux linéaires de transport. Ils les ont bloqués en de nombreux points et ont monté des barrages filtrants particulièrement pénalisants pour le transport de fret. Des membres de ce mouvement ont pris d'assaut des péages autoroutiers et les ont parfois détruits. Ils ont également détruit une gendarmerie routière, un centre de supervision urbaine et des plateformes logistiques. Des manifestants ont mis en danger des ponts, ou encore, ont fait de brèves incursions dans les gares et sur les lignes de chemin de fer. Certains ont pu vouloir manipuler les informations.

Félicitons les trois héros américains qui ont déjoué l'attentat perpétré par l'État islamique dans le Thalys n°9364 reliant Amsterdam à Paris, le 21 août 2015. Et ayons une pensée pour Mauranne et Laura, assassinées le dimanche 1<sup>er</sup> octobre 2017 en gare de Marseille Saint-Charles, dans un attentat revendiqué par l'État islamique.

La résilience, qui part de la gestion de crise, des catastrophes et des réactions immédiates, peut apporter une méthodologie pour affronter ces sujets. Toutefois, dans son concept global, au sens de la Fondation Rockefeller<sup>(1)</sup>, elle prend toutes les temporalités, y compris celle de l'aménagement de très long terme. Partons de la dynamique issue de la révolution digitale, puis intégrons les questions de sécurité et de sûreté pour finalement définir la boîte à outils que la résilience nous propose.

---

(1) Le projet *100 Resilient Cities*, lancé en 2013 par la fondation Rockefeller, vise à créer un réseau de « villes résilientes », « plus résistantes aux stress d'ordres physique, social et économique ».

## **Numérisation et mobilisation des données**

Ce numéro des *Annales des Mines* montre que l'usage des données, des systèmes d'information et des plateformes numériques transforme radicalement le domaine du transport. Les vecteurs et les contenants de transport, tout comme les usages, se numérisent. Les systèmes communiquent entre eux et avec le reste du monde. La dématérialisation des échanges documentaires, de la transmission des ordres et des informations, s'ajoute à la généralisation du numérique sur les terminaux (manutention) et à bord des vecteurs de transport.

L'usage d'une multitude de données permet l'amélioration de la pertinence, une plus grande complétude de la prise de contrôle ainsi que le renforcement de la confiance. L'agilité associée à un aplatissage des organisations accroît l'efficacité. Une voiture particulière n'est utilisée que 1 % du temps. Le numérique permettra de se tourner vers la « servicisation » de l'automobile. Les infrastructures sont elles aussi sous-utilisées. Leur potentiel maximum (*peakload*) n'est atteint que 3 % du temps. Des camions continuent à circuler à vide ; d'autres attendent des journées entières devant des guichets administratifs ou douaniers...

Il est donc logique que les gains d'efficacité potentiels liés au numérique dans les transports soient très importants. Pour McKinsey (2013), un meilleur usage numérique des données permet de créer de 720 à 920 milliards de dollars de valeur par an au niveau mondial, dans le seul domaine du transport. Une bonne gestion du transport est également un point-clé pour la maîtrise du changement climatique. Avec un quart des émissions de CO<sub>2</sub> émis dans le monde, le transport est le deuxième émetteur de gaz à effet de serre, derrière la production d'énergie et d'électricité.

La mobilisation des données et l'utilisation accrue de l'intelligence artificielle ne vont qu'accentuer la vitesse du traitement de l'information, ce qui permet d'accroître nos capacités à révéler les éléments-clés du domaine du transport à tous les horizons, de prédire les évolutions ainsi que d'être capables de réagir et de décider de manière réfléchie en fonction d'objectifs prédéfinis.

Plus précisément, le champ des domaines concernés est très large :

- optimisation de la taille, du mix et du partage des réseaux ;
- gestion de l'offre et de la demande ;
- optimisation de la maintenance et de son calendrier ;
- tarification des congestions ;
- optimisation de la composition des flottes ;
- amélioration de l'approvisionnement et de son efficacité ;
- rapports et aide à la décision ;
- prévention des accidents ;
- évaluation des meilleures pratiques ;
- conception de la valeur ;
- sobriété de la construction ;
- mise en œuvre et stratégie ;
- optimisation de la technologie ;
- décisions de déploiement ;
- optimisation de la main-d'œuvre et du recrutement ;
- allocation du capital fondé sur le risque ;
- optimisation du déploiement de réseaux intelligents ;
- sélection optimisée de l'efficacité énergétique, ordonnancement ;
- achats et gestion des stocks ;
- planification des opérations.

La révolution des gains d'opportunité permet une meilleure synchronisation des offres et des demandes dans tous les domaines. Cela concerne aussi bien des sujets de très court terme comme la congestion, que de moyen terme comme la programmation de flotte, ou de très long terme comme le choix d'infrastructure ou même de filière industrielle.

Comme dans les autres secteurs économiques, la numérisation du transport fait peser de nouveaux risques sur cette activité et ses acteurs. L'ensemble des systèmes d'information constituent de potentielles portes d'entrée, exploitables par des pirates informatiques, et qu'il convient donc de sécuriser. En juin 2017, le groupe numéro un mondial du *shipping*, Maersk, a subi l'une des premières cyberattaques d'envergure dans ce secteur. Il a vu les réservations sur certains de ses plus grands terminaux portuaires (Rotterdam, New York, Mumbai) bloquées plusieurs heures durant par un logiciel de rançon (*ransomware*). Le vol de marchandises et la prise de contrôle de vecteurs de transport font aussi partie des menaces prises de plus en plus au sérieux. Des *hackers* ont, ainsi, réussi localement à détourner le flux de données de capteurs de véhicules intelligents insuffisamment cryptés.

## **À l'heure des menaces hybrides, sûreté et sécurité se décloisonnent et tendent vers une sécurité globale**

La sûreté des transports comprend l'ensemble des actions entreprises pour assurer la protection du patrimoine des opérateurs – qu'il relève des infrastructures ou des moyens de transport eux-mêmes –, mais aussi de leur personnel et des marchandises transportées contre les actes illicites (violences, vols, déprédations, ainsi que l'utilisation abusive de la chaîne logistique pour le transport frauduleux de matières, d'équipements ou d'êtres humains). C'est un travail qui concerne les opérateurs et, plus largement, toutes les parties prenantes. Il s'agit aussi bien de l'État que des collectivités locales, des clients et des usagers, entreprises et individus. La sécurité est, quant à elle, relative aux dysfonctionnements techniques sans causes anthropiques volontaires.

Le monde de la menace lui-même évolue. Les menaces deviennent hybrides dès lors que sont exploitées des synergies entre divers acteurs et diverses activités. Ces menaces sont nombreuses et en constante évolution : les outils utilisés vont des faux profils sur les médias sociaux à l'espionnage et à la désinformation, de la manipulation aux tentatives d'escroquerie, des cyberattaques sophistiquées jusqu'à l'emploi manifeste de la force, en passant par tout l'éventail des actions intermédiaires. Les outils d'influence hybrides peuvent être utilisés séparément ou de manière combinée, selon la nature de la cible et le résultat souhaité. En réponse, la lutte contre les menaces hybrides doit elle aussi être dynamique et adaptative pour rester en phase avec les déclinaisons des activités d'influence hybrides et anticiper des attaques ultérieures, en déterminant de nouveaux moyens de défense.

En pratique, pour traiter de ces problèmes de sécurité, et sur la base du code de la défense et de la loi de programmation militaire, l'administration a produit, avec les opérateurs, un nombre considérable de textes. C'est notamment la documentation liée au Secteur d'Activité d'Importance Vitale (SAIV) qui s'applique aux transports. S'y ajoute la notion nouvelle, datant de 2018, d'Opérateurs de services essentiels (OSE), elle-même liée à la directive sur la sécurité des réseaux et des systèmes d'information connue sous l'appellation « directive NIS ». Des dispositions concernant le secteur des transports sont également incluses dans le plan Vigipirate ainsi que dans les Plans « Pirate » d'intervention adaptés chacun à un type de risque particulier : plans Pirate Mobilités terrestres, NRBC (nucléaire, radiologique, biologique ou chimique) ou Piranet (crise d'origine informatique)... Ces éléments ont une déclinaison territoriale importante.

Sûreté et sécurité correspondent à des problématiques longtemps considérées comme indépendantes. Les disciplines associées ont historiquement évolué de façon séparée. En sûreté



comme en sécurité, la notion de *risque* joue un rôle fondamental. En revanche, l'évaluation de la menace est radicalement différente selon sa nature malveillante ou accidentelle. Dans le premier cas, l'origine des menaces à évaluer est par définition hors de tout contrôle de l'analyste et couvre un champ des possibles extrêmement vaste. Dans le second cas, les caractéristiques des dangers sont plus accessibles, et le nombre de scénarios à considérer peut généralement être réduit à un ensemble restreint mais suffisant pour être considéré comme significatif. En sûreté, la menace est potentiellement intelligente et adaptative. Elle peut tenir compte des vulnérabilités du système considéré, voire des contre-mesures et des réactions d'ordre défensif, alors que menaces et vulnérabilités n'ont pas d'interactions dynamiques en sécurité.

Dans le même ordre d'idées, une fois les dangers identifiés en sécurité, ils sont souvent considérés comme relativement stables dans le temps, faisant de l'utilisation de scénarios de référence une approche adaptée ; dans le cas de la sûreté, les profils, les motivations et les moyens des attaquants évoluent plus rapidement et de façon moins prévisible, car ils dépendent de nombreux facteurs. La logique de « course » entre attaquants et défenseurs contribue aussi à l'instabilité et à la dynamique de ces facteurs. Les référentiels doivent être mis à jour beaucoup plus fréquemment.

Différentes, sécurité et sûreté partagent en fait de substantiels points communs qui, progressivement identifiés, ont déjà permis diverses inspirations réciproques, aussi bien d'un point de vue méthodologique que technologique ou architectural. Ainsi, la technique des arbres de défaillances ou l'approche de défense en profondeur, amenant à combiner plusieurs types de contre-mesures complémentaires et indépendantes, fonctionnent autant en sûreté qu'en sécurité.

Si elles demeurent différentes, sûreté et sécurité doivent impérativement converger : la séparation pouvait encore faire sens quand l'objet de leur préoccupation était séparé, mais tel n'est plus le cas. Lorsque les exigences et les mesures de sécurité et de sûreté s'appliquent sur les mêmes systèmes, les risques d'antagonismes sont réels. Un exemple simple permet d'illustrer ce dernier cas de figure : un système de fermeture de porte automatisé pourra ainsi être conçu pour laisser la porte ouverte en cas de panne selon des exigences de sécurité. Il sera conçu pour verrouiller les portes dans le même cas en suivant des exigences de sûreté. Au minimum, si la convergence ne peut être complète, il devient impératif de mieux caractériser et modéliser leurs interdépendances. La maîtrise de tous les risques pesant sur le transport, mais aussi l'optimisation des ressources en conception et en exploitation qui y sont consacrées, en dépendent. Sûreté et sécurité tendent vers une sécurité globale.

## **Bâtir une stratégie de sûreté et de sécurité autour de la notion de résilience**

Une stratégie de résilience prend en compte tous les risques : le risque économique, la difficile utilisation des infrastructures en raison de la congestion, le risque lié au climat, à la pollution et au bruit. Il ne faut pas oublier les risques physiques, liés à la malveillance, au terrorisme, et aux États étrangers hostiles, en plus des risques sociaux, de gouvernance, et politiques. Le risque technique, s'il est bien sûr toujours présent, n'est désormais plus le seul qui doit être analysé. Ces questions de résilience sont là pour le planning de long terme et pour la gestion de crise. Quand il y a des inondations, il faut évacuer des gens ; quand des risques technologiques se matérialisent, il faut aussi évacuer des gens. Donc, le transport doit participer à la résilience. Tous les territoires doivent être impliqués : il n'y a pas un territoire plus important qu'un autre, il faut au contraire les enchâsser. L'individu, le consommateur, le citoyen, l'étudiant, le professeur sont les grands acteurs de la gouvernance de ces sujets et c'est cette gouvernance qui fait la résilience.

Dans nos administrations, la résilience a été définie dans le *Livre blanc sur la Défense* de juin 2008 comme la volonté et la capacité à résister aux conséquences d'une agression ou d'une catastrophe

majeure, puis à rétablir rapidement la capacité des institutions, de la société et de la vie économique, à fonctionner normalement, ou à tout le moins dans un mode socialement acceptable.

La résilience renvoie au systémique, par opposition au sectoriel, et doit se concevoir à l'échelle globale en raison des interdépendances, notamment des réseaux qui supportent nos sociétés. Dans cette logique, nous avons déjà une expérience longue, depuis la fin des années 1970. Citons comme exemple la sécurité routière. Dans une approche systémique, il n'y a pas que l'automobiliste qui est responsable, il y a ceux qui ont fait la route, la voiture, la réglementation... : chacun contribue à l'insécurité routière. À partir de 1972, le mode de gestion de cette sécurité routière a profondément évolué dans notre pays. Une meilleure coordination des entités chargées de ce thème dans les différents ministères (Intérieur, Transports, Équipement et Travaux publics, Enseignement) est mise en place. Une batterie de mesures accompagne ce mouvement, démarrant du continuum éducatif mis en place de l'école primaire au collège, complété, avec le permis à points, par des stages de sensibilisation pour les conducteurs contrevenants. S'ajoutent à cela des mesures d'amélioration des infrastructures, de limitation des vitesses, de meilleure signalisation et de dépression, mais aussi d'élévation de la sécurité pour les voitures et les passagers.

Le premier point structurant est donc celui de la temporalité. Le lien entre infrastructure et usage s'inscrit dans une logique de résilience. Dans l'histoire de l'aménagement des pays, les stratégies pour les infrastructures et leur usage ont mis du temps à être définies simultanément. Le temps a permis de réaliser la nécessité d'avoir une vision d'ensemble, territorialisée et géographisée. À court et moyen termes, la construction d'infrastructures sera toujours d'actualité mais beaucoup plus lente. Autrement dit, d'un côté la temporalité de l'accroissement des infrastructures est et sera lente, et de l'autre, la temporalité de l'usage est et sera exponentielle. Les trottinettes électriques, les véhicules autonomes, les taxis volants et surtout les plateformes de partage constituent des ruptures essentielles. Ces différents instruments impliquent une importante dynamique dans l'exploitation des infrastructures. Les logiques de résilience de court, moyen et long termes reviennent à confronter ces deux temporalités.

Le pivot temporel de la résilience elle-même est la gestion de crise, avec d'abord le traitement des catastrophes et la mise en œuvre des réactions immédiates, puis la reprise d'activité, la dynamique de post-crise et la reconstruction. En amont, nous avons toujours la normalisation, la certification, la prévention, la préparation et la veille. Ces questions de résilience sont là pour le planning de long terme et pour la gestion de crise.

Le deuxième point est l'aspect territorial. Dans la logique de résilience, la notion d'interconnexion est essentielle. Le territoire rural s'étudie en interconnexion avec la métropole et inversement dans le phénomène métropolitain. Les territoires et la décentralisation ont également leur historicité. Les territoires connaissent une évolution forte de gouvernance depuis quarante ans. Il faut souligner l'accentuation récente de la décentralisation dans le domaine du transport. Des transformations majeures sont encore possibles au demeurant.

Les priorités sont alors d'identifier tous les risques, toutes les temporalités et d'appréhender la logique territoriale. C'est ce que nous appelons la *sécurité globale des territoires*. Ce sont ces éléments qui traduisent la résilience.

Au total, il faut donc renforcer nos capacités d'anticipation et de pilotage des mutations et des adaptations. L'idée est d'optimiser nos transports grâce à une approche intégrée qui prenne en compte simultanément les enjeux économiques, sociaux, financiers, numériques, de sûreté et de sécurité ainsi que les enjeux de gouvernance, à travers une perspective territoriale basée sur un dialogue multipartite œuvrant à anticiper et à suivre les mutations en cours et à venir. Le grand défi est alors de conduire des ensembles, vastes ou plus restreints, en évitant le décrochage. Cela suppose de tenir les performances immédiates, mais plus encore de reformuler les fondamentaux,

de reconstruire des trajectoires de navigation qui puissent faire sens, susciter la cohésion et permettre des réussites collectives.

## **Bibliographie**

CEREMA (2019), *Villes et stratégies de résilience, Enseignements du programme 100 Resilient Cities*, en cours de publication.

CEREMA et Carbone 4 (2018), *Analyse des risques liés aux événements climatiques extrêmes sur les infrastructures et services de transport, note de synthèse méthodologique et exemple d'application*, 3 mai. <http://www.carbone4.com/de-plus-vers-resilience-reseaux-de-transport-face-changement-climatique-analyse-de-risque-reseau-de-dir-mediterranee/>

GREENBERG A. (2018), "The Untold Story of NotPetya, the Most Devastating Cyberattack in History", *Wired*, 31 mai.

McKinsey Global Institute, McKinsey Center for Government & McKinsey Business Technology Office (2013), *Open data: Unlocking innovation and performance with liquid information*, octobre, Report, McKinsey.

MTES (2018), « Réseau routier national non concédé : résultats d'audits », *Rapport d'audit externe réalisé par les cabinets NIBUXS & IMDM pour le compte du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère chargé des transports*, 10 juillet.

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/reseau-routier-national-non-concede-resultats-dauidits>

*Préventique* (2019), « Sécurité globale des territoires, restitution des Assises de Lyon », numéro spécial, n°162, janvier.

Premier ministre (2018), *Plan d'action contre le terrorisme*, Dossier de presse, 13 juillet.

[https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2018/07/dossier\\_de\\_presse\\_-\\_plan\\_daction\\_contre\\_le\\_terrorisme\\_-\\_13.07.2018.pdf](https://www.gouvernement.fr/sites/default/files/document/document/2018/07/dossier_de_presse_-_plan_daction_contre_le_terrorisme_-_13.07.2018.pdf)

SGDSN (2016), « La sécurité des activités d'importance vitale », SGDSN, 18 mars,

<http://www.sgdsn.gouv.fr/communication/la-securite-des-activites-dimportance-vitale/>

# Enjeux numériques de la logistique urbaine

Par **Laetitia DABLANC**  
IFSTTAR Université Paris-Est

## La nouvelle logistique urbaine

La logistique urbaine peut se définir comme toute prestation de service contribuant à gérer efficacement les mouvements de marchandises dans les villes et à apporter des réponses innovantes à la demande (des entreprises, des particuliers) dans le respect de conditions sociales et environnementales de bon niveau (Dablanc, 2019). Elle comprend de multiples opérations physiques telles que la préparation et l'emballage des commandes, le transport et la livraison (y compris à domicile), l'entreposage à court terme des marchandises, la gestion des points de dépôt et d'enlèvement des colis, des retours, des palettes vides et emballages. Ces opérations sont soutenues par un nombre croissant de systèmes d'information et de télécommunication. La logistique urbaine change très rapidement sous l'effet de la sophistication continue des chaînes logistiques globales, des évolutions technologiques et des changements de comportement des consommateurs, de plus en plus friands d'un e-commerce devenu omni-canal. Être livré dans la journée, voire de façon « instantanée » (Dablanc *et al.*, 2017) devient banal dans les grandes métropoles mondiales.

Dans ses déclinaisons les plus innovantes, la logistique urbaine fait appel à des technologies perfectionnées pour accroître la coordination et l'efficacité des opérations de livraison urbaine. Cependant, la façon dont les marchandises sont majoritairement livrées et ramassées dans les villes aujourd'hui reste inefficace, avec de nombreux déplacements surnuméraires et un parc ancien et polluant de véhicules. Afin de réduire les coûts et d'accroître la performance environnementale, on voit émerger des pratiques novatrices, impliquant de nombreux acteurs : entreprises de transport et logistique, fournisseurs de logiciels, promoteurs immobiliers, grande distribution, ainsi que des start-up dans tous les domaines. De nouveaux services logistiques apparaissent dans les villes du monde entier, en particulier dans les zones denses ayant un niveau élevé d'activités comme les centres-villes. Ces pratiques montrent la voie vers une logistique plus durable.

## Initiatives entrepreneuriales

De nouveaux concepts, de nouvelles entreprises de logistique urbaine émergent depuis une dizaine d'années en Asie, en Europe et aux États-Unis, et plus récemment dans toutes les régions urbaines du monde, poussées par les révolutions numériques. Des entreprises comme Shurgard ont innové pour la fourniture d'espaces d'entreposage urbains pour les commerçants. Star Service, société française de deux mille livreurs, a inventé la livraison à domicile professionnelle de produits alimentaires aux ménages. En Allemagne, DHL/Deutsche Post a le premier installé des milliers de « Packstations », des casiers automatisés, dans les espaces publics des villes, afin que les envois en ligne puissent être livrés aux clients à tout moment. Dans les villes japonaises, les *takkyubins* (entreprises de messagerie comme Yamato et Sagawa) ont réagi rapidement à l'évolution du comportement des consommateurs et livrent tout, du colis général aux produits surgelés en passant par les bagages personnels volumineux, en augmentant la taille de leurs réseaux, la diversité de leurs services, leur niveau d'efficacité logistique. À Paris et à Londres, des entreprises de vélos-cargos fournissent des services de livraison de colis au dernier kilomètre aux entreprises et aux habitants des zones urbaines. L'utilisation de vélos-cargos présente des avantages pour

l'environnement. On estime que la société parisienne La Petite Reine (groupe Star Service), qui utilise quarante vélos à assistance électrique, économise deux cents tonnes de CO<sub>2</sub> par an par rapport à l'organisation précédente basée sur des véhicules diesel. Les grands messagers, comme La Poste, FedEx ou UPS, font un usage croissant de véhicules de livraison électriques dans les zones urbaines. Les villes américaines voient surgir des micro-services logistiques, comme les « lockers » (casiers automatiques) d'Amazon aux résidents dans les complexes résidentiels, les campus universitaires, ou les supermarchés Whole Foods. Amazon teste, comme beaucoup d'autres, la livraison de colis par drones. Le e-commerçant chinois JD a déjà déployé un réseau régulier de livraison de drones autour de la ville de Xi'an. Les robots terrestres de livraison de Nuro sont testés pour des lignes régulières de livraisons de commandes alimentaires de grands distributeurs en Arizona et au Texas, à destination de ménages périurbains. De petits robots terrestres plus urbains circulent en Californie, en Australie et au Royaume-Uni. Des véhicules autonomes de livraison sont également conceptualisés (Renault EZ Pro), mais très peu sont encore déployés, en raison notamment, comme pour l'ensemble des véhicules autonomes, des restrictions réglementaires ou des problèmes techniques liés au maintien d'un niveau de sécurité très élevé requis pour protéger les autres usagers de la voirie urbaine. Les livraisons « instantanées », à la demande, sont des livraisons faites en moins de deux heures après commande et utilisation d'applications sur smartphone. Sur ce nouveau marché, des sociétés régionales comme Meituan en Chine, Deliveroo en Europe, Swiggy en Inde, IFood au Brésil et Postmates aux États-Unis sont en concurrence avec des sociétés mondiales comme Amazon Prime Now et UberEATS.



Vélo-cargo effectuant une livraison à Paris.

© OLVO

Parce qu'ils utilisent des véhicules électriques ou des modes doux, et pour remplir la promesse de livraisons très rapides, certains de ces services innovants de logistique urbaine requièrent des espaces logistiques proches des consommateurs, notamment dans les zones urbaines denses. Ces

lieux vont de « micro-hubs logistiques » (quelques mètres carrés) à de véritables entrepôts urbains de 5 à 30 000 m<sup>2</sup>. L'identification de disponibilités foncières et immobilières pour ces nouveaux équipements constitue un enjeu fondamental.

## **Des municipalités encore timides**

Les villes sont nombreuses à promouvoir l'innovation en logistique urbaine, avec pour objectifs l'efficacité et/ou le respect de l'environnement. La ville de Reykjavik en Islande a autorisé Flytrex, un concepteur de drones, et le distributeur Aha à organiser une ligne régulière de livraison au-dessus de l'une des baies de la ville. La Poste Suisse exploite la livraison par drones de produits pharmaceutiques en partenariat avec les villes de Zurich et Lugano<sup>(1)</sup>. Les vélos-cargos rencontrent également du succès auprès des villes. Un festival mondial des *cargobikes* a eu lieu à Groningue aux Pays-Bas en juin 2019 et un autre à Dublin en Irlande quelques jours après, soutenus par les municipalités. À Paris, la politique d'innovation logistique a été systématisée *via* la mise en place du « Rolling Lab », un programme d'aide aux start-up de logistique urbaine.

Mais ces politiques d'innovation sont imparfaites. L'essentiel de l'aide à l'innovation des villes européennes se fait *via* des projets européens ou nationaux qui mettent surtout l'accent sur des démonstrateurs, innovants mais de coût élevé et dont la diffusion reste très limitée. Et surtout, les villes voient passer le train rapide des innovations du e-commerce et de ses livraisons sans réaction coordonnée, chaque municipalité en Europe identifiant sa propre politique pour réguler par exemple les plateformes numériques de livraisons ou l'implantation de consignes automatiques dans les espaces publics. Notons aussi que la gestion de la logistique urbaine par des algorithmes d'optimisation publics-privés reste encore étonnamment limitée. Les logiciels d'itinéraires et d'optimisation de tournées ne prennent pas en compte, par exemple, les règles d'accès ou d'horaires de livraison, ou les fermetures de voies liées aux travaux sur voirie.

Les tendances récentes en matière de réglementation d'accès des véhicules de livraison incitent à l'usage, par les municipalités, de technologies plus avancées de gestion du trafic et du contrôle. Les nouvelles règles d'accès que l'on voit apparaître en Europe portent notamment sur l'âge des véhicules de livraison ou la tarification (péage urbain) (Dablanc, Cruz et Montanon, 2018). Les deux peuvent être combinés, comme c'est le cas pour le *congestion pricing* de Londres dans la zone duquel se superpose dorénavant une "Ultra Low Emission Zone" qui impose, pour les véhicules non Euro 6, une somme de £12,50 aux voitures, motos et camionnettes et £100 aux poids lourds. Les péages urbains ne sont pas spécifiques aux véhicules utilitaires alors que de nombreuses zones environnementales ou « zones à faibles émissions » le sont. La *Low Emission Zone* (LEZ) de Londres interdit depuis 2008 l'accès aux camions et grandes camionnettes plus anciens que la norme Euro 4 (camions fabriqués depuis 2001). La règle s'applique à l'intérieur de l'autoroute M25, soit sur environ 1 500 km<sup>2</sup>. Les caméras de contrôle automatique ont accru l'efficacité de la LEZ. Des systèmes de contrôle automatique tels que la reconnaissance automatique des plaques minéralogiques, le contrôle mobile, le positionnement des véhicules et les équipements embarqués ont en effet été introduits dans de nombreuses villes en Asie et en Europe. Cette technologie a un coût et suscite la controverse au sujet de la protection de la vie privée, mais son efficacité contribue à ce que les villes qui ne peuvent l'utiliser en réclament aujourd'hui l'usage auprès du législateur (voir le cas de la France et de la LOM ci-dessous).

La réduction du bruit généré par les livraisons et la promotion des livraisons de nuit (ou en début de matinée et en fin de soirée) sont également un objectif émergent des politiques de fret

---

(1) Lorsqu'en janvier 2019 un drone a atterri d'urgence sur le lac de Zurich, les autorités municipales ont été associées aux décisions de suspension d'autorisation de voler jusqu'à l'explication de l'accident (un court-circuit).

urbain. D'après une enquête réalisée à New York, les entreprises les plus susceptibles de passer à des livraisons aux heures creuses sont les commerçants qui effectuent leurs propres livraisons (transport pour compte propre) et les destinataires qui ouvrent tard, comme les restaurants (Holguin-Veras, 2008). Aux Pays-Bas, le gouvernement national fournit une aide financière aux opérateurs qui investissent dans des équipements de livraison silencieux, c'est-à-dire des véhicules et des équipements de manutention générant des émissions sonores inférieures à 65 dB, pour les livraisons de nuit dans les supermarchés. Des tests ont montré que les entreprises qui livrent la nuit économisent 30 % des coûts de livraison et 25 % de la consommation de diesel (Sanchez-Diaz, 2017).

Les opérateurs de fret ont besoin d'un accès facile aux zones de chargement et de déchargement dédiées, qu'elles soient publiques ou privées, sur voirie ou hors voirie. Le manque d'espaces de livraison suffisants transfère les opérations de livraison sur les voies ou les trottoirs et entraîne de la congestion et des accidents de la circulation. Dans les zones urbaines et les centres-villes très fréquentés, il faut identifier des espaces de chargement et de déchargement adéquats sur la voie publique et mieux contrôler leur utilisation. Partager ces espaces dans le temps est un bon moyen d'améliorer la capacité de stationnement des camions et fourgonnettes : sur les boulevards principaux de Barcelone, la municipalité consacre les deux voies latérales à la circulation aux heures de pointe, aux livraisons en dehors des heures de pointe et au stationnement résidentiel pendant la nuit. Par ailleurs, depuis 2018, le système AreaDUM oblige les livreurs à s'enregistrer sur une application smartphone. Une fois qu'ils sont arrivés sur la zone de livraison, l'application identifie leur localisation et s'ouvre ensuite une fenêtre de trente minutes pour la livraison.

## **En France, un projet de loi qui prend en compte certains enjeux de la logistique urbaine**

Le projet de loi d'orientation des mobilités <sup>(2)</sup> ne traite guère spécifiquement la logistique urbaine, même si certains articles (sur les véhicules autonomes par exemple) concerneront de fait également la mobilité des marchandises. L'article 17 sécurise les plateformes de services logistiques entre particuliers, appelés « co-transportage de colis », définis comme « l'utilisation en commun, à titre privé, d'une voiture particulière effectuée à titre non onéreux excepté le partage des frais, pour transporter des colis dans le cadre d'un déplacement qu'un conducteur réalise pour son propre compte ». L'article habilite aussi le gouvernement à prendre par ordonnance les mesures permettant d'encadrer l'activité des plateformes d'intermédiation entre des clients détenteurs de fret et des transporteurs (bourses de fret). L'article 20 permet l'établissement par les plateformes de livraison instantanée d'une charte précisant les contours de leur responsabilité sociale sur les coursiers livreurs. L'article 28 permet aux municipalités, mais seulement pour celles qui mettront en place une zone à faibles émissions (ZFE, remplaçant les zones à circulation restreinte), d'instaurer « des dispositifs fixes ou mobiles de contrôle automatisé des données signalétiques des véhicules ». Les villes françaises et allemandes étaient jusque-là les seules des grands pays en Europe qui ne pouvaient utiliser des caméras de contrôle pouvant collecter automatiquement les numéros de plaques des véhicules, système qui a fait ses preuves à Londres et dans les villes italiennes ou espagnoles. Des limites seront mises à leur utilisation, puisqu'il ne pourra pas être possible de contrôler chaque jour « plus de 50 % du nombre moyen journalier de véhicules circulant au sein de la zone ».

---

(2) Version du 23 mai 2019, à l'issue des débats à l'Assemblée nationale.

## **Un enjeu de connaissance : accroître l'usage des données massives et l'analyse de données spatiales**

L'effort de collecte et de modélisation des données sur le fret urbain reste largement insuffisant dans de nombreuses villes du monde entier. Bien que beaucoup de progrès aient été réalisés au cours de la dernière décennie, les méthodes d'enquête restent hétérogènes, ce qui rend difficile la comparaison des résultats d'une ville à l'autre. En France, le modèle FRETURB (Toilier *et al.*, 2018) a développé une méthodologie bien adaptée aux économies urbaines. Il identifie les besoins en livraisons et enlèvements de marchandises des établissements urbains (le « B2B »<sup>(3)</sup>) à partir d'enquêtes exhaustives, mais coûteuses. Ces enquêtes ont révélé un ratio-clé pour les villes françaises : en ce qui concerne le B2B, on compte autant de livraisons urbaines par semaine qu'il y a d'emplois dans une zone métropolitaine (Toilier *et al.*, 2018). Les estimations du Rensselaer Polytechnic Institute montrent que le nombre de livraisons à domicile à New York (autrement dit, le « B2C »<sup>(4)</sup>) est aujourd'hui aussi important que le nombre de livraisons aux entreprises. Le rapport B2C/B2B semble moins élevé pour les villes européennes mais les données manquent. Selon Gardrat et Cordier (2018), sur 750 000 livraisons et enlèvements par semaine dans l'agglomération lyonnaise, 20 % relèvent du B2C, dont 55 % livrés à domicile, 40 % livrés en points-relais et 5 % livrés en magasin.

Le paradoxe est que les données détaillées, notamment celles du B2C, existent en abondance puisque les opérations de livraison sont désormais entièrement numérisées du côté des chargeurs, distributeurs et prestataires logistiques. Mais les entreprises ou leurs fédérations restent réticentes à fournir ces données aux acteurs publics et à la recherche. Des enquêtes détaillées entièrement prises en charge par le secteur public étant trop coûteuses pour les budgets publics à venir, elles doivent être aujourd'hui complétées par des systèmes plus automatisés de collecte et traitement de données massives. Bates *et al.*, dans un récent article (2018), ont fait une proposition détaillée intéressante en ce sens et ont testé la méthode pour un quartier de Londres.

## **Optimiser l'espace urbain pour les nouveaux services logistiques**

Certaines municipalités acceptent, voire favorisent, le développement de bâtiments multi-activités, avec une logistique au niveau de la rue (ou en souterrain) et d'autres activités aux niveaux supérieurs. Il existe également des entrepôts à plusieurs étages. Le promoteur Prologis construit depuis longtemps des terminaux logistiques de sept à dix étages dans le centre-ville de Tokyo. Un entrepôt à plusieurs étages a été ouvert à Seattle en 2017, un autre à Gennevilliers en janvier 2019. Un « hôtel logistique » (multi-activités, multi-étages, multimodal) de la société d'économie mixte Sogaris a été inauguré à Paris en 2018 (CITYLAB, 2018). L'acceptation de tels projets est de plus en plus conditionnée à des critères environnementaux et une attention particulière est portée à l'insertion des bâtiments dans le tissu urbain. Le développement de « centres de distribution urbaine » a souvent été identifié comme une stratégie intéressante pour réduire les impacts du fret urbain. Ces installations offrent un service de livraisons groupées et mutualisées. Jusqu'à deux cents centres de ce type existaient dans les villes européennes dans les années 1990 et au début des années 2000. Cependant, en raison de coûts d'exploitation élevés, la plupart d'entre eux ont fermé leurs portes lorsque les municipalités ne pouvaient plus les subventionner. Aujourd'hui, quelques CDU fonctionnent, principalement dans des villes de taille moyenne : Bristol au Royaume-Uni, Modène, Padoue et quelques autres villes italiennes, La Rochelle en France, Yokohama au Japon. Ces centres sont coûteux et l'affectation des coûts d'exploitation est difficile.

(3) Pour *business to business*.

(4) Pour *business to consumer*.





Plan de la halle de fret de l'hôtel logistique multimodal Sogaris « Chapelle International ». ©SOGARIS PARIS-LES ESPACES LOGISTIQUES URBAINS et SAGL-Architectes Associés

Pour les formats d'espaces logistiques plus petits (*micro-hubs*), des initiatives privées ou publiques/privées apparaissent. Aux États-Unis, la start-up CloudKitchens/City Storage System convertit des bâtiments urbains abandonnés en espaces pour les secteurs de la *food tech* et de l'économie numérique. Plusieurs villes françaises, notamment Paris et Lyon, ont mis en place un programme d'accueil des espaces logistiques urbains, petites installations de transbordement situées dans les quartiers les plus denses, par exemple dans des parkings souterrains communaux. Ces espaces logistiques sont loués à faible loyer à l'opérateur logistique offrant le mode de livraison le plus écologique. Dans le cadre des appels à projet « Réinventer Paris » ou « Inventons la Métropole du Grand Paris », des projets ont été acceptés qui convertissent certains « délaissés urbains » en espaces logistiques : stations-service abandonnées (porte de Champerret), espaces sous le périphérique (Porte de Pantin), parkings souterrains (Grenier-Saint-Lazare).

## Conclusion

Malgré les difficultés de circulation et les coûts liés aux contraintes urbaines, les prestataires logistiques et de transport desservent la grande majorité de leurs clients urbains. De ce point de vue, la logistique urbaine d'aujourd'hui est très efficace. Cependant, cette efficacité a un coût environnemental et social. La mobilité des marchandises représente de 10 à 15 % de tous les transports dans une zone urbaine (en véhicules-kilomètres), mais jusqu'à un tiers, voire davantage, des polluants locaux liés aux transports et des émissions de CO<sub>2</sub> (Coulombel *et al.*, 2018). Les nouveaux livreurs de l'économie numérique, très souvent des auto-entrepreneurs, sont très insuffisamment protégés par le droit social et ont un risque élevé d'accidents de la route (Aguiléra, Dablanç et Rallet, 2018).

Face à ces défis, une nouvelle logistique urbaine a émergé, faisant largement appel aux technologies numériques. Cette logistique vise à répondre à la demande des entreprises urbaines et des consommateurs pour de nouveaux services, tout en apportant des solutions aux préoccupations des villes quant aux impacts environnementaux et sociaux des livraisons urbaines actuelles. Cependant, le rythme d'introduction effective d'une logistique innovante dans les zones urbaines est lent et varie considérablement d'une ville à l'autre. Pour des villes à la logistique urbaine efficace (comme Tokyo) qui intègrent des équipements logistiques dans des zones urbaines très denses, ou des logistiques « intelligentes » de quartier comme dans les centres historiques des villes européennes – où apparaissent des livraisons plus propres et plus silencieuses, des livraisons massifiées, des services de livraison à domicile de haut niveau et des expérimentations *high tech* –, on compte encore nombre de quartiers moins centraux et beaucoup de grandes villes du

monde dont la congestion et les émissions liées au transport de marchandises se maintiennent à des niveaux encore beaucoup trop importants et où le flot de coursiers en deux-roues prenant des risques routiers importants s'accroît. L'avancée des technologies numériques apportera sans doute une première réponse à l'enjeu majeur que constitue une meilleure connaissance des flux de marchandises et de leurs impacts environnementaux, grâce à la collecte beaucoup plus systématique de données aujourd'hui en nombre insuffisant. De meilleures statistiques, une modélisation plus avancée du fret urbain, pourront contribuer à la mise en place d'organisations et de politiques locales sur le transport des marchandises plus adaptées au milieu urbain.

## **Références**

- AGUILÉRA A., DABLANC L. & RALLET A. (2018), "L'envers et l'endroit des plateformes de livraison instantanée, enquête sur les livreurs micro-entrepreneurs à Paris", *Réseaux*, 6.
- BATES O., FRIDAY A., ALLEN J., McLEOD F., CHERRETT T., WISE S., PIECYK M., MARZENA PIOTROWSKA M., BEKTAS T. & NGUYEN T. (2018), "ICT for Sustainable Last-Mile Logistics: Data, People and Parcels", *EPIC series in computing*, ICT4S2018, 5th International Conference on Information and Communication Technology for Sustainability, Volume XXX, 2018, pp. 1-19.
- COULOMBEL N., DABLANC L., GARDRAT M. & KONING M. (2018), "The environmental social cost of urban road freight: Evidence from the Paris region", *Transportation Research Part D*, 63, pp. 514-532.
- DABLANC L. (2019), "City Logistics", *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, Wiley Online Library. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0137.pub2>
- DABLANC L., CRUZ C. & MONTENON A. (2018), « Les "zones à émissions réduites" en ville : comment s'adaptent les entreprises de transport de marchandises ? », *Recherche Transports Sécurité*, 10.25578/RTS\_ISSN1951-6614\_2018-05
- DABLANC L., MORGANTI E., ARVIDSSON N., WOXENIUS J., BROWNE M. & SAIDI N. (2017), "The Rise of On-Demand 'Instant Deliveries' in European Cities", *Supply Chain Forum – an International Journal*, Vol. 18(4), pp. 203-217.
- GARDRAT M. & CORDIER A. (2018), « Un concept original pour mesurer de nouvelles pratiques : Le découplage de l'achat et de la récupération des marchandises », Présentation au 10<sup>e</sup> colloque sur les sondages, Lyon, 25 octobre 2018. Disponible sur : [http://sondages2018.sfds.asso.fr/assets/Documents/Session12\\_Transports2\\_P3\\_Gardrat.pdf](http://sondages2018.sfds.asso.fr/assets/Documents/Session12_Transports2_P3_Gardrat.pdf) (consulté le 28 mai 2019).
- HOLGUIN-VERAS J. (2008), "Necessary Conditions for Off-hour Deliveries and the Effectiveness of Urban Freight Road Pricing and Alternative Financial Policies in Competitive Markets", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol 42(2), pp. 392-413.
- SANCHEZ-DIAZ I., GEOREN P. & BROLINSON M. (2017), "Shifting urban freight Deliveries to the off-peak hours: a review of theory and practice", *Transport Reviews*, 37(4), pp. 521-543.
- TOILIER F., GARDRAT M., ROUTHIER J.-L. & BONNAFOUS A. (2018), "Freight transport modelling in urban areas: the French case of the FRETURB model", *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), pp. 753-764.

# Le management d'une *supply chain* durable

Par **Anicia JAEGLER**  
KEDGE Business School

Le jour du dépassement ne cesse d'avancer dans l'année. Du 12 octobre en 1991, il est calculé au 1<sup>er</sup> août en 2018<sup>(1)</sup>. La planète vit à crédit. L'accroissement démographique et notre consommation effrénée, non seulement pillent la planète, mais engendrent de trop nombreux déchets. De plus, pour répondre à la demande, les *supply chains* s'allongent et la pollution due par exemple au transport de marchandises augmente. À ce coût environnemental, on peut associer un coût social pour toutes les parties prenantes de la *supply chain*. Ce constat est préoccupant mais de nombreuses pistes d'amélioration existent ou sont à explorer. La prise en compte de ces enjeux mobilise de plus en plus les entreprises qui souhaitent gérer leur *supply chain* durablement.

## Le management de la *supply chain* durable

Avant de caractériser une *supply chain* durable, il faut tout d'abord définir le management de la *supply chain*. Le management de la *supply chain* consiste à gérer les flux financiers, les flux matériels et les flux d'information de l'extraction des matières premières nécessaires à un produit jusqu'à la fin de vie de ce produit. Gérer ces flux de manière durable revient à intégrer les trois piliers de la durabilité *i.e.* économique, environnemental et social.

En intégrant les deux piliers économique et environnemental, la *supply chain* est dite « verte ». Le management de la *supply chain* verte inclut : la conception du produit, l'approvisionnement en matériaux et leur sélection, les processus de fabrication, la distribution, la logistique inverse, l'usage du produit et sa fin de vie (Jaegler, 2016). L'un des principaux indicateurs de la *supply chain* verte est depuis le protocole de Kyoto en 1997<sup>(2)</sup> la quantité d'émissions d'équivalent CO<sub>2</sub>.

En considérant également le pilier social, on parle de management de la *supply chain* durable. Le management de la *supply chain* durable est le management des flux de matériaux, d'information et financiers ainsi que de la coopération entre les entreprises le long de la *supply chain* tout en prenant en compte les trois dimensions du développement durable, à savoir économique, sociale et environnementale, répondant aux exigences des parties prenantes (Jaegler, 2016). Ces parties prenantes sont les salariés mais aussi les actionnaires, les consommateurs, les populations locales, etc. Les recherches sont encore en devenir mais ont commencé dans les années 2000 avec notamment le pacte mondial des Nations Unies<sup>(3)</sup>.

## Pourquoi une *supply chain* durable ?

Si l'on se réfère aux piliers durables – économique, environnemental et social –, ils sont tous trois indispensables et indissociables mais parfois antinomiques. Il est facile de comprendre que le pilier économique est fondamental. Les entreprises composant une *supply chain* doivent être pérennes

---

(1) <https://www.wwf.fr/jourdudepassement>

(2) <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>

(3) <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/diplomatie-economique-et-commerce-exterieur/peser-sur-le-cadre-de-regulation-europeen-et-international-dans-le-sens-de-nos/l-engagement-de-la-france-pour-la-responsabilite-sociale-des-entreprises/les-referentiels-internationaux-et-la-participation-de-la-france-a-leur/article/le-pacte-mondial-des-nations-unies-global-compact-initiation-au-reporting-extra>

et donc rentables. Quant au pilier environnemental, il peut être considéré à travers deux prismes. Le premier est l'impact de la *supply chain* sur l'environnement, qu'il soit dû au transport, à la production ou encore à l'utilisation du produit fabriqué. La pollution ou les pollutions engendrées doivent être maîtrisées ou mieux maîtrisées. L'empreinte carbone est particulièrement observée car l'indicateur CO<sub>2e</sub><sup>(4)</sup> est devenu une référence mondiale. Le second est la consommation de ressources due aux activités de la *supply chain*, qu'elles soient renouvelables ou non renouvelables. On peut citer ici l'empreinte eau. En effet, l'eau est un autre enjeu environnemental crucial. Certains pays comme l'Afrique du Sud sont déjà confrontés à de fortes pénuries. Le pilier social est synonyme de *supply chain* responsable pour un développement mieux partagé. Les avantages sont nombreux en matière d'image, de respect des normes, pour attirer les talents. Ce développement est centré sur l'Homme. Enfin, une *supply chain* durable permet également de limiter les risques. On peut citer les risques de la *supply chain* amont tels ceux liés aux fournisseurs, mais également les risques internes comme les risques psychosociaux, ou encore les risques de la *supply chain* aval tels des rappels de produits. Ces risques ont des conséquences sur l'image de l'entreprise perçue par ses clients mais aussi par ses futurs employés<sup>(5)</sup>.

## **Comment mettre en place une *supply chain* durable ?**

### **La *supply chain* amont**

La *supply chain* amont intègre les fournisseurs et les matières premières du produit. Le choix des fournisseurs est crucial. Il a des impacts environnementaux (localisation, mode de fabrication) mais aussi sociaux (conditions de travail, ancrage local) et enfin économiques. Il existe un label d'État « relations fournisseurs durables », ainsi qu'une norme ISO 20400 (achats durables<sup>(6)</sup>). Les principes majeurs sont une collaboration sur le long terme qui renforce et sécurise les liens entre l'entreprise et son fournisseur, des échanges notamment de bonnes pratiques, et une valorisation des achats durables. Des indicateurs sont proposés par l'Observatoire des achats responsables (Obsar) pour évaluer la durabilité des achats tels la signature d'une charte, le montant des achats au secteur de l'insertion par activité économique, le pourcentage de cahiers des charges intégrant des critères RSE (responsabilité sociétale des entreprises).

Le choix et l'utilisation des matières premières sont à repenser en changeant de modèle économique et en appliquant le modèle d'économie circulaire. Celle-ci s'inspire des écosystèmes naturels en créant des boucles vertueuses. L'idée est d'éviter tout déchet et de réutiliser les matières premières des produits en fin de vie pour d'autres usages, d'où l'image de boucles. Dans ce cadre, la mise en place d'une écoconception est indispensable pour maîtriser les matières premières utilisées ainsi que les modes de fabrication et la fin de vie des produits. Il s'agit de « l'intégration systématique des aspects environnementaux dès la conception et le développement de produits (biens et services, systèmes) avec pour objectif la réduction des impacts environnementaux négatifs tout au long de leur cycle de vie à service rendu équivalent ou supérieur. Cette approche dès l'amont d'un processus de conception vise à trouver le meilleur équilibre entre les exigences environnementales, sociales, techniques et économiques dans la conception et le développement de produits » (Norme NF 30-264 Management environnemental). De nombreuses normes existent comme l'ISO 14062 (éco-conception), ISO 13427 à 13432 (emballage), ISO 14040 à 14049 (évaluation du cycle de vie).

(4) Pour « équivalent CO<sub>2</sub> ».

(5) <https://pour-un-reveil-ecologique.fr/index.php>

(6) <https://www.iso.org/fr/news/2016/08/Ref2105.html>

## **La *supply chain* interne**

La *supply chain* interne quant à elle est composée de toutes les activités de l'entreprise concernée. On peut penser aux bâtiments éco-conçus tant pour leurs consommations que pour le bien-être des salariés. Les modes de fabrication doivent réduire les déchets, la consommation d'eau et celle d'énergie. De nombreux outils ont été développés pour analyser les processus de la *supply chain* durable. Le Supply Chain Council, après avoir créé le modèle SCOR en 1996, l'a enrichi en intégrant la dimension environnementale dans le GreenSCOR. Sa conception est fondée sur le cycle de vie du produit. Il propose de nombreux indicateurs et des bonnes pratiques. D'autres outils existent comme le référentiel ASLOG, EVALOG, Supply Chain masters mais également le nouveau référentiel RSE logistique du ministère de la Transition écologique et solidaire.

Le management durable concerne aussi le management des salariés de l'entreprise. À un *business as usual*, le management durable ajoute un *business as unusual* en intégrant la notion de partage avec les parties prenantes, d'image – réputation, confiance, fidélité –, de vision – valeurs, missions – (Jaegler et Roques 2017). Dans une société où la quête de sens prend de l'essor, il est aussi essentiel de donner du sens au travail, tant dans l'opérationnel que dans le stratégique. Il faut développer le sentiment d'appartenance *via* une culture d'entreprise spécifique, par exemple. Chacun doit trouver sa place pour répondre ensemble à un objectif commun clairement défini. De nouvelles formes de management se mettent en place telle l'« entreprise libérée ». L'idée générale consiste à donner plus de responsabilités et d'autonomie aux salariés avec le postulat sous-jacent que la personne qui fait est la plus à même de décider.

## **La *supply chain* aval**

Les nuisances dues au transport sont nombreuses : pollution atmosphérique avec les émissions de gaz à effet de serre, pollution sonore, congestion et accidents pour les transports routiers, etc. Autant l'entreprise peut avoir la possibilité de choisir un fournisseur local, autant les clients sont mondiaux. Il va donc falloir penser long transport mais également logistique du dernier kilomètre. Ce dernier kilomètre correspond au dernier maillon qui ne peut pas être massifié dans les centres-villes. Pour cette logistique urbaine, des solutions alternatives de transports existent comme le vélo-cargo, le transport fluvial pour les villes traversées par un cours d'eau, les véhicules électriques ou fonctionnant au bio-méthane, les drones, les robots roulants autonomes... De nouveaux modèles de distribution se mettent également en place tels les circuits courts, le *click and collect*, le *pickup*, etc.

Une fois le produit livré et utilisé, sa fin de vie est un élément important du management de la *supply chain* durable. La logistique inverse correspond à l'ensemble des flux de l'aval vers l'amont. Elle est plus complexe que la logistique directe. Les retours sont erratiques en matière de quantité, de localisation, d'état, etc. Les enjeux de la logistique inverse sont divers : réglementaires – déchets électroniques par exemple –, liés à la satisfaction client – maintenance, garantie –, valorisation – marché de seconde main, recyclage. La logistique inverse est soit fermée – interne à l'entreprise –, soit ouverte – partagée entre différents acteurs.

## **Quel futur pour le management de la *supply chain* durable ?**

Les technologies et les attentes des clients évoluent très vite. Nous savons que de nombreux métiers n'existeront plus et que d'autres apparaîtront dans des délais très courts. On peut citer l'exemple du métier de rudologue, le spécialiste des déchets.

L'intelligence artificielle, les robots, la *blockchain*, la digitalisation posent question quant à la place de l'Homme dans la *supply chain* du futur. Il faut donc former en continu les salariés, pour leur employabilité mais également pour l'avenir de l'entreprise. Mais se pose également la question

de l'impact de ces technologies sur l'environnement dans la *supply chain* du futur. L'accélération des nouvelles technologies entraîne une consommation croissante d'énergie alors que l'éveil écologique des clients grandit.

## **Bibliographie**

JAEGLER A. & ROQUES T. (2017), *Construire avec succès une supply chain durable*, Paris, Ellipses, « Kit pratique ».

JAEGLER A. (2016), *Management de la supply chain durable*, Paris, Techniques de l'ingénieur.

# Logistique et plateformes numériques : vers un Internet physique des marchandises

Par **Henri ISAAC**  
PSL Université Paris Dauphine  
Dauphine Recherches en Management (DRM)

## Introduction

La mise en réseaux des individus et des marchandises a donné naissance à la fin des années 1990 à une nouvelle forme de commerce : le commerce électronique. Cette transformation du commerce a entraîné une modification des flux d'informations et de marchandises étendant les chaînes logistiques d'approvisionnement jusqu'au client final dans des espaces urbains qui n'ont été ni pensés, ni encore moins organisés, pour les accueillir. Dès lors, l'accroissement des flux liés contribue à dégrader l'espace urbain en augmentant la congestion du trafic, la pollution et les émissions de gaz à effet de serre. Cette organisation logistique apparaît peu soutenable et appelle à une refondation de la logistique des marchandises. Dans cette perspective, l'idée d'organiser les flux de marchandises en s'inspirant de la commutation par paquets sur le réseau Internet offre une perspective nouvelle apte à gérer de tels défis économiques et environnementaux et à garantir une soutenabilité de cette nouvelle forme de commerce. Dans une telle approche, les plateformes logistiques deviendraient des *hubs* intelligents capables de traiter des flux de marchandises indépendants de leurs expéditeurs et de leurs destinataires, pour devenir un maillon d'un Internet physique, seul capable de mutualiser des flux physiques optimisés.

## Le commerce connecté réorganise les flux de marchandises

Le développement du commerce électronique a conduit les entreprises de distribution, issues du monde numérique et de la distribution historique, à livrer le client final directement sur son lieu d'habitation ou de travail. Cette nouvelle forme de commerce modifie profondément les organisations logistiques de la distribution en imposant au distributeur, en plus de la mise à disposition des produits, un service de logistique jusqu'au point de consommation et non au seul point de vente. Cette extension de la chaîne logistique est souvent décrite par la problématique du « dernier kilomètre ». Historiquement, la distribution moderne s'est éloignée des centres urbains pour abaisser ses coûts fonciers et obtenir des surfaces commerciales plus importantes, imposant le support du coût du dernier kilomètre au consommateur en contrepartie d'un accès à des prix plus bas. Notons que ce coût n'est pas uniquement financier mais bien un coût d'opportunité souvent mesuré en unité de temps. Le e-commerce, en introduisant le service de la livraison à domicile (LAD), inverse la charge du dernier kilomètre qui incombe désormais aux distributeurs. Outre la question de la prise en charge du coût de cette livraison, l'organisation logistique du dernier kilomètre s'avère différente de celle du point de vente par le fait qu'elle consiste à livrer de nombreuses commandes, constituées majoritairement d'un seul produit, sur de nombreux points de livraison, à l'inverse de la livraison d'un point de vente qui consiste en des livraisons groupées sur un nombre restreint de points de vente. L'optimisation des tournées de livraison constitue dès lors un enjeu économique central pour limiter les coûts par unité livrée.

Par ailleurs, la présence incertaine du client lors de la livraison amène à des taux de mise en instance des colis souvent importants, augmentant d'autant les coûts de livraison. Dès lors, la livraison dans un réseau de points de retrait des colis s'avère une solution à ce problème, tout comme la livraison dans des consignes automatiques.

Dans cette perspective, l'organisation logistique devient un enjeu stratégique dans le commerce électronique car elle conditionne tant la satisfaction client que la rentabilité de l'activité. Elle devient même un avantage compétitif par la capacité à livrer le client final le plus rapidement possible. Une intense compétition s'est ainsi développée sur cette dimension temporelle entre les acteurs historiques de la distribution et les nouveaux acteurs. En effet, les distributeurs historiques ont adapté leur logistique du point de vente à la nouvelle donne en proposant le retrait des commandes en magasin ainsi que le retour des produits commandés en ligne. *De facto*, le point de vente devient l'entrepôt logistique du dernier kilomètre. En outre, l'utilisation du magasin comme point de distribution d'une offre en ligne réduit considérablement l'enjeu de disponibilité immédiate du produit redonnant aux acteurs historiques un avantage relatif par rapport aux nouveaux acteurs. Mais ceux-ci ont considérablement amélioré leur logistique afin de livrer le jour même, voire dans un créneau d'une à deux heures pour un assortiment croissant de produits.

Dès lors, la logistique du dernier kilomètre constitue la dimension principale sur laquelle s'exerce la concurrence. Dans cette perspective, des plateformes logistiques de proximité sont donc nécessaires pour servir rapidement les centres urbains. Une telle stratégie requiert des investissements conséquents et une modification de leur approche du sujet. En témoigne l'acquisition sous licence des technologies d'entrepôt et de préparation de commandes du *pure player* anglais Ocado par des distributeurs historiques français afin de rivaliser avec les grands sites de e-commerce. En effet, Ocado a bâti en Grande-Bretagne, depuis plusieurs années, une infrastructure automatisée pour livrer les courses alimentaires en ligne rivalisant pleinement avec celle d'Amazon.

Par ailleurs, loin de se limiter aux seules marchandises, la logistique du dernier kilomètre s'étend à d'autres secteurs comme la restauration, avec la livraison de repas à domicile et l'apparition d'acteurs spécialisés de taille mondiale (UberEats, JustEat, Deliveroo). Plus encore, le numérique a permis de rendre possible la distribution de produits alimentaires en circuits courts dans les zones urbaines denses en agrégeant la demande locale pour des produits alimentaires et en organisant leur échange, comme le cas de *La Ruche qui dit Oui !* le démontre<sup>(1)</sup>.

## **Les externalités négatives de cette nouvelle donne logistique**

Cette concurrence féroce pour le contrôle des marchés urbains, fondée sur la maîtrise de la logistique du dernier kilomètre, n'est pas sans conséquences sur les espaces dans lesquels elle se déploie.

Si les premiers travaux consacrés aux effets du e-commerce sur le trafic routier semblaient d'abord démontrer une baisse de ce trafic, il est désormais acquis que cela n'est pas le cas, du fait d'hypothèses peu réalistes quant au taux de remplissage des camions de livraison, très rarement pleins et circulant souvent à vide. Par ailleurs, les flux liés à la logistique de retour des produits par les clients insatisfaits ont longtemps été ignorés dans les modèles alors même que ces flux sont significatifs pour certaines catégories de produits comme le prêt-à-porter<sup>(2)</sup> et contribuent donc à accroître les flux routiers et la congestion du trafic. Par ailleurs, ces flux sont responsables

(1) APUR (2018), « Alimentation durable à Paris : les circuits courts », 44 pages.

(2) Aux États-Unis, en 2016, selon la National Retail Federation, 8 % des commandes en ligne sont retournées. Ce taux s'élève en moyenne à 20 % sur le prêt-à-porter en France. En 2015, 25 % des Français déclarent avoir retourné un produit commandé en ligne (41 % en Allemagne).



de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et dégradent donc les conditions environnementales des zones urbaines. Le passage à des véhicules de livraison électriques ne résoudrait qu'une partie des externalités négatives (les émissions de gaz à effet de serre).

La congestion urbaine est encore aggravée par d'autres flux liés à d'autres plateformes numériques, celles des VTC. Plusieurs études montrent que la circulation permanente des chauffeurs, loin de réduire le trafic, l'augmente et participe de sa congestion<sup>(3)</sup>. Ainsi, entre 2010 et 2016, Uber et Lyft seraient responsables de 60 % de l'augmentation de la congestion de San Francisco. Les villes concernées tentent de s'emparer du sujet et d'organiser les flux de marchandises afin d'en limiter l'impact environnemental et sociétal. Afin de contrôler et d'organiser de façon plus efficiente les flux de marchandises, les villes déploient donc des centres de distribution urbaine (CDU) sur lesquels sont rassemblées les marchandises avant d'être distribuées dans la ville avec des tournées mutualisées, limitant ainsi le nombre de véhicules entrant et circulant dans la ville.

Les CDU sont des plateformes de groupage-dégroupage, situées en général à quelques kilomètres du centre-ville, dont le but premier est la gestion des flux à destination des zones denses. Les CDU peuvent être complétés par des espaces logistiques de proximité (ELP). Ces espaces se présentent sous la forme de microplateformes logistiques qui combinent une partie de la voirie aménagée et une structure d'accompagnement où s'insèrent plusieurs services annexes, notamment la sous-traitance des derniers mètres à un système de livraison à faible impact environnemental. Les ELP peuvent, même s'ils ne sont pas tenus de le faire, modifier les schémas logistiques des acteurs concernés par ces zones pour mieux livrer la zone dense d'une ville. Les consignes (ou Boîtes logistiques urbaines, BLU) sont implantées au niveau d'une rue ou un bâtiment. Ces structures de stockage temporaire de la marchandise optimisent les passages des tournées de livraison.

Dès lors, les plateformes logistiques urbaines devraient se développer afin d'optimiser les flux de circulation dans la ville. Cependant, cette mutualisation apparaît encore insuffisante et trop complexe sur le plan financier (Gonzalez-Feliu, 2013) pour limiter l'ensemble des flux de marchandises liés au commerce connecté. Force est de constater que peu de villes développent une telle approche.

C'est donc une approche radicalement différente qui est désormais nécessaire afin de repenser l'ensemble des flux de marchandises. À cet égard, l'Internet et ses protocoles de routage du trafic constituent une puissante source d'inspiration pour repenser les flux de marchandises.

## **Un Internet physique des marchandises pour rendre soutenable la logistique du commerce électronique**

Les inefficiences –nombreuses– de la logistique des marchandises amènent un nombre croissant d'acteurs à vouloir repenser globalement les chaînes logistiques en s'appuyant sur les concepts et protocoles que l'Internet a déployés sur une multitude d'équipements et de réseaux hétérogènes. Pour les tenants d'une telle approche, la logistique doit effectuer le même changement de paradigme que le monde des télécommunications lors du basculement de la commutation par circuits à la commutation par paquets. Une telle transformation remédierait aux problèmes de congestion des villes liés aux livraisons du commerce connecté et à leurs conséquences négatives (pollution, bruit), en mutualisant l'ensemble des marchandises dans un réseau interopérable de *hubs* logistiques fonctionnant sur le principe du protocole Internet.

---

(3) ERHARDT et al. (2019), "Do transportation network companies decrease or increase congestion?", *Science Advances*, Vol. 5, May, pp. 1-11 ; Schaller Consulting (2018), "The New Automobility: Lyft, Uber and the Future of American Cities", July.

Dès sa conception, le protocole Internet (IP) s'est déployé sur de très nombreux réseaux hétérogènes grâce à l'encapsulation des contenus transportés. Il pourrait en être de même avec les marchandises qui ne seraient pas directement prises en charge : ce sont des containers qui sont gérés par l'Internet physique, c'est-à-dire des containers standardisés traités par les différents *hubs* logistiques, de la même manière que l'est un courrier électronique par un routeur (seul l'en-tête est lu afin de router le message vers son destinataire).

Dans cette perspective, la standardisation de ces messages logistiques est une condition préalable à une telle organisation logistique. GS1 a d'ores et déjà proposé un standard permettant une mutualisation des informations de traçabilité (EPCIS<sup>(4)</sup>). Celle-ci doit également reposer sur une standardisation de plusieurs formats de containers, comme cela a été le cas avec les actuels containers et les palettes en Europe. Les containers dérivés d'un même standard sont équipés d'une puce RFID qui permet de les gérer tout au long de la chaîne logistique.

Les plateformes logistiques, véritables routeurs des marchandises, dispatchent les marchandises en fonction de leur destination finale et visent à optimiser le remplissage des camions afin d'en limiter le nombre et donc de réduire le trafic lié aux marchandises. La gestion d'une telle organisation logistique nécessiterait une chambre de compensation des flux, fonctionnant peu ou prou sur des règles de *peering* entre opérateurs de réseau Internet afin de rémunérer les différents acteurs logistiques.

Sur la base d'une telle conception des flux logistiques, la mutualisation de différents réseaux logistiques et de différents points de livraison (casiers, consignes) permettrait une optimisation du nombre de véhicules et de tournées dans les centres-villes, réduisant d'autant le trafic et les émissions de gaz à effet de serre. En France, un premier déploiement d'une telle organisation logistique a fait la preuve de son efficacité en abaissant les émissions de CO<sub>2</sub> de 10 %, en augmentant le coefficient de remplissage de 15 % et en diminuant le coût de transport de 7 %<sup>(5)</sup>. Alors que les enjeux climatiques ne font que s'accroître, il devient urgent que les politiques publiques accompagnent et facilitent le déploiement de telles solutions, notamment dans les métropoles, afin que le commerce connecté ne sature plus le trafic de ces villes. La solution réside dans une reconception de la gestion des flux s'inspirant de la logique même qui sous-tend ces services, l'Internet.

## **Références**

GONZALEZ-FELIU J. *et al.* (2013), « Développement des espaces logistiques urbains. CDU et ELP dans l'Europe du Sud-Ouest ».

HÜBNER A., KUHN H. & WOLLENBURG J. (2016), "Last mile fulfilment and distribution in omni-channel grocery retailing: A strategic planning framework", *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 44, n°3, pp. 228-247.

ISAAC H. (2017), *E-commerce. Vers le commerce connecté*, Pearson, 460 pages.

LIM S., JIN X. & SRAI J. (2016), *Last-mile logistics structures: a literature review and design guideline*, Institute for Manufacturing, Cambridge University.

MANGIARACINA R. *et al.* (2015), "A review of the environmental implications of B2C e-commerce: a logistics perspective", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 45 Issue: 6, pp. 565-591. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-06-2014-0133>

(4) <https://www.gs1.org/standards/epcis>

(5) <https://www.youtube.com/watch?v=nsu6S8KB2OA>

MONTREUIL B (2011), “Towards a Physical Internet: Meeting the Global Logistics Sustainability Grand Challenge”, CIRRELT-2011-03.

MORIN L. *et al.* (2016), « Étude de projet pour un centre de distribution urbaine (CDU) au centre de Paris », Rapport ADEME, 84 pages.

PUNAKIVI M. (2003), “Comparing alternative home delivery models for e-grocery business”. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/2092>

SCHÖDER D., DING F. & CAMPOS J.K. (2016), “The Impact of E-commerce Development on Urban Logistics Sustainability”, *Open Journal of Social Sciences*, 4, pp. 1-6. <http://dx.doi.org/10.4236/jss.2016.43001>

SPIJKERMAN R. (2016), “Fashion consumer behaviour impact on the model of last mile urban area emissions”, *Transportation Research Procedia*, 12, pp. 718-727

THIRUMALAI S. & SINHA K.K. (2005), “Customer satisfaction with order fulfillment in retail supply chains: Implications of product type in electronic B2C transactions” , *Journal of Operations Management*, vol. 23, n° 3-4, pp. 291-303.

# Le MaaS : une nouvelle approche de la mobilité

Par Marie-Claude DUPUIS  
RATP

Qui n'a jamais rêvé de vivre dans une ville moins polluée, moins bruyante, sans embouteillages, avec une offre de mobilité permettant de se déplacer facilement et en quelques clics d'un point A à un point B selon ses envies et selon la météo ? La réponse à ce besoin protéiforme est en train d'émerger grâce au « MaaS » (*Mobility As A Service*).

Rendu possible par la multiplication des nouvelles mobilités et par l'avènement des plateformes digitales, le MaaS est une évolution majeure des offres de services du secteur de la mobilité et la promesse d'une mobilité « holistique », avec l'inclusion de nombreux services tiers.

Concrètement, le voyageur dispose d'un service de mobilité plus simple, avec une prise en charge des différentes phases de son parcours (planification du trajet, achat de ticket si possible unique, accès aux différents modes de transport, suivi en temps réel des imprévus et propositions de solutions alternatives) grâce à une plateforme unique, qui lui fournit donc un service de mobilité intégré et fluide. Un service tellement fiable et pratique qu'il a convaincu le voyageur de renoncer à se déplacer seul dans sa voiture personnelle.

## Le MaaS : une nouvelle approche de la mobilité

Le MaaS est une tendance sociétale de fond, qui représente un bouleversement du marché traditionnel des transports et surtout un enjeu formidable, tant pour les villes désireuses de mettre en place une offre de transport plus attractive et plus verte pour leurs habitants, que pour les opérateurs de transport public, qui vont pouvoir élargir leur offre avec des solutions tierces de rabattement ou de substitution. En Europe, les premiers services et différentes expérimentations s'avèrent déjà très convaincants et confirment le potentiel associé aux nouvelles offres de nouvelles mobilités. À Göteborg, la startup UbiGo a été la première à permettre au voyageur d'organiser, de réserver et de payer ses voyages urbains multimodaux (transports en commun, vélos/scooters en libre-service, covoiturage, services de mobilité pour personnes âgées, navettes autonomes). Selon l'analyse du cabinet Ramboll en partenariat avec MaaS Global, à Helsinki, 50 % des utilisateurs de l'appli Whim déclarent avoir réduit l'usage de leur voiture individuelle et la pratique du covoiturage a bondi en moyenne de 200 %. L'étude de Ramboll permet également de mettre en lumière la contribution du MaaS à l'environnement avec notamment 20 tonnes de CO<sub>2</sub> économisées. À Vienne, grâce à l'appli de MaaS *Wien Mobil*, 47 % des voyageurs ont essayé de nouveaux modes tandis que 21 % ont réduit l'usage de leur voiture individuelle. Le marché français s'est lui aussi emparé du MaaS. Outre le premier service offert par le groupe RATP à Annemasse, à Mulhouse, par exemple, la solution de compte de mobilité mise en place par TransDev a été lancée auprès de 900 personnes. Elle enregistre les déplacements du voyageur et permet de facturer précisément la consommation de mobilité mensuelle. Quant au système de billettique, il diffère en fonction des solutions : QR code pour le transport public, carte pour le parking, à laquelle on ajoute un code Pin pour déverrouiller le vélo en libre-service, application pour la voiture, et tout simplement nom et prénom pour le prêt de vélo.



Avec une offre de services tout au long du trajet, le MaaS devrait profondément révolutionner l'expérience client.  
©RATP - Jean François MAUBOUSSIN

Parallèlement à ces premières expériences prometteuses mais qui restent pour l'instant réduites à un statut de *Proof Of Concept* (de par le nombre d'utilisateurs, le modèle technologique ou le modèle économique), le marché des mobilités partagées devrait lui aussi connaître une forte croissance dans les deux prochaines décennies : selon une étude d'O. Wyman (2018), la part des dépenses des nouvelles mobilités et des services MaaS pour le transport de passagers passerait de 4 % en 2015 à 20 % en 2040, au détriment du marché des véhicules individuels dont les dépenses passeraient de 74 % en 2015 à 55 % en 2040.

Enfin, depuis quelques mois, l'État français incite clairement les acteurs du marché à collaborer sur le MaaS, tant sur le plan de la législation (Loi d'Orientation des Mobilités) que sur le financement (appel à projets de l'ADEME sur le MaaS).

Autant de signaux forts qui viennent conforter les choix stratégiques qu'a faits le groupe RATP depuis quelques années pour diversifier son portefeuille de solutions de mobilité et créer de nouvelles opportunités business pour le groupe grâce au développement de plateformes digitales.

## **Conjuguer développement des nouvelles mobilités et plateforme digitale d'intégration multimodale**

Afin de prendre part à l'émergence des nouveaux modèles d'affaires et des technologies des nouvelles mobilités, a en effet été créé en février 2017 RATP Capital Innovation, un fonds d'investissement dédié aux PME, TPE et start-up. En tant qu'investisseur industriel, RATP Capital Innovation se positionne en véritable *business partner* pour accompagner ses sociétés en portefeuille dans leur développement en mobilisant les savoir-faire des métiers du groupe. Nouvelles formes de mobilité (intelligente, partagée, connectée...), services urbains innovants, automatisation et robotisation des véhicules notamment, services et produits innovants pour la ville durable, innovations technologiques et digitales en lien avec la « Smart City » : les investissements de RATP

Capital Innovation s'inscrivent dans une stratégie de long terme avec une prise de participation minoritaire dans les sociétés en portefeuille. Après deux années d'existence, la jeune filiale totalise déjà cinq participations : Communauto (service d'auto-partage), Cityscoot (scooters électriques en libre-service), Klaxit (plateforme communautaire de covoiturage), CityZen Mobility (réseau de chauffeurs compagnons privé pour les personnes fragilisées) et Zen Park (parkings partagés connectés).

Et pour permettre à cette offre multimodale de donner son plein effet pour le voyageur, le groupe RATP a aussi fait le choix d'investir le champ des plateformes digitales. En janvier 2019, une première expérimentation a vu le jour à Annemasse en Haute-Savoie. Développée par RATP Dev, la start-up Instant System et RATP Smart Systems (filiale du groupe RATP spécialisée dans la billetterie et les systèmes de mobilité intelligente), l'application TAC Mobilités regroupe l'information théorique et en temps réel des transports publics de l'agglomération d'Annemasse (réseau TAC, autopartage et SNCF) et de Genève (réseau transports publics genevois TPG, réseau CFF) pour offrir un service multimodal. Cette version est une porte d'entrée unique qui comprend également l'E-ticket qui permet au voyageur de s'informer, d'acheter et de valider son titre de transport dans une seule et même application. D'ici septembre 2019, une seconde expérimentation MaaS, réalisée avec et pour Île-de-France Mobilités, sera proposée à deux mille Parisiens. D'autres expérimentations de MaaS seront également menées à Brest et à Angers, dans le cadre de marchés que RATP Dev vient de remporter.

Mais derrière cette réponse somme toute assez simple vue du voyageur, se cachent des défis XXL.

## **L'enjeu de l'interopérabilité**

Le MaaS pose bien sûr un premier défi d'ordre technologique. Autorités organisatrices, villes, opérateurs de transport publics et privés, fournisseurs et intégrateurs technologiques, opérateurs de mobilité (vélos, trottinettes, VTCs, autopartage, covoiturage, TAD...), constructeurs automobiles mais aussi opérateurs d'application de transport comme Citymapper, Google Maps et Uber, tous se positionnent aujourd'hui sur des offres MaaS avec des niveaux de maturité très différents, notamment sur le plan technologique. Certaines start-up n'ont pas les moyens de financer l'accès à leurs services de vente de nouvelles mobilités. L'enjeu est donc d'aller vers une uniformisation des standards d'APIs afin de faciliter l'intégration des différents services de mobilité sur les plateformes et de favoriser l'interopérabilité entre elles, en vue de construire un parcours voyageurs fluide, au moindre coût.

## **La recherche d'un modèle économique équitable**

Second défi : trouver le modèle économique permettant de générer de la valeur et un équilibre entre tous les acteurs. Développer et mettre à la disposition des voyageurs de façon fluide les nouveaux services liés à la mobilité nécessite en effet de travailler en écosystème. Et qui dit travail en écosystème dit bouleversement de la chaîne de valeur. À l'image de ce qui s'est produit dans l'hôtellerie, ce modèle peut aboutir à des déséquilibres économiques importants entre les producteurs de solutions et les distributeurs, alors même que la mobilité est un enjeu crucial pour le développement économique et l'inclusion sociale. Alors, comment s'assurer que la valeur créée par la distribution des solutions de mobilité bénéficie à tous les acteurs de la chaîne de valeur, y compris aux start-up françaises et européennes et aux acteurs publics chargés de financer les infrastructures, et ne soit pas intégralement captée par de nouveaux entrants fortement capitalisés du numérique, souvent extra-européens ?

Quatre modèles économiques semblent aujourd'hui se dégager :

- Le modèle dit de « *referencing* » : la plateforme MaaS traite une recherche d'itinéraire intégrée et met à disposition un lien vers l'application des opérateurs de mobilité et AOMs pour l'achat et la facturation. Elle se rémunère alors par une commission au volume de renvois et/ou de convention des renvois en vente.
- Le modèle dit de « *marketplace* » : la plateforme MaaS contractualise la distribution des tickets avec les opérateurs et les autorités organisatrices de mobilité. Cette plateforme vend aux voyageurs avec une majoration sur le prix contractualisé et reverse les recettes *a posteriori* aux opérateurs et aux AOMs.
- Le modèle dit « *wholesale* » : la plate-forme MaaS achète des titres en gros aux opérateurs et AOMs et trouve sa rémunération dans la vente aux voyageurs des packages ou forfaits combinant les offres des différents opérateurs de mobilité.
- Enfin, le modèle dit « *MLS – Multi Listing Services* » qui prévoit une distribution directe par les opérateurs de mobilité et AOMs de leurs offres respectives aux voyageurs (avec un reversement des recettes aux uns et aux autres, basé sur une chambre de compensation).

Le modèle dit de « *wholesale* » est celui qui présente le plus gros risque d'apparition d'une plateforme de distribution prédominante qui pourrait créer un fort déséquilibre dans la chaîne de la valeur car, en plus de capter la relation client, elle pourrait déterminer les prix de vente aux voyageurs et faire pression sur le prix d'achat chez les producteurs de solutions de mobilité.

En lien étroit avec le modèle économique, l'ouverture des données est évidemment un enjeu majeur. En s'engageant dès 2012 dans l'*open data* avec la mise à disposition des données statiques, puis en ouvrant ses données temps réel en 2017, la RATP a été un acteur pionnier de l'ouverture des données dans le transport public. Aujourd'hui, cette ouverture n'en porte que le nom. Partielle, elle concerne un nombre réduit d'acteurs, principalement des entreprises publiques de transports. Sans la coopération de tous, sans l'implication de toutes les parties prenantes, l'ouverture des données restera lacunaire. Les entreprises privées de la mobilité et celles du numérique doivent embrasser pleinement et clairement les possibilités offertes par le partage et l'échange des données, notamment pour le développement du MaaS. Pour que tout le monde bénéficie des fruits des nouveaux services, nous devons aller vers une ouverture des données réciproque, impartiale et équitable.

Trois types de données doivent donc être distingués : les données relatives à l'offre de mobilité, ouvertes à tous (conformément à la directive européenne MMITS), avec une participation aux frais de mise à disposition ; les données des opérations de mobilité, tant statiques que dynamiques (en temps réel), pour lesquelles le groupe RATP souhaite une ouverture dans le cadre d'un contrat de partenariat (aujourd'hui réglementée dans le cadre de la loi pour une République numérique, ou loi « Lemaire » et par la directive européenne PSI), les données relatives à des informations personnelles nécessitant un haut degré de protection (règlement délégué européen RGPD). Seul un modèle gagnant-gagnant sur le partage de la donnée entre acteurs publics et acteurs privés permettra d'offrir des services innovants aux voyageurs et un transport public de qualité. C'est l'un des enjeux de la Loi d'Orientation des Mobilités.

## **Interconnexion physique des modes au sein des territoires**

Troisième défi du MaaS : la prise en compte du territoire dans sa dimension physique. Le MaaS exige en effet que l'intermodalité entre les moyens de mobilité soit reproduite dans son exploitation physique. Cela constitue un réel défi puisque le territoire utilisé n'est pas extensible à la vitesse du

digital, ni dans l'infini qu'il suppose. De nouveaux *hubs* urbains sont notamment nécessaires pour permettre une navigation fluide et fiable d'un mode à l'autre avec des espaces plus lisibles, plus repérables, plus simples en usage pour répondre aux attentes des voyageurs habituels et surtout des occasionnels pour qui des ruptures de charge difficiles sont de véritables freins au choix du transport public. Cette vision mixte transports-urbanisme-services nécessite l'émergence de nouvelles formes de gouvernance des lieux. Lumières Pleyel, l'un des projets emblématiques du Grand Paris porté par un groupement d'acteurs, dont la RATP, incarne parfaitement ces nouvelles dimensions. Situé à Saint-Denis, de part et d'autre de la future gare Pleyel, Lumières Pleyel constituera à l'horizon 2024 un énorme *hub* concentrant quatre lignes de métro du Grand Paris Express, la ligne 13 du métro parisien et deux lignes du réseau Transilien, avec 250 000 voyageurs en transit par jour. Les divers moyens de transport (zones de covoiturage, vélos, auto-partage, ateliers de réparations...) seront ainsi regroupés dans une « centrale de mobilité », installée au plus près du métro.

Mais qui dit interconnexion des modes dit aussi meilleur partage et nouvelle régulation de la voirie. Le 23 mai dernier, le groupe RATP a signé un partenariat de recherche avec le MIT sur le *Curb*, cette partie de la voirie située à mi-chemin du trottoir et de la chaussée. Objectif de cette étude ? Explorer cet espace urbain multifonctionnel, occupé à la fois par des personnes physiques (piétons, cyclistes) et par des infrastructures (bancs publics, lampadaires, poubelles, arrêts de stop, etc.), afin d'en améliorer les usages et de trouver les solutions de design les plus adaptées. En effet, cette partie de l'espace urbain que constituent les bordures de trottoirs est stratégique pour les bus de la RATP car il s'agit d'une infrastructure multifonctionnelle très sollicitée et très impactée par les nouvelles mobilités.

### Vers une City as a Service...

Technologie, modèle économique, interconnexion physique des modes : au-delà de ces trois défis majeurs, le MaaS ouvre des champs d'investigation multiples. L'intégration de la *blockchain* permettrait par exemple une sécurisation des échanges sur des plateformes de mise en relation directe entre conducteurs et passagers pour disposer d'une nouvelle manière de consommer et de partager librement la mobilité. La *smart data* permettrait quant à elle à la fois d'adresser aux voyageurs des offres innovantes et des services personnalisés tout au long de leur parcours et de démontrer les impacts d'une offre MaaS sur la régulation des flux de mobilité sur un territoire donné et sur le changement de comportement des voyageurs en termes de mobilité, valorisable auprès des AOMs. En faisant le lien entre *smart data* et maillage du réseau de transports, la mobilité « *on-demand* » offrirait un réseau de mobilité, calée sur la demande des voyageurs et leurs besoins en mobilité. Enfin, nous pourrions imaginer que des infrastructures connectées avec des capteurs déclenchent la réservation du prochain mode sur le trajet d'un voyageur.

Ce sont autant d'opportunités très enthousiasmantes pour le futur du groupe RATP, qui entrera sur le marché de la concurrence en 2024 en Île-de-France, dans un environnement global en pleine évolution. Une opportunité pour concilier les besoins des voyageurs et des villes avec la mission d'intérêt général et le nécessaire développement de pistes de croissance pour notre groupe. Mais aussi une opportunité pour ancrer le groupe RATP comme un partenaire privilégié des villes intelligentes et durables, véritables *Cities as a Service*.



# Covoiturage du quotidien : des enjeux technologiques et sociétaux

Par **Frédérique VILLE**

Directrice générale d'iDVROOM <sup>(1)</sup>

## Covoiturage du quotidien : des usages informels et variés

Depuis plus de dix ans, Coralie et Éric covoiturent ensemble chaque matin de Cambrai à Lille pour se rendre au travail. C'est une histoire de coût et de fatigue qui les a conduits à covoiturer. Coralie explique : « Éric et moi avons une heure de route matin et soir ». Comme eux, 30 % de la population française déclare avoir eu recours au covoiturage au cours des douze derniers mois <sup>(2)</sup>, mais cette proportion recouvre des réalités hétérogènes.

Voici quelques caractéristiques du covoiturage courte distance qui le distinguent du covoiturage longue distance :

- Parmi les covoitureurs courtes distances, 41 % sont parfois conducteurs et parfois passagers <sup>(3)</sup>.
- 35 % covoiturent au moins une fois par semaine, et 65 % moins de quatre jours par mois <sup>(4)</sup>.
- L'âge moyen des covoitureurs domicile-travail est supérieur à l'âge moyen de ceux qui covoiturent sur de longues distances pour des trajets de week-end ou de vacances. La plupart sont dans la vie active et certains possèdent une voiture, or l'âge moyen d'acquisition de la première voiture ne cesse de reculer.
- Les covoitureurs « du quotidien » sont plus nombreux dans les zones peu ou pas desservies par les transports en commun : quand il s'agit de trajets courts et fréquents, les correspondances sont contraignantes. Plus de 60 % des personnes habitant les agglomérations de 100 000 habitants ou moins se rendent au travail en voiture, contre 33 % seulement en agglomération parisienne <sup>(5)</sup>.

À l'inverse, le covoiturage longue distance s'accommode mieux d'aller rencontrer son conducteur à l'autre bout de la ville pour économiser sur un trajet de plusieurs heures.

Cette pratique informelle est finalement assez peu développée au regard de son potentiel et le taux d'occupation par voiture pour les trajets domicile-travail stagne dans les pays européens, selon les études, entre 1,04 et 1,2 personne <sup>(6)</sup>.

## Un potentiel très large et de nombreuses retombées positives

C'est ce paradoxe qui attire tant d'acteurs sur le marché du covoiturage du quotidien : les trajets du quotidien représentent un très grand nombre de trajets majoritairement réalisés en voiture

---

(1) De 2015 à mars 2019.

(2) L'ObSoCo, Chronos, ADEME, SNCF (2016), *Le covoiturage pour les déplacements domicile-travail : quel potentiel ?*, septembre.

(3) Enquête auprès des Français sur la mobilité du quotidien : « Les Français sont-ils prêts à adopter le covoiturage du quotidien ? », septembre 2017, Sondage IFOP pour iDVROOM.

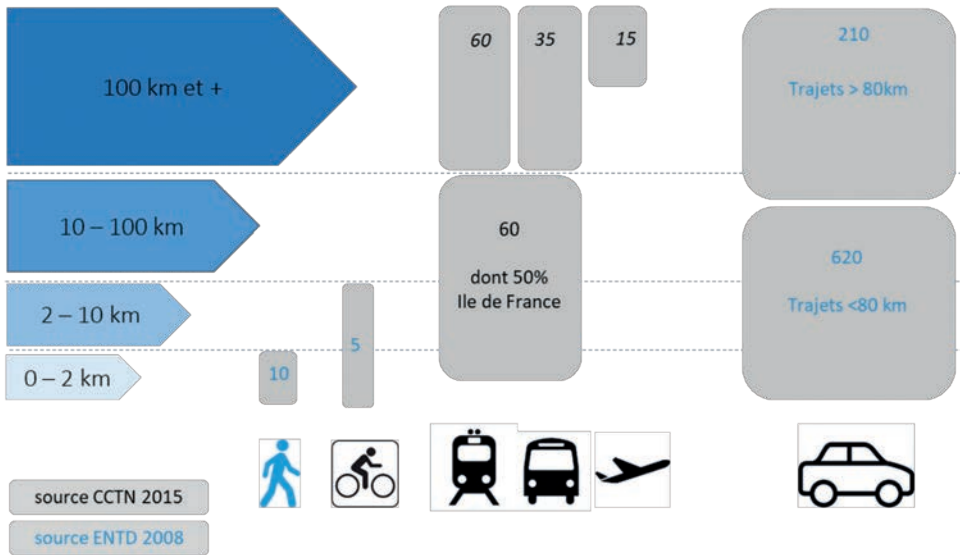
(4) *Idem*

(5) Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016), *Les Français et la mobilité durable : quelle place pour les déplacements alternatifs à la voiture individuelle en 2016 ?*, septembre.

(6) Commissariat général au Développement durable (2014), *Le covoiturage pour les déplacements domicile-travail : quel potentiel ?* n°107, juin.

« solo » et constituent donc une opportunité, sur des cibles privilégiées, de transformer les usages<sup>(7)</sup>. Certains y voient une opportunité de business, d'autres une opportunité de réduire le CO<sub>2</sub>, d'autres un enjeu de mobilité : le covoiturage aiderait même à résoudre les embouteillages tout en favorisant une mobilité partagée au bénéfice de l'accessibilité de tous les territoires...

## Kilomètres-voyageurs en France (en milliards) par mode et par longueur de trajet



Mais parmi les covoitureurs courte distance, seulement la moitié déclarent passer par une plateforme pour organiser leur covoiturage<sup>(8)</sup>. Pour transformer ce potentiel en réalité, il est nécessaire de :

- faciliter le parcours client ;
- faire levier sur quelques éléments-clés des technologies numériques ;
- développer des incitatifs publics, notamment par les infrastructures.

L'ensemble de ces développements rendra possible un usage massif, préalable à la validation d'un *business model* (nécessairement différent de celui du covoiturage longue distance).

## Le parcours client

### Rassurer

Bien sûr, la confiance, caractéristique des plateformes *peer-to-peer* est un prérequis.

Mais l'attente des covoitureurs domicile-travail va au-delà et s'inscrit dans la fiabilité : ils veulent être « à l'heure, partout, tous les jours ». Lors des grèves du printemps 2018, les témoignages de satisfaction reçus au service client d'iDVROOM portaient davantage sur la ponctualité, la

(7) Voir aussi : Commissariat général au Développement durable (2016), *Chiffres-clés du Transport*, mars.

(8) L'ObSoCo, Chronos, ADEME, SNCF (2016), *Le covoiturage pour les déplacements domicile-travail : quel potentiel ?*, septembre.

propreté de la voiture et la conduite prudente du conducteur que sur la sympathie du covoitureur. Par ailleurs, les passagers veulent être rassurés sur le fait qu'ils pourront rentrer le soir.

## **Développer le covoiturage dans le cercle de confiance de l'utilisateur**

L'appartenance à une communauté (école, entreprise...) crée de la confiance et augmente les chances de covoiturer.

## **Faciliter la tâche**

Des outils de gestion de planning et de carnet de compte aident les covoitureurs réguliers : lorsque la conduite est alternée, la plateforme rappelle qui doit combien à qui à la fin du mois en fonction des rôles respectifs (conducteur/passager).

## **Connecter la voiture pour un partage instantané**

De nombreux conducteurs sont prêts à partager leur trajet mais ne le font pas à l'avance de peur d'être contraints dans leur organisation. C'est pourquoi iDVROOM a travaillé avec Renault afin de rendre le partage de trajet simple comme un clic depuis le navigateur *on-board* de la voiture.

## **Accessibilité**

Aussi paradoxal que cela paraisse pour un service « digital natif », il faut faciliter le covoiturage pour ceux qui n'ont pas de smartphone, ou sont moins à l'aise avec les applications mobiles, mais aimeraient covoiturer. Sur iDVROOM, 40 % des usages sont sur le web : cela reflète bien la présence nationale auprès de tous les publics, et une part importante de l'usage planifié pour la semaine. Par ailleurs, des solutions de Stop Connecté à base de SMS ont vu le jour en Suisse et en France, notamment : on envoie un SMS à un numéro court, ce qui déclenche l'affichage de la destination sur un panneau lumineux ; un automobiliste vous prend en charge, il suffit d'envoyer sa plaque d'immatriculation au même numéro court, et ce SMS surtaxé permettra au conducteur d'être défrayé. Ces solutions paraissent prometteuses même si l'usage est encore confidentiel sur les premiers réseaux.

## **Les éléments technologiques particuliers au covoiturage de courte distance**

Pour atteindre la masse critique plus rapidement, beaucoup d'acteurs se concentrent sur des zones denses et sur les trajets domicile-travail. De ce fait, ils ciblent aussi des populations habituées à des trajets immédiats.

## **Précision géographique et temps réel**

La capacité de calcul induite par le besoin de temps réel sur la courte distance est bien supérieure à celle induite par une planification des trajets sur de la longue distance. En effet, le covoiturage longue distance s'est développé, comme les comparateurs de billets de train ou d'avion, sur des requêtes de ville à ville, mais le covoiturage de courte distance est à l'adresse précise (sur un trajet de 15 km, on ne fait pas un détour de plus de 500 m). Ainsi, en Île-de-France, la combinatoire passe d'un peu plus de 1 200 communes à plus de 25 000 arrêts de bus. Et encore, il s'agit justement de relier des territoires mal desservis par les transports en commun. Si, de surcroît, on cherche à calculer un détour en temps réel pour faire se rapprocher le conducteur et le passager, c'est toute l'architecture de la solution qui diffère. Certains opérateurs contournent le problème en affichant sur l'application le trajet du conducteur déjà en route. Ainsi, on peut consulter où vont les véhicules autour de soi, les interpeller sur l'appli et leur demander un arrêt sur leur trajet.

## **Le paiement de nombreuses petites transactions**

Faire un usage récurrent du covoiturage courte distance implique de faciliter le paiement fréquent de petites sommes (de 50 centimes à 5 € pour des trajets de 5 à 50 km). Si l'on veut « prendre un covoiturage » comme on prend le bus, on ne doit pas sortir sa carte bleue ou faire l'appoint à chaque trajet. Le porte-monnaie électronique ou le paiement par mobile sont des solutions efficaces. Les incitatifs financiers impliquent également la gestion de nombreuses petites sommes soumises à des conditions définies par les sponsors (par exemple, les trajets covoiturés sont partiellement pris en charge par Île-de-France Mobilités pendant les grèves ou les jours de pollution). Par ailleurs, le covoiturage est un service *peer-to-peer* dont les flux financiers sont encadrés : le passager paie à l'avance (c'est aussi un facteur de réassurance pour le conducteur), et cet argent est placé sur un compte de cantonnement, puis versé au conducteur après le covoiturage. Enfin, les incitatifs financiers ou liés aux infrastructures sont générateurs de comportements frauduleux, qu'il faut apprendre à détecter sans défavoriser les vrais covoitureurs. Le compromis entre fluidité du parcours utilisateur, efficacité de l'incitatif et maîtrise de la fraude est un exercice sans cesse renouvelé.

## **Les incitatifs**

La propension à payer du passager n'est pas à la hauteur de l'espoir de gain attendu par le conducteur. Dès lors, le développement du covoiturage courte distance passera par le développement d'incitatifs et plusieurs modèles ont été ou vont être testés. En voici quelques exemples :

- Lors des épisodes de pollution en 2017, la Mairie de Paris a décidé que seules les voitures avec trois personnes ou plus pouvaient entrer dans la ville. En quelques minutes, et avant toute communication à la base utilisateurs, le trafic sur le site iDVROOM a été multiplié par 4 ;
- Trajets gratuits pour les passagers ou abondement conducteur. Ces expériences ont été peu concluantes au regard du compromis efficacité / maîtrise de la fraude ;
- Indemnité kilométrique covoiturage : une évolution de la réglementation est nécessaire pour qu'un conducteur recevant déjà des IK ait intérêt à lâcher le volant ;
- Accès aux infrastructures dédiées : en place depuis longtemps aux USA, ce modèle a émergé récemment en France. ATMB a ouvert une voie dédiée au covoiturage en accordant également une réduction aux covoitureurs sur le prix de l'abonnement.

Dans un trafic déjà saturé, la réservation d'infrastructures entraîne un impact négatif sur les non-covoitureurs, insatisfaits de se voir privés d'une partie des infrastructures auxquelles ils avaient accès jusque-là. De tels incitatifs présentent des enjeux sensibles de contrôle – sanction pour que la démarche soit véritablement efficace.

## **Le business model**

Plus de cinquante initiatives ont été recensées par l'ADEME, et dix-sept opérateurs se sont rattachés à l'initiative d'Île-de-France Mobilités « Tous ensemble pour le covoiturage ». Or, prendre une commission de 10 % (resp. 1 €) sur 10 millions de trajets courte distance sur lesquels les covoitureurs partagent 3 € représente un chiffre d'affaires de 3 M€ (resp. 10 M€). Le covoiturage courte distance ne présente donc pas de rentabilité sur le service de la mise en relation, avec un revenu tiré uniquement du grand public, même dans un marché avec un nombre plus restreint d'acteurs. De plus, ce potentiel de revenu rencontre deux écueils : d'une part, ceux qui covoiturent en équipage régulier n'ont pas d'intérêt à payer plusieurs fois la mise en relation ; d'autre part, la valeur acceptable de la commission est liée à la valeur du service de mise en relation perçue

par le client, et comme on l'a vu plus haut, la valeur perçue par le passager et le conducteur n'est pas encore à la hauteur de l'effort technique réalisé. C'est pourquoi la plupart des opérateurs de covoiturage courte distance cherchent aujourd'hui leurs revenus en B2B, auprès des collectivités locales ou des entreprises. Celles-ci trouvent un intérêt à faciliter les dessertes des zones peu denses à moindre coût (en Seine-et-Marne, le nombre de places proposées par iDVROOM sur des trajets de courte distance représente l'équivalent de cent bus par jour), ou pour faciliter les trajets de leurs salariés (notamment lorsqu'ils réduisent le nombre de places de parking, ou lorsqu'ils s'implantent sur des zones périphériques mal desservies par des transports en commun). Il est alors indispensable que ces solutions soient mises en réseau pour bénéficier de la masse totale des utilisateurs cibles. Ainsi, on peut covoiturer depuis son application iDVROOM avec un salarié d'une entreprise qui a ouvert une communauté sur le site Copilote – site de covoiturage du Grand-Duché du Luxembourg, opéré par iDVROOM Business.

L'équation peut changer avec des avantages comme l'accès aux infrastructures, qui amèneraient les covoitureurs à reconsidérer la valeur perçue du trajet ou de la mise en relation et les rendraient prompts à payer plus pour chaque trajet, à condition que le différentiel soit motivant entre ceux qui ont accès aux infrastructures et ceux qui ne l'ont pas. D'ailleurs, ce n'est pas surprenant que le covoiturage se soit d'abord popularisé sur les longues distances, où l'accès aux infrastructures autoroutières est souvent payant, et le transport en commun moins subventionné. Des tentatives pour ajouter des services liés aux trajets courte distance (par exemple, profiter du trajet pour proposer des services de livraison) n'ont pas encore fait leurs preuves : le modèle reste contraint par la propension à payer et la valeur de l'avantage perçu au regard de la contrainte, comparée à un trajet solo.

Rappelons que le cadre légal du covoiturage limite le prix échangé à un partage de coût sans bénéfice pour l'utilisateur et aux trajets que le conducteur aurait fait pour lui-même de toute façon. Dans ces conditions, il ne peut par définition y avoir de place pour une marge sur le service de mise en relation entre particuliers sans ajout de valeur tierce (valeur induite par l'accès aux infrastructures, utilisation de la base clients pour vendre d'autres services, ou valorisation des données utilisateurs ou des données trajets). Sans cet ajout de valeur tierce, le seul moyen de trouver un équilibre économique est de sortir de ce cadre en autorisant un gain plus important pour le conducteur. Les opérateurs qui l'ont proposé se sont fait rappeler à l'ordre.

### **Pour aller plus loin : la *blockchain* au service du covoiturage**

Comme on l'a vu précédemment, la puissance publique possède l'une des clés les plus importantes pour développer le covoiturage de courte distance : la motivation par l'accès aux infrastructures (voies dédiées, prix du péage, etc.). Mais elle n'a pas envie de développer son propre service de covoiturage quand de nombreux services existent déjà. Elle souhaite enfin, souvent, imposer l'interconnexion entre ces opérateurs pour aider à l'atteinte d'une masse critique plus rapidement.

Justement, l'une des caractéristiques de la *blockchain* est de permettre les échanges entre acteurs qui ne se font pas confiance. Une *blockchain* gérée par la puissance publique permettrait ainsi aux passagers d'un opérateur de covoiturer avec les conducteurs d'un autre opérateur sans que les identités de ces utilisateurs soient dévoilées à l'opérateur concurrent. Le gestionnaire d'infrastructure ou l'État pourrait ainsi utilement développer une *blockchain* d'interconnexion de covoitureurs ouvrant droit à ces infrastructures. C'est ce que prévoit la Métropole de Lyon avec le projet Lyon Covoiturage Express.

# Le numérique au service de la mobilité urbaine : quels enjeux pour les métropoles ?

Par **Chloé PERREAU**

et **Hélène ROUSSEL**

Montpellier Méditerranée Métropole (3M)

Les politiques de mobilité doivent répondre à deux défis principaux : celui de la cohésion sociale et celui de l'urgence environnementale et climatique (et donc, de santé publique). Les solutions de mobilité doivent prendre en considération tous les publics, permettre l'autonomie des personnes, favoriser le retour à l'emploi... Elles ont aussi pour objet de réduire les émissions polluantes. Premiers émetteurs de gaz à effet de serre en France, avec 40 % des émissions, les transports motorisés contribuent au réchauffement climatique. Les véhicules motorisés sont de forts émetteurs de dioxyde d'azote et de particules qui ont un impact sur la qualité de l'air. Sur le territoire de Montpellier Méditerranée Métropole (3M), le transport routier est le principal émetteur de dioxyde d'azote.

Face à ces défis, les évolutions dans le domaine du numérique offrent de nombreuses opportunités, notamment pour faciliter un usage mieux coordonné des modes de transport et pour réduire l'usage de l'auto-solisme, à savoir le fait de circuler seul dans une voiture. Le numérique contribue aussi au déclouisonnement des politiques « en silo » par domaines d'activités. À titre d'exemple, la numérisation des événements sportifs et culturels (localisation et horaires des événements) permet de mieux anticiper la demande de déplacement.

L'enjeu, pour les collectivités, consiste à définir et piloter une stratégie numérique globale multiseCTORielle (transport, environnement, urbanisme, culture, etc.) dans un contexte où les évolutions techniques et sociétales sont très rapides. La démarche « Cité intelligente » a justement pour ambition de concilier les piliers sociaux, environnementaux, économiques au travers d'une approche globale et systémique. Elle fixe la feuille de route de 3M en matière de transition numérique, au sein de laquelle s'inscrivent les services informationnels et billettiques de transports multimodaux, la politique d'ouverture des données, mais également les partenariats public-privé. Ceux-ci visent à accompagner les mutations en cours dans le domaine de la mobilité : intermodalité, mobilité à faibles émissions, véhicules autonomes, mobilité connectée, etc.

La métropole est un établissement public de coopération intercommunale à fiscalité propre regroupant plusieurs communes d'un seul tenant et sans enclave au sein d'un espace de solidarité pour élaborer et conduire ensemble un projet d'aménagement et de développement économique, écologique, éducatif, culturel et social de leur territoire afin d'en améliorer la cohésion et la compétitivité et de concourir à un développement durable et solidaire du territoire régional. Elle valorise les fonctions économiques métropolitaines, ses réseaux de transport et ses ressources universitaires, de recherche et d'innovation, dans un esprit de coopération régionale et interrégionale et avec le souci d'un développement territorial équilibré.

Source : [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

## **La feuille de route « Cité intelligente » fixe les principes fondateurs de l'action publique en matière de politique numérique**

Le numérique est un puissant ressort pour penser l'action publique car il s'appuie sur les nouvelles pratiques des citoyens et invite à repenser la question de la maîtrise d'usage. Il engage à réaffirmer le rôle et les champs d'action du public dans un environnement fortement concurrentiel et potentiellement disruptif avec l'émergence d'une offre de services privés. Ce contexte est riche en opportunités.

Dès 2011, la Métropole s'est engagée dans une démarche de recherche et développement qui a permis d'aboutir en 2015 à une feuille de route « Cité intelligente » qui englobe les trois dimensions suivantes :

- citoyenne : il s'agit de contribuer à améliorer la participation citoyenne et à renforcer le lien social ;
- économique : à travers la mise à disposition de données, il s'agit d'attirer et d'ancrer les entreprises sur le territoire par des collaborations industrielles ;
- environnementale : l'enjeu est de répondre à l'urgence climatique, de mettre en œuvre la transition énergétique et de favoriser la gestion économe des ressources.

À travers la démarche « Cité intelligente », 3M s'affirme comme un acteur de « tiers de confiance », de gestionnaire et d'ensemblier dans un contexte complexe (gouvernance, technologies, modèles économiques, etc.). Un des piliers de la Cité intelligente est la politique globale et structurée de la donnée, dont les objectifs sont les suivants :

- l'aide à la décision pour la collectivité ;
- la mise en œuvre de services à destination des citoyens ;
- la mise à disposition de données auprès de tiers, acteurs privés ou académiques.

La question de la gouvernance de la Cité intelligente fait partie des mutations organisationnelles profondes que la Métropole est en train d'opérer eu égard à la diversité des compétences et expertises mobilisables dans cette démarche : citoyens, élus, directions de la collectivité, acteurs privés, communauté scientifique. La transformation numérique de la collectivité et du territoire implique un processus organisationnel, transverse et agile, permettant l'appropriation et l'élaboration par et pour les directions métiers – eau, mobilité, gestion des risques, SIG, aménagement, systèmes informatiques, développement économique, culture...

Il s'agit d'une organisation multidisciplinaire au sein de l'administration qui apporte un service d'appui aux directions métiers de la collectivité, aux entreprises et aux acteurs académiques du territoire. Elle est conduite par une direction de projet dédiée à la mise en œuvre de la feuille de route de la Cité intelligente, du pilotage des nouveaux services numériques (usagers et communes) et au soutien à l'innovation numérique des métiers. Elle s'appuie sur des référents métiers au sein des directions opérationnelles. La gouvernance de la Cité intelligente continue de se structurer : d'abord de 2013 à 2015, *via* un comité de pilotage à travers des contrats de R&D multi-partenariaux puis, depuis 2016, *via* un comité stratégique au niveau de la direction générale et le lancement d'un comité éthique.

La Cité intelligente s'appuie sur une plateforme pour la centralisation, l'optimisation et la mise à disposition des données urbaines. La question de la souveraineté numérique est apparue rapidement comme un enjeu crucial. Face à l'hégémonie de quelques entreprises multinationales et au poids prépondérant de ces firmes au regard de la puissance publique, la Métropole a fait le choix de construire la ville intelligente sans dépendance technologique. La plateforme urbaine numérique est ainsi non propriétaire, ouverte et interopérable. La Cité intelligente se construit de manière partenariale et collaborative en associant les centres de recherche, les grands groupes, les PME et les start-up.

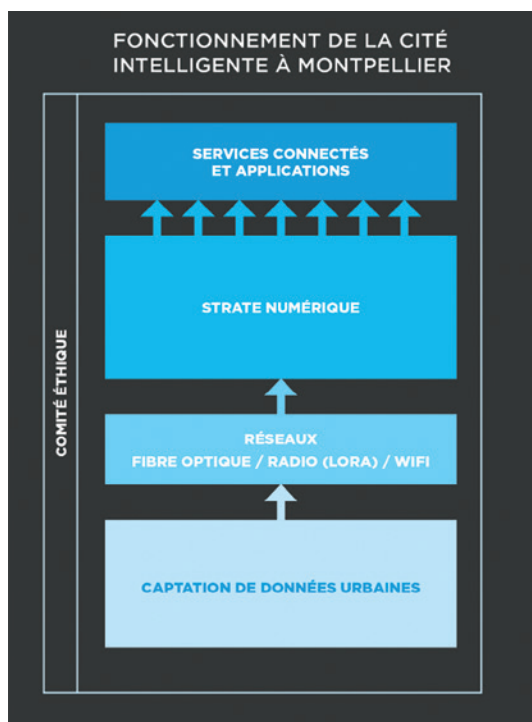


Illustration 1 : Fonctionnement de la Cité intelligente.

L'architecture de la ville intelligente repose sur quatre strates :

- la capture des données ;
- la remontée des données par une gestion publique des réseaux ;
- le stockage dans un entrepôt et le traitement des données ;
- la mise à disposition des données.

La Métropole structure et développe une politique publique de la donnée selon le mode opératoire suivant :

- développement des interfaces, base unique centralisée de gestion de données ;
- fédération des producteurs de données ;
- mise en œuvre de conventions et contrats dans le cadre de délégations de services publics pour récupérer les données ;
- intégration de clauses liées à l'ouverture des données dans les marchés publics ;
- création de référentiels de données ;
- lancement d'appels à projets pour favoriser les expérimentations, etc.

## Le numérique au service du développement de nouvelles solutions de mobilité : le rôle de l'ouverture des données

Depuis 2012, 3M s'est engagée dans une démarche de mise à disposition des données. Cette démarche s'inscrit dans une volonté de transparence, mais aussi de modernisation de l'action publique et de levier pour le développement économique. À travers le site Internet [data.montpellier3m.fr](http://data.montpellier3m.fr), 3M et ses partenaires mettent à disposition des données publiques non nominatives à dimension territoriale.

L'objectif de cette démarche est de permettre au public de connaître, de comprendre, d'enrichir les données relatives au territoire, d'imaginer et de proposer des services permettant de rendre la ville plus efficace, plus conviviale, plus respectueuse de son environnement, plus dynamique et attractive. Les informations proposées sont fiabilisées, structurées et organisées par grands domaines : transport, culture, mobilité, administration, aménagement.

La Métropole se pose en tiers de confiance sur le respect de la vie privée et de l'indépendance vis-à-vis d'acteurs tiers. Afin d'appliquer cette indépendance et cette souveraineté sur les données, la Métropole applique un accès non privilégié et non discriminant à ses données, *via* l'unique canal de diffusion de l'*open data*.

Le portail de la Métropole est interopérable avec les autres portails *open data* au niveau local et national. Particularité montpelliéraine, il scelle la collaboration étroite entre la communauté OpenStreetMap locale et les services de 3M. En effet, afin d'obtenir des données sur les 31 communes de la Métropole, 3M collabore officiellement à l'amélioration de la base de données libre OpenStreetMap. Cette collaboration s'inscrit dans le courant de la culture libre qui préconise l'utilisation de logiciels les plus ouverts possibles. Il s'agit de participer à une culture des biens communs.



Plus de 50 000 téléchargements par an sont réalisés sur le site *open data*. Parmi les données les plus téléchargées figurent les disponibilités en temps réel des vélos en libre-service et des parkings. Ceci résulte de l'appétence des entreprises à compléter leurs offres de services. À titre d'exemple, la SNCF affiche les horaires de tramways en gare de Montpellier. Autre exemple : Vigilo, une application collaborative citoyenne, cartographie les difficultés rencontrées par les cyclistes.

## **Le numérique pour favoriser les comportements de mobilité vertueux : le rôle d'EMMA, Espace Multimodal de Montpellier Méditerranée Métropole**

EMMA est un espace multimodal combinant information et billettique multimodales. Ce projet piloté par la Métropole a été cofinancé dans le cadre du programme Eco-cités, par l'Etat, la Caisse des Dépôts et Consignations, l'Europe, la Métropole de Montpellier, la Ville de Montpellier, la Région Languedoc-Roussillon, TAM (le délégataire de transport de la Métropole) et TRANSDEV.

EMMA comporte des services couvrant l'ensemble des déplacements en bus, tramways, vélopartage, parkings relais et parkings, totalement intégrés.

Les objectifs stratégiques du projet EMMA :

- favoriser une politique globale de maîtrise des déplacements par le développement intégré des modes alternatifs à la voiture particulière ;
- renforcer la présence de services publics de transport dans les quartiers (agences de mobilité, maisons pour tous, mairies annexes, etc.) ;
- rendre l'offre de transport plus accessible par la mise en œuvre d'outils numériques, pour tous.

À travers le site web **tam-voyages.com** et l'application mobile TAM, il est possible d'effectuer une recherche d'itinéraire multimodal, de disposer d'informations multimodales en temps réel, de réserver un service de transport à la demande, de commander un titre de transport, de renouveler son abonnement, etc.

Afin de proposer le même service pour tous, la Métropole, par l'intermédiaire de son exploitant TAM, a installé des bornes numériques dans les quartiers prioritaires et les lieux générateurs de trafic. Les agences commerciales de l'opérateur de transport TAM sont devenues de véritables espaces de mobilité proposant un panel multimodal d'offres de mobilité.

La carte billettique de mobilité EMMA est un « passe-partout » qui permet d'utiliser les tramways, les bus, les parkings, les vélos en libre-service et l'auto-partage à l'aide d'un seul abonnement et d'une seule carte. Sur la voirie, des horodateurs de nouvelle génération ont été implantés. Ils constituent des kiosques multimodaux sur lesquels il sera possible prochainement d'acheter du temps de stationnement couplé avec du transport public. Les usagers qui disposent d'un abonnement de transport bénéficient d'un abonnement annuel de stationnement résidentiel à un tarif préférentiel.

Ce service EMMA répond à une attente forte des citoyens. Ainsi plus de 300 000 téléchargements de l'application mobile ont été effectués et 60 000 transactions par an effectuées. D'après l'Observatoire européen des Mobilités de 2017, le titre de transport unique ainsi que les services digitaux d'information multimodale figurent parmi les services les plus demandés par les Européens pour améliorer l'intermodalité.

L'intérêt d'un calculateur multimodal tel qu'EMMA alors qu'existent des services de type Google Maps n'est pas anecdotique. Il s'agit pour les villes d'un choix démocratique et de souveraineté. Les applications développées par les GAFAM apportent aujourd'hui indéniablement un service aux utilisateurs. Mais elles peuvent les orienter vers des choix contraires à l'intérêt général : circulation amplifiée devant les écoles, utilisation de petites routes au détriment des axes majeurs, etc. Elles

peuvent orienter les citoyens vers des solutions modales telles que les voitures avec chauffeur, par exemple, plutôt que d'autres solutions telles que la marche à pied et le vélo. Ces développements sont contraires aux objectifs des politiques de mobilité des collectivités définis par les plans de déplacements urbains (PDU), clé de voûte de la planification et de la programmation de la mobilité à l'échelle des métropoles. C'est la raison pour laquelle les outils numériques devront être davantage intégrés dans les futurs PDU. Dans ce contexte, il s'agit notamment pour les collectivités d'amplifier les coopérations entre les grands groupes, les start-up, les instituts de recherche dans lesquels les villes doivent renforcer leur rôle de tiers de confiance et de garantes de l'intérêt général.



Tramway de Montpellier et Vélomagg.  
©3M

L'objectif à terme serait pour la collectivité de mettre en œuvre et d'administrer une plateforme de service multimodal sur laquelle les entreprises pourraient greffer leurs offres. Cela permettrait d'accompagner les citoyens dans leurs déplacements de la manière la plus soutenable possible.

Grâce à la plateforme nationale **Transport.data.gouv.fr**, le périmètre géographique des services proposés pourra être élargi. En vertu d'un règlement européen de 2017, les données des acteurs du transport ont vocation à être publiées sur ce « point d'accès national » afin de faciliter leur réexploitation. Les modalités d'application de ce règlement sont en cours de définition dans le cadre de la Loi d'Orientation des Mobilités.

Par ailleurs, les collectivités disposent d'outils tels que les plans de déplacements mobilité (PDM) à destination des entreprises dont l'attractivité peut être renforcée par des outils numériques. Il s'agit notamment de sortir du seul champ de la mobilité pour inciter au télétravail, à décaler les déplacements dans le temps, à réduire la distance psychologique des déplacements à pied. Les applications de type *civic techs*, qui visent à renforcer les liens entre les citoyens et les administrations, offrent un potentiel d'action pour accroître l'efficacité des PDM.

## **Anticiper les évolutions technologiques, notamment l'arrivée des véhicules autonomes**

Dans le passé, pour schématiser, il y avait d'un côté le monde des transports urbains, de l'autre le monde de la voiture. Face aux mutations technologiques et sociétales, le rôle des autorités organisatrices de la mobilité évolue. La frontière entre transport public et mobilité individuelle s'estompe. Aussi devient-il primordial de développer des partenariats avec des constructeurs, des industriels et des centres de recherche pour anticiper l'arrivée des véhicules autonomes. C'est ainsi que la Métropole, avec le constructeur Twinswheel, démarre actuellement une expérimentation de livraison par droïde (petit robot terrestre autonome) en partenariat avec les groupes La Poste et STEF, ainsi que Cara, le pôle de compétitivité expert dans le transport collectif de personnes et dans le transport de fret. Ce projet est réalisé avec le concours financier de l'État dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir (PIA) opéré par l'ADEME.

La fonction première des droïdes de logistique est d'aider à la manutention et au port de charges lourdes. Les droïdes Twinswheel sont de tailles et formes différentes pouvant porter pour les plus petits des charges jusqu'à 40 kg et pour les plus gros jusqu'à 500 kg. Ces droïdes, 100 % électriques, se déplacent en roulant jusqu'à 6 km/h dans les environnements encombrés et peuvent atteindre

la vitesse de 12,5 km/h dans les lieux dégagés. Les expérimentations seront réalisées dans l'aire piétonne de Montpellier avec des cas d'usage différents : alimentation des dépôts-relais des facteurs, collecte des colis dans les boutiques-relais, etc.

Cette expérimentation permettra d'évaluer l'intérêt d'une logistique urbaine automatisée, d'en mesurer l'impact social, sociétal et économique ainsi que l'acceptabilité par les populations. Il conviendra en particulier de mesurer l'aide technique apportée, l'appropriation par les usagers, l'aide à l'autonomie des personnes en situation de dépendance. Plus globalement, à travers ce projet, il s'agira d'anticiper l'arrivée d'objets roulants connectés sur le territoire et de mieux appréhender les évolutions numériques : Internet des Objets, méga-données, analyse décisionnelle, intelligence artificielle, etc.

## **Conclusion**

Les collectivités doivent non seulement s'adapter aux développements numériques, mais surtout être proactives dans un contexte où les évolutions sont très rapides. Il convient de proposer ou d'intégrer dans l'offre des solutions de mobilité qui répondent aux besoins des citoyens, à l'urgence de la transition écologique et énergétique, tout en étant garant de l'intérêt général. L'ampleur des enjeux et des défis à relever pour les collectivités est considérable. Un grand chantier s'annonce pour les collectivités, au menu duquel de nombreux enjeux doivent trouver une réponse :

- la souveraineté numérique des villes ;
- la gouvernance numérique locale ;
- la transformation organisationnelle nécessaire pour poursuivre la mise en œuvre d'une politique mutualisée de la donnée associant les citoyens et les entreprises ;
- la cyber sécurité ;
- la formation des agents aux nouveaux métiers à l'interface entre le numérique et la gestion urbaine ;
- le développement des technologies vertes ;
- le développement de la culture locale, en encourageant les développements collaboratifs territoriaux (circuit court, ville de la proximité).

## **Références**

[data.montpellier3m.fr](http://data.montpellier3m.fr)

[Faciligo.fr](http://Faciligo.fr)

[Tam-voyages.com](http://Tam-voyages.com)

[Mobiliteinclusive.com](http://Mobiliteinclusive.com)

[etalab.gouv.fr](http://etalab.gouv.fr)

Décret n°2017-638 du 27 avril 2017 relatif aux licences de réutilisation à titre gratuit des informations publiques et aux modalités de leur homologation.

Règlement délégué (UE) n°2017/1926 du 31 mai 2017 complétant la directive 2010/40/UE sur l'ouverture des données pour mettre en place l'information multimodale en matière de déplacements.

The Boston Consulting Group, IPSOS, Observatoire européen des Mobilités, Première édition : *Les attentes des Européens en matière de mobilité*, avril 2017.

# Le numérique au service de la mobilité urbaine durable

Par **François MIRABEL**

et **Mathias REYMOND**

Montpellier Recherche en Économie (MRE) / Université de Montpellier

## Introduction

Dans les grandes villes, plus de 50 % des déplacements inférieurs à trois kilomètres se font en automobile<sup>(1)</sup>, le covoiturage demeure l'exception durant les périodes de pointe et les conséquences sont connues : pollution sonore, congestion et perte de temps, émissions de gaz à effets de serre, usure des infrastructures... Pour lutter contre ces effets externes, les autorités locales déploient, depuis une vingtaine d'années, des politiques publiques visant à reporter les déplacements urbains de l'automobile vers les modes doux et les transports collectifs.

Aujourd'hui, l'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) représente un puissant vecteur de transformation des mobilités à travers son action sur l'offre et la demande de transport dans les agglomérations. Le numérique élargit les modalités et services de déplacement proposés aux usagers : il offre d'abord de nouvelles opportunités à travers des plateformes numériques qui fournissent une large palette de services de mobilité partagée (auto-partage, covoiturage, vélos...) ; il fournit aussi une information en temps réel aux usagers de tous modes ; et enfin, il facilite la mise en place d'outils de politiques publiques incitatives ou contraignantes.

Mais d'emblée, tordons le cou à une idée reçue : l'information des usagers des transports *via* les nouvelles technologies permettrait de les influencer et de les orienter vers des modes plus doux que l'automobile. De nombreuses études menées récemment contestent cette hypothèse. Comme l'écrivent par exemple Aguilera et Rallet (2016), « les travaux empiriques montrent que le seul fait de fournir une information en temps réel ne suffit pas à faire basculer une part véritablement significative des usagers de la voiture vers les transports en commun... voire renforce plutôt la part de marché de la voiture en permettant par exemple de mieux adapter ses horaires et ses trajets pour éviter la congestion ». Ainsi, on observe une grande inertie dans les habitudes modales (Brisbois, 2010) : les usagers sont très captifs des modes de déplacement qu'ils utilisent et ne sont pas prêts à changer leurs habitudes, même s'ils reçoivent, à travers des applications numériques, des informations précises sur l'opportunité de déplacements alternatifs.

Dans ces conditions, l'information délivrée aux usagers n'est pas suffisante pour modifier les comportements de mobilité : ce sont bien les instruments de politiques publiques qui peuvent agir de manière forte sur la demande. Aussi, si l'objectif principal est de lutter contre la congestion automobile et l'utilisation des véhicules polluants en zone urbaine, le numérique permettra de faciliter la mise en place de péages urbains. De plus, afin de réduire le volume global des déplacements en voiture, l'instauration d'un marché de droit à circuler sera préféré et rendu réalisable à l'aide du numérique<sup>(2)</sup>. Enfin, l'acceptabilité étant au cœur de la décision politique,

---

(1) Voir ATEC-ITS (2017).

(2) L'objectif n'est pas de discuter ici des bénéfices comparés des instruments économiques que nous présentons (péages urbains ou marchés de permis à circuler). Sur ce point, nous renvoyons à l'article de De Palma *et al.* (2018). En l'occurrence, nous nous intéressons plutôt à l'intérêt du numérique pour permettre le déploiement de tels outils dans les agglomérations.

l'information sera facilitée par les NTIC et permettra de mieux accompagner la mise en place des politiques menées.

## **Le signal-prix optimal : les péages urbains modulés selon les usages**

Dans la littérature théorique sur les péages urbains – qui n'ont rien à voir avec les péages de financement autoroutiers –, la tarification optimale des déplacements en automobile consiste à envoyer aux usagers un signal-prix qui intègre l'ensemble des externalités (nuisances) engendrées par l'auto-mobilité. Cela correspond à un péage modulé en fonction du lieu, de l'heure de la journée, des conditions de trafic en temps réel, de la puissance du véhicule et du carburant utilisé, de l'âge du véhicule, de son taux d'occupation... Autant d'éléments qui permettraient de taxer les déplacements en temps réel, ce qui aurait un effet dissuasif sur l'usage des véhicules les plus émetteurs de pollution durant les périodes de pointe. Mais cette approche théorique est complexe à implémenter dans la réalité ; comme le notent De Palma *et al.* (2009), « dans la pratique, les péages ne peuvent pas varier en fonction de toutes ces dimensions. (...) Cela est irréalisable par rapport à la forme théorique idéale ». Dans ce contexte, des péages de « second rang » ont été introduits dans la littérature : ils varient par « paliers » suivant l'heure de la journée pour prendre en compte l'impossibilité d'ajuster les tarifs en temps réel.

L'évolution des technologies et l'apport du numérique permettent désormais de réduire voire d'éliminer les obstacles techniques à la mise en place d'un signal-prix qui se rapprocherait de « la forme théorique idéale » et qui aurait un véritable impact sur les choix des usagers. Le cas de la ville de Singapour est intéressant sur ce point. En 1975, les autorités locales avaient mis en place un système de péage urbain manuel (ALS pour *Area License Scheme*) pour réguler l'entrée des automobiles dans le centre des affaires, puis, avec l'accroissement du trafic et l'évolution des technologies, la ville a décidé de changer de système et d'opter pour un péage électronique en 1998 (ERP pour *Electronic Road Pricing*) : un outil numérique et dynamique ayant pour objectif de différencier le niveau de péage suivant les heures de déplacement, de modifier les comportements pour réduire *in fine* le trafic automobile et la pollution. Dans ces conditions, ce système a permis d'affiner le profil du péage, de discriminer dans le temps et de réduire considérablement le flux de véhicules qui a baissé de 10 à 15 % par rapport au précédent système de péage urbain manuel.

Aujourd'hui, des technologies de collecte du péage, basées sur la géolocalisation des véhicules par satellite, permettent de construire un péage variable selon tous les critères envisageables en temps réel. On pourrait ainsi avoir un tarif différencié selon l'heure et selon la distance parcourue (*pay as you drive*) mais aussi selon le caractère plus ou moins polluant des véhicules identifiés dans la zone. Les villes de Singapour et de Londres souhaitent faire évoluer leur système de péage en introduisant un système permettant de mettre en place toutes les discriminations tarifaires optimales pour tenter de changer les comportements et faire baisser le trafic automobile et la pollution en ville.

## **Les marchés de droits à circuler**

Comme le mentionnent Dogterom *et al.* (2018), au regard de l'impopularité des mesures traditionnelles basées sur la tarification et avec le développement du numérique, les marchés de droits à circuler apparaissent comme une solution pertinente pour limiter l'usage de l'automobile en ville.

Inspirée de la théorie des marchés de permis de pollution formalisée en 1972 par Montgomery, l'idée de ces marchés est simple : sous des hypothèses classiques de concurrence, si les acteurs économiques ont la possibilité de vendre ou d'acheter des permis ou droits à circuler en automobile

sur un marché, ils choisiraient l'option la moins coûteuse pour respecter le quota de trajets qui leur a été imposé. Ils arbitreront entre leur coût marginal de ne pas utiliser la voiture et le prix des permis sur le marché : la restriction globale des déplacements décidée par les autorités est respectée, et ce, au moindre coût pour les usagers.

Néanmoins, comme le mentionne Raux (2009), « aucune de ces propositions n'est allée jusqu'à un niveau de détail suffisant pour juger de l'applicabilité éventuelle de ce type de mesure en milieu urbain ». Le principal obstacle à la mise en place de tels systèmes réside dans les coûts de transaction et d'administration que ces dispositifs entraîneraient en présence d'un nombre d'usagers très élevé<sup>(3)</sup>. Mais avec l'évolution des NTIC, ces barrières s'estompent et le déploiement de plateformes numériques dédiées permettrait d'acheter et de vendre quotidiennement des permis à circuler dans la ville. Dans un tel contexte, le prix serait déterminé sur le marché et affiché sur une application de smartphone en temps réel pour inciter les automobilistes à acheter ou vendre des permis en fonction du prix. Comme l'expliquent Brands *et al.* (2019), les coûts de recherche et de négociation seraient quasiment nuls, l'information étant facilement accessible et identique pour tous les utilisateurs, ce qui en fait une solution transparente et élimine une grande partie des coûts de transaction, freins initiaux à cet outil.

La mise en place d'un marché de droits à circuler pose naturellement des questions auxquelles il faudra répondre (cible visée, allocation initiale des droits à circuler en automobile, zone urbaine retenue, fonctionnement du marché...) mais le concept théorique est aujourd'hui envisageable en ville grâce au numérique. Raux (2009) propose la mise en place de permis à circuler qui seraient ciblés en fonction des véhicules-kilomètres parcourus avec un ajustement selon la catégorie d'émission du véhicule pour dissuader les déplacements des véhicules les plus polluants. Dans ce cas, l'autorité organisatrice du système délimiterait les différentes zones (selon le niveau de densité), les heures de pointe et les heures creuses, ainsi que les catégories d'émission des véhicules. Ces paramètres permettraient de calculer la pondération des permis (on parle aussi dans la littérature de jetons ou *tokens*) à acquitter par les conducteurs de véhicules circulant dans la zone soumise au programme de régulation :

Véhicule particulier (VP) essence M1	Euro I	<b>10</b>	Zone peu dense	<b>1</b>
	Euro II	<b>5</b>	Zone dense	<b>2</b>
	Euro III	<b>2</b>		
	Euro IV	<b>1</b>		
VP diesel M1	Euro I	<b>10</b>	Heures creuses	<b>1</b>
	Euro II	<b>9</b>	Heures de pointe	<b>2</b>
	Euro III	<b>5</b>		
	Euro IV	<b>3</b>		

(3) Raux (2000) reprend les trois principaux coûts de transaction mis en avant dans la littérature :

- les coûts liés à l'acquisition d'informations sur les options offertes aux acteurs et à la recherche de partenaires pour l'échange ;
- les coûts liés à la négociation et à la prise de décision (consultation d'intermédiaires, durée de la négociation, aspects juridiques, assurances) ;
- les coûts liés au suivi et au respect des règles qui sont en principe supportés par l'autorité publique.

## Le numérique comme vecteur d'acceptabilité des politiques de transport ?

Au regard de ce que nous venons d'écrire, il est donc possible aujourd'hui, grâce au numérique, de déployer des politiques publiques efficaces pour réduire l'usage de l'automobile en ville.

Mais avec l'instauration de plusieurs péages urbains (Singapour, Londres, Stockholm, Oslo...) et la médiatisation récente de cette option politique, la question de l'acceptabilité des politiques de transports contraignantes est d'actualité. En effet, cet outil – comme pour un éventuel marché de droits à circuler – ne recueille pas l'approbation des citoyens et les élus locaux demeurent encore logiquement frileux. Pourtant, avec l'émergence du numérique, les nouveaux modes de communication sont des supports d'information. À l'aide des plateformes et des applications mobiles d'information en temps réel, les autorités peuvent affiner l'information transmise aux usagers et accroître l'acceptabilité de mesures qui ne le sont pas *a priori*. Ainsi, comme le précise l'Association pour le développement des Transports, de l'Environnement et de la Circulation (ATEC) : « Les outils du numérique sont les seuls à pouvoir rendre visible la diversité de l'offre de mobilité voire la générer comme dans le cas de la mobilité partagée (...). On ne pourra pas faire de report modal sans gestion multimodale des trafics, ce qui suppose des incitatifs et de la restriction, des carottes et des bâtons. » Et pour faciliter cela, Aguilera et Rallet (2016) soulignent également que le numérique diminue les coûts de coordination et jouent un rôle d'intermédiation entre les différents acteurs.

De plus, les nouvelles technologies – et en particulier les applications numériques disponibles sur les smartphones – contribuent à mieux informer les usagers sur le coût réel de leur déplacement et peuvent « persuader » par l'information. En effet, avant de se déplacer, les automobilistes ne prennent pas en compte les coûts réels de leurs déplacements. N'intégrant que les dépenses privées de leur trajet (prix de l'essence, assurance, prix du péage...), ils ne mesurent pas les coûts sociaux qu'ils subissent, et qu'ils font subir au reste de la collectivité : retards, pollution sonore, émissions de CO<sub>2</sub>, usure des infrastructures... Ces effets externes ne sont pas pris en compte (Mirabel et Reymond, 2013). Aussi, il importe *a minima* d'informer les automobilistes sur leurs responsabilités dans le poids des externalités.

Enfin, le numérique peut constituer un vecteur d'information sur l'intérêt collectif que représente la réduction des déplacements automobiles. Dans ce contexte, les applications sur smartphone pourraient intégrer des messages et alertes, en temps réel, sur la comparaison des mobilités du point de vue de leurs impacts environnementaux. Comme l'explique Brisbois (2010), il est possible d'accroître la « pression normative » à travers des prescriptions du type « le meilleur choix est celui qui ne pollue pas ». Les économistes comportementalistes travaillent sur cette question et ont mis en évidence l'intérêt de messages permettant à l'individu de « situer » son comportement par rapport à celui des autres (*normes descriptives*) et de l'informer sur ce que les membres du groupe auquel il appartient approuvent ou désapprouvent (*normes injonctives*). Cela peut prendre la forme de messages permettant d'informer sur les effets néfastes de l'utilisation de l'automobile et son impact sur le réchauffement climatique pour les générations futures : une mesure qui permettrait clairement une meilleure acceptabilité par la population des instruments tarifaires ou réglementaires mis en place pour réduire l'auto-mobilité.

Dans le même esprit, des outils ludiques peuvent inciter au report modal. Par exemple, une étude originale (Nakashima *et al.*, 2017) développe un système de gestion de la mobilité basé sur le smartphone, utilisant la « gamification » (ou ludification). Cette application est un compteur de pas (podomètre) et introduit un score et un classement. Cette étude révèle que le comportement de certains participants peut changer par le jeu et la compétition.

## Conclusion

La Loi d'Orientation sur les Transports intérieurs (LOTI) de 1982 rappelle dans son article 1<sup>er</sup> (modifié par la loi n°2005-102) le « droit qu'a tout usager de se déplacer et la liberté d'en choisir les moyens » (premier volet) en précisant aussi que ce droit s'exerce « dans le respect des objectifs de limitation ou de réduction des risques, accidents, nuisances, notamment sonores, émissions de polluants et de gaz à effet de serre » (deuxième volet).

Dans ce contexte, le numérique participe au droit à la mobilité en mettant à disposition des usagers une information précise en temps réel sur les solutions de déplacement alternatives à l'automobile et en faisant émerger sur des plateformes et applications pour smartphones des opportunités de mobilités innovantes partagées, de multimodalités, d'intermodalités... Dans le même temps, ces outils permettent la mise en place de politiques efficaces pour réduire l'auto-mobilité et participent ainsi au respect du deuxième volet de l'article 1<sup>er</sup> de la LOTI.

Au-delà de ces dimensions très positives du numérique, une limite importante demeure : l'illectronisme ou illettrisme numérique (Sénat, 2018). Selon le baromètre du numérique de l'ARCEP et de l'Agence du Numérique paru en 2017, 27 % des Français n'ont pas de smartphone et, parmi ceux qui en disposent, 31 % ne se sentent pas compétents pour l'utiliser. Selon une enquête menée pour la société Keolis en 2016, 30 % des individus interrogés seraient « offline » c'est-à-dire qu'ils n'utiliseraient pas les services numériques dans les transports ; cela constitue clairement un frein à l'utilisation de tous les services mis à disposition des usagers sur les applications pour smartphones et un obstacle au développement de plateformes d'échanges de permis à circuler. En définitive, les chiffres illustrent une certaine fracture numérique et relativisent fortement le rôle du numérique comme vecteur de transformation durable des mobilités urbaines.

## Références bibliographiques

AGUILERA A. & RALLET A. (2016), « Mobilité connectée et changements dans les pratiques de déplacement », *Réseaux*, Éditions La Découverte, 6, n°200, pp. 17-59.

ATEC-ITS (2017), « Cadre stratégique : "Mobility as a Service" »  
<https://atec-its-france.com/production/feuille-de-route-maas-mobility-as-a-service/>

BRANDS D., VERHOEF E., KNOCKAER J. & KOSTER P. (2019), "Tradable permits to manage urban mobility: market design and experimental implementation", Tinbergen Institute, 2019-007/VIII, Tinbergen Institute Discussion Paper.

BRISBOIS X. (2010), « Le processus de décision dans le choix modal : importance des déterminants individuels, symboliques et cognitifs », Thèse de doctorat en psychologie, Université Pierre Mendès-France, Grenoble II.

DE PALMA A. & LINDSEY R. (2009), "Traffic Congestion Pricing Methods and Technologies", hal-00414526, 50 pages.

DE PALMA A., PROOST S., SESHARI R. & BEN AKIVA M. (2018), "Congestion tolling-dollars versus tokens: A comparative analysis", *Transportation Research Part B, Methodological*, 108, 261.

BAO Y., DOGTEROM N., ETTEMA D. & XU M. (2018), "Willingness to change car use under a tradable driving credits scheme: A comparison between Beijing and the Netherlands", *The Journal of Transport and Land Use*, Vol. 11 N°1 pp. 499-518.

MIRABEL F. & REYMOND M. (2013), *Économie des transports urbains*, Éditions La Découverte, Collection Repères.



MONTGOMERY D. (1972), “Markets in licenses and efficient pollution control programs”, *Journal of Economic Theory*, 1972, vol. 5, issue 3, pp. 395-418.

NAKASHIMA R., SATO T., MARUYAMA T. (2017), “Gamification Approach to Smartphone-app-based Mobility Management”, *Transportation Research Procedia*, 25, pp. 2344-2355.

RAUX C. & MARLOT G. (2000), « Application des permis négociables dans le secteur des transports », Laboratoire d'Économie des Transports, 72 pages, juin.

RAUX C. (2007), *Le Péage urbain*, La Documentation française, 92 pages, Collection Transports, recherche, innovation, Le point sur.

RAUX C. (2009), « Les droits à circuler échangeables : une forme alternative au péage urbain ? », *Les Cahiers scientifiques du Transport*, n° 55/2009, pp. 127-154.

SENAT (2018), « Mettre les nouvelles mobilités au service de tous les territoires », Rapport d'information sur les nouvelles mobilités, N°117, Enregistré à la Présidence du Sénat le 8 novembre 2018.

# Vers des hyperlieux mobiles ?

## Des activités mobiles augmentées par les potentialités du véhicule autonome et connecté

Par Mireille APEL-MULLER

et Jean-Pierre ORFEUIL

Institut pour la Ville en Mouvement (IVM) – VEDECOM

### Introduction

Bouger, être agile, surfer, rebondir, accélérer (Rosa, 2010), et rester « branché », autant d'injonctions adressées aux individus dans la société hypermoderne (Ascher, 2005). Dans le même temps, la lutte contre la pollution et le changement climatique ont fait de l'usage de l'automobile une pratique à dissuader, alors que la mobilité des Français est réalisée à plus de 80 % en automobile, qui est en outre, dans la plupart des cas, le mode le plus rapide et le plus confortable. Ces injonctions contradictoires mettent les individus dans une situation de *double bind*. Même dilemme pour les territoires : l'économie commande d'offrir aux actifs la meilleure accessibilité aux emplois, ce qui implique des flux importants, la demande sociale porte à la fois sur une ville vivante et intense, mais avec des circulations apaisées, les territoires peu denses se développent mais veulent bénéficier de services comparables à ceux qu'on trouve en ville...

Comment le développement du numérique peut-il se positionner par rapport à ces enjeux ? Ses promoteurs auraient-ils intérêt à mieux comprendre ce qu'est la ville et ce que sont ses problèmes aujourd'hui ? Peut-on imaginer des applications du véhicule autonome et connecté qui répondent à ces problèmes ?

### La maîtrise de la mobilité et le numérique : des chemins de traverse, un bilan en demi-teinte

La maîtrise de la mobilité automobile est d'abord passée par des politiques fondées sur l'augmentation des prix et taxes, sur l'augmentation des temps de parcours et la diminution des espaces de circulation et de stationnement, couplées à des priorités données aux transports publics et au vélo. Le potentiel des télécommunications envisagé sous la forme d'un télétravail intégral n'a été que peu utilisé avant les années 2000.

Depuis l'explosion du numérique, tous les acteurs se saisissent de ses potentialités. Les promoteurs de la *smart city* prônent une démarche *top down* : la ville est une machine bourrée de capteurs qui permettent d'optimiser des systèmes. Cette démarche rencontre des limites : pour les circulations, à quoi bon les optimiser puisqu'on veut les réduire ? Ainsi le carrefour intelligent est-il resté dans les limbes et l'autoroute automatisée a-t-elle disparu avant d'avoir existé. Plus généralement, le risque de confier les clés de la ville à un géant du numérique (Haëntjens, 2018) inquiète. Enfin, la

« ville connectée » se classe bonne dernière parmi les six idéaux-types<sup>(1)</sup> de ville du futur présentés à des citoyens par l'Obsoco (2017).

D'autres partent d'une approche *bottom-up* plus individuée : c'est le cas pour le partage de véhicules (vélos en libre-service, autopartage), le partage de déplacements (covoiturage), l'usage de voitures avec chauffeurs (VTC), le partage d'espaces connectés (tiers lieux, espaces de coworking, télécentres). Ces innovations présentent des points communs : elles articulent le virtuel et la mobilité physique. Les individus gardent la main, le choix leur appartient. Elles ne font pas l'objet de la défiance générée par la *smart city*. Ces pratiques sont souvent occasionnelles, elles permettent de sortir des routines. Elles s'inscrivent pour la plupart dans des pratiques existantes<sup>(2)</sup> mais offrent une expérience nouvelle, que le numérique facilite (réservation, information, paiement) et permet d'étendre (les « avis » pour entraîner la confiance).

D'autres enfin se détournent du postulat classique de la mobilité (*i.e.* c'est l'individu qui se déplace vers un lieu où il réalisera une activité). Des prestataires vont vers le client : aides à domicile liées au vieillissement, pratiques plus élitistes (coiffeurs, manucures, tailleurs à domicile...) en voie de démocratisation, livraisons de biens et de repas. Le numérique facilite ces usages stimulés par des difficultés personnelles de mobilité ou par l'aspiration à ne plus perdre de temps.

Ces activités fonctionnent sur la base d'une rationalité instrumentale centrée sur des besoins individuels. Elles posent de nouveaux problèmes aux villes : doutes sur les réductions d'usage de l'automobile induites (Schaller, 2017), plaintes sur l'encombrement des trottoirs, stationnements en double file, faible présence dans les territoires peu denses où la dépendance à l'automobile est maximale. Les villes ont aussi d'autres attentes. Pour Carlos Moreno, spécialiste de la ville intelligente<sup>(3)</sup>, les vraies priorités de la ville intelligente « se situent dans le lien social à retisser, les lieux publics à réinventer et les communs à fabriquer ».

## **Des intelligences urbaines aux hyperlieux**

Une intelligence instrumentale est à l'origine de la ville : c'est le dispositif qui permet aux hommes de maximiser leurs interactions. Cette densité a produit au fil du temps l'urbanité, la « bonne intelligence » qui permet à des hommes différents de cohabiter : « Les avantages de la densité sont aussi immatériels, la ville, c'est un espace public qui rend possibles des interactions improvisées et constitutives d'un sentiment d'appartenance à une communauté » (Wiel, 2007). Haentgens (2018) partage cette attention à l'immatériel et voit quatre formes d'intelligence à développer dans la ville : intelligence technique, systémique, politique (capacité à se comprendre et à décider) et culturelle (capacité des habitants à vivre en bonne intelligence). Dans la mosaïque de territoires de densité diverse que constitue la ville d'aujourd'hui, les lieux sont très différents de ces points de vue. Certains conjuguent ces formes d'intelligence. Ce sont les « lieux intenses » des urbanistes, les *hyperespaces* d'Ascher (2003) où « l'individu est ici et ailleurs en même temps, dans un espace donnant accès à une infinité d'expériences et de contacts », les *hyperlieux* de Lussault (2017), qui favorisent des expériences partagées, où l'on se sent en familiarité avec autrui, avec des connexions à distance qui permettent l'ubiquité. À l'opposé de ces concentrés de ville, d'autres lieux, dans certaines banlieues, dans les espaces périurbains et ruraux, présentent des difficultés

(1) Les idéaux-types proposés dans l'étude étaient, outre la *ville connectée*, la *ville diffuse*, la *ville nature*, la *ville collaborative*, la *ville des courtes distances* et la *ville autosuffisante*.

(2) Les VTC sont des taxis augmentés par le numérique, le covoiturage s'est toujours pratiqué entre voisins, etc.

(3) In HUTEAU H. (2015), « La ville numérique : progrès social ou empilement technologique ? », Techni.Cités, 21 octobre.

d'accès aux ressources et aux réseaux, manquent d'expériences partagées, se sentent oubliés. C'est de ce constat qui mêle des dimensions fonctionnelles, expérientielles et symboliques, et des opportunités offertes par les véhicules du futur, que nous sommes partis pour construire le projet « Hyperlieux mobiles ».



Bus promotionnel ambulante aménagé en espace de vie.  
©Airbnb

## **Le projet « Hyperlieux mobiles » de l'Institut pour la Ville en Mouvement (VEDECOM) <sup>(4)</sup>**

Le véhicule est un objet connecté qui sera demain autonome dans certaines conditions. Il bénéficiera des innovations qui se déploient dans son environnement (cartographie en temps réel, *big data*, réseaux sociaux, etc.). La miniaturisation des outils (imprimantes 3D, outils de diagnostic médical, etc.) permettra de l'équiper pour qu'il devienne un lieu mobile de prestation relevant des quatre formes d'intelligence évoquées ci-dessus. Il pourra être le support d'activités qui vont bien au-delà de ce qui est imaginé aujourd'hui (la voiture privée où l'on peut travailler et se distraire, la supérette sur roues offrant des produits industriels hautement standardisés).

Ainsi est né le concept d'hyperlieux mobiles, qui pousse au paroxysme l'idéal-type d'un espace augmenté par des prestations mobiles qui permettraient d'échanger et de rassembler, de faire lieu le temps de leur présence, comme les événements sportifs, religieux, politiques et culturels dont Picon (2013) nous dit « qu'ils forment la trame à partir de laquelle s'élaborent aujourd'hui les grands récits urbains ».

Pour éviter tout déterminisme technique, et parce que « les technologies s'encastrent dans les usages sociaux » (Pasquier, 2019), nous sommes partis de pratiques existantes, les activités mobiles, pour les confronter aux potentiels d'un véhicule connecté et augmenté d'outils permettant d'accomplir certaines prestations. Il s'agit d'explorer les applications du véhicule du futur.

(4) Recherche action internationale de l'Institut pour la Ville en Mouvement-VEDECOM conduite en partenariat avec TRANSDEV, La Poste, Michelin, Telecom Paris, PSA, ETSAV-UPC Barcelone, Ifsttar, 6-T : [www.mobilehyperplaces.com/](http://www.mobilehyperplaces.com/)

Même si le rapport Lemoine (2014) recommande de « cultiver les herbes folles et leur autonomie<sup>(5)</sup> », nous avons construit un protocole d'observation et d'analyse rigoureux de ces pratiques mouvantes et provisoires en étudiant leur interaction avec les situations urbaines, avant d'analyser leurs capacités de développement en lien avec les nouveaux outils.

### **Des activités mobiles diverses, portées par toutes les catégories d'acteurs**

En excluant les pratiques d'habitat nomade et en ne retenant que les pratiques itinérantes qui se fondent sur des interactions avec des clients ou des publics, et celles qui se réalisent dans le mouvement même, nous avons identifié pas moins de six cents cas, des plus familiers (le *food truck*) aux plus inattendus (le bus « salle de sport », le vélo équipé de panneaux solaires et d'une batterie pour recharger des portables dans des zones à l'écart des réseaux électriques, les ateliers mobiles de maintenance de vélo allant de parvis de gare en parvis de gare...). Plus globalement, on trouve tous types d'activités – des commerces, des services privés ou des services publics –, tous types de porteurs – des individus, des associations, des ONG, des entreprises, des collectivités –, et tous types de territoires, des centres-villes aux périphéries lointaines, des pays en développement aux pays développés.

### **Plusieurs modalités de fonctionnement**

Les technologies mobilisées combinent la débrouille des bricolages traditionnels et l'usage des outils contemporains de communication. Les activités peuvent être réalisées en mouvement, comme la préparation de tournées de livraison finale par triporteur à bord d'un camion. Elles peuvent être proposées de manière régulière<sup>(6)</sup>, à la demande (l'essayage du costume dans un *taylor truck* équipé pour les retouches), ou encore « pluggées » sur des événements. Elles nécessitent souvent une « base arrière » (pour un centre de radiologie ambulante par exemple), mais pas toujours. Elles peuvent être au service de tous, ou de communautés spécifiques (utilitaires de restauration halal, casher, etc. près des centres d'examen, distribution de produits ethniques sur des parkings de supermarché). Elles peuvent atteindre des territoires pauvres en activités (dentiste mobile en zone rurale ou maison mobile de services publics au plus près des populations précaires ou isolées) ou entrer en compétition avec des activités fixes (la boutique chic ou l'esthéticienne dans un quartier d'affaires). Lorsqu'elles ne sont pas proposées par une collectivité, elles peuvent être autorisées, tolérées, réglementées à travers des droits négociés d'occupation de l'espace public, interdites voire combattues – cas fréquent des mécaniciens de rue qui prolongent la vie des voitures de ceux qui ne peuvent se payer un garage « officiel » (Ndyaye, 2019). L'activité peut être confinée dans le véhicule, ou « déborder » sur des espaces publics, comme le *food truck*, certains commerces et cinémas ambulants ou ateliers éducatifs. Elle fabrique alors des densités éphémères, des échanges avec l'offreur de service et entre les clients qui participent à l'augmentation et à l'intensification du lieu.

### **Des moteurs de croissance, pour l'offre et pour la demande**

Une opportunité de circonstance d'abord : ces activités pourraient être le support d'expérimentations peu coûteuses de véhicules autonomes, puisque la personne réalisant l'activité pourrait jouer le rôle du conducteur de secours toujours présent dans ces expérimentations, sous réserve d'avoir reçu une formation adéquate.

En termes plus structurels, ces activités s'inscrivent dans un mouvement déjà engagé de transformation par le numérique des *process* des entreprises (des grands de la distribution aux

(5) Une recommandation que l'IVM, qui s'est spécialisé dans l'exploration des impensés de la mobilité (« Mobilité pour l'insertion », 2001 ; « Acheter ou louer ? », 2006 ; « La ville à domicile », 2009 ; « Passages », 2013...), peut partager.

(6) Même dans ce cas, la communication préalable améliore la relation client : les attentes peuvent être précisées.

restaurateurs de quartier <sup>(7)</sup>), avec notamment l'explosion des commandes à distance et des livraisons, mais aussi avec le retour du commerce de proximité : dans un contexte où se déplacer est difficile (dans les métropoles) ou coûteux (dans les zones rurales), c'est le vendeur qui va vers l'acheteur, voire l'industriel qui vient fabriquer sur place. Ces activités trouveront dans des technologies encore émergentes (impression 3D, arrivée de la 5G, etc.) de nouvelles opportunités.

Elles constituent une opportunité pour celles et ceux qui n'arrivent pas à franchir la porte du salariat, ou pour qui une installation « en dur » serait trop onéreuse, ou qui souhaitent travailler hors des cadres traditionnels. Il ne faut toutefois pas sous-estimer l'importance d'arriver à maîtriser des savoir-faire multiples : pour l'activité proposée et la maintenance des matériels, pour la négociation de sa présence physique avec des parties prenantes multiples, pour la sécurisation des micro-espaces qu'elle fabrique, etc.

Elles peuvent être accueillies favorablement par des collectivités, soit qu'elles contribuent à rythmer autrement les espaces déjà intenses, soit qu'elles constituent une alternative économique et frugale lorsqu'un véhicule permet de remplacer de multiples bâtiments qui seraient sous-utilisés, et participe à créer des intensités temporaires dans des lieux qui en sont dépourvus, en offrant une réponse originale aux souhaits d'équité territoriale et de visibilité des attentes des zones moins denses. Cette perspective est très présente aujourd'hui dans le développement d'une médecine ambulante en zone rurale connectée à des services d'excellence <sup>(8)</sup>, mais aussi dans les agglomérations, comme le montre la réflexion prospective menée à Saint-Nazaire (CARENE, 2013) : « La ville centre comme les villages ont besoin de lieux intenses mais aussi de lieux plus calmes. À chacune de ces polarités correspondent une ambiance, un rythme et un usage différents (...). En 2030, cette intensité devra aussi s'exprimer à toutes les échelles : dans les quartiers, les villages, l'agglomération, la métropole Nantes-Saint-Nazaire. Les intensités, à l'image des ambiances, seront éphémères et variables (...). Pour s'ajuster à ces variations, le territoire deviendra réversible et modulable. Il doit devenir territoire de ressources et de ressourcement. »

## **Conclusion**

Un renouveau des services itinérants fondé sur une articulation des véhicules et du numérique est à la fois possible et souhaitable dans de nombreux cas. Ce peut être une opportunité au service des territoires et d'une diminution de la mobilité subie. Comme toute innovation, elle présente aussi des risques : risques d'exclusion liés à l'« illettrisme numérique » ; risque d'extension de l'ubérisation de la société et d'une sur-sollicitation du « temps de cerveau disponible » ; risque de développement d'activités plus ou moins licites ; risques de conflit liés à une concurrence déséquilibrée avec des acteurs établis du voisinage ; risques de sur-occupation d'un espace public déjà convoité par une multitude d'opérateurs.

Le défi pour les pouvoirs publics locaux sera de tirer le meilleur parti de ces herbes folles capables d'être des catalyseurs du métabolisme urbain et réductrices d'inégalités territoriales, en évitant qu'elles ne deviennent des espèces invasives.

## **Bibliographie**

ASCHER F. (2003), « Bouge l'architecture ! Villes et mobilités », exposition de l'Institut pour la Ville en Mouvement.

(7) Selon Bpifrance (2018), « La transformation numérique est avant tout synonyme d'une nouvelle culture et d'une nouvelle façon de travailler ».

(8) Voir THOMAZEAU A.-M. (2019) « Déserts médicaux, les professionnels s'engagent », *Viva magazine*.

- ASCHER F. (2005), *La Société hypermoderne*, L'Aube.
- Bpifrance (2018), « La transformation numérique, une nécessité ».
- CARENE Saint-Nazaire Agglomération (2013), « Destination 2030 », <http://www.destinations2030.org/>
- HAËNTJENS (2018), « Comment les géants du numérique veulent gouverner nos villes : la Cité face aux algorithmes », Rue de l'Échiquier.
- LEMOINE P. (2014), « La nouvelle grammaire du succès. La transformation numérique de l'économie française », *Rapport au gouvernement*.
- LUSSAULT M. (2017), « Hyperlieux, les nouvelles géographies de la mondialisation », Le Seuil.
- NDYAIE et coll. (2019), « La mécanique de rue, vertus cachées d'une économie populaire dénigrée », *Métropolitiques*.
- L'Obsoco (2017), « L'observatoire des usages émergents de la ville », vague 1, <http://www.lobsoco.com/wp-content/uploads/2017/11/OUEV-Globale-Web.jpg>
- PASQUIER D. (2019), *L'Internet des familles modestes. Enquête dans la France rurale*, Presses des Mines
- PICON A. (2013), *Smart cities. Théorie et critique d'un idéal auto-réalisateur*, Éditions B2.
- ROSA H. (2010), *Accélération, une critique sociale du temps*, La Découverte.
- SCHALLER B. (2017), "Unsustainable, the growth of app based ride services", Schaller Consulting.
- WIEL M. (2007), *Pour planifier les villes autrement*, L'Harmattan.

# Micro-mobilité partagée : sont-ils devenus fous ?

Par **Henri MOISSINAC**

Co-fondateur de Dott ([www.ridedott.com](http://www.ridedott.com))

Des centaines de millions ont été investis dans des sociétés de micro-mobilité partagée (vélos et trottinettes électriques). Est-ce une nouvelle bulle ? Pourquoi tant d'excitation ? N'a-t-on rien appris de l'explosion puis l'implosion des services de vélos chinois ? Eh bien non ! Préparez-vous au prochain changement majeur dans nos villes. Au cours des cent dernières années, la mobilité terrestre a été principalement guidée par l'évolution des voitures privées et à combustible fossile. Des infrastructures ont été déployées dans le monde entier pour accueillir les voitures : de gigantesques autoroutes ont été construites pour relier les villes. Les rues ont été élargies pour permettre la circulation des voitures. De vastes zones ont été allouées au stationnement urbain. Toute une chaîne d'approvisionnement (stations-service, raffineries, pétroliers, etc.) a été mise en place. Et des centaines de milliards d'euros ont été prêtés pour permettre à chacun d'acquérir un véhicule. Les voitures sont rapidement devenues des signes de statut et de style de vie.

Pourtant, l'ère des voitures privées et à combustion fossile touche à sa fin.

Le premier facteur est un changement culturel. La propriété privée était une aspiration de nos parents. Posséder ses biens, sa voiture, sa maison, etc., donnait une forme de liberté et d'indépendance. Les nouvelles générations pensent différemment. Elles aspirent toujours à la liberté, mais elles n'ont plus besoin de posséder pour pouvoir en profiter. Des plateformes partagées offrent tous les avantages de la propriété sans les inconvénients de devoir entretenir et renouveler ses biens : Spotify, pour la musique, remplace les CDs ; iTunes propose des films à la demande et remplace les DVD ; AirBnb ou Expedia rendent inutile la maison de campagne. Et la voiture ? Pourquoi prendre sa propre voiture pour aller au bord de la mer quand on peut prendre le train et louer un véhicule adapté sur place ? Pourquoi affronter la circulation citadine et se garer en ville quand on peut prendre le métro, louer un scooter électrique ou arrêter un taxi ? L'infrastructure partagée est plus flexible, plus adaptée, plus rapide, moins chère, en particulier dans les transports. Les véhicules partagés ont une utilisation plus élevée et donc un coût par trajet plus bas. Ils apportent de la flexibilité et optimisent les ressources et le budget de chacun.

Le deuxième facteur est le développement de la mobilité électrique. La technologie progresse. Les piles s'améliorent chaque année. Elles stockent plus d'énergie dans moins d'espace. Les moteurs électriques sont plus petits et plus puissants. Les véhicules électriques ne dégagent pas de carbone (quand leur source d'énergie est elle aussi décarbonée, ce qui n'est pas encore partout le cas, sauf dans quelques pays tels que l'Islande, le Costa Rica ou la France, mais tout le monde y arrivera). Il reste des défis à relever : recharger les batteries, par exemple, requiert des infrastructures parfois coûteuses, mais cela progresse également (stations à recharge rapide, batteries échangeables). Le monde de la mobilité passe à l'électricité avec l'explosion des vélos à assistance électrique, des scooters, des voitures, personnels et partagés. L'électricité devient la source d'énergie dominante en ville.

Le troisième facteur est l'essor de l'IoT (*Internet of Things*). Les puces sont de plus en plus petites et puissantes. De plus en plus d'électronique est embarquée, que ce soit dans les voitures, mais aussi dans les vélos ou les motos. L'industrie automobile ne consiste plus juste de la construction



mécanique, c'est aussi du logiciel et de l'électronique. Une grande partie de ces véhicules seront bientôt autonomes, à commencer par l'autodiagnostic, la maintenance et, un jour, la conduite. Cette convergence technologique entre l'automobile, l'électronique et les télécoms a simplement permis l'existence des véhicules partagés tels que les scooters électriques de Cityscoot ou les voitures à la demande d'Uber. Nous l'avons vu d'abord en Chine, où les flottes de dizaines de millions de vélos partagés, connectés au réseau grâce à l'IoT, étaient probablement le premier déploiement à très grande échelle de l'IoT entre les mains des consommateurs, avec des centaines de millions de trajets chaque jour.

Le quatrième facteur est social et politique. Avec le réchauffement climatique menaçant notre mode de vie, les villes veulent réduire les émissions de carbone et la pollution. Les municipalités construisent des voies vertes, des voies cyclables, des espaces de stationnement pour les véhicules verts et légers (vélos et scooters électriques, par exemple). Elles agissent pour réduire l'utilisation des voitures : multiplication des taxes sur les voitures, des zones sans voitures ou des incitations fiscales favorisant des solutions moins polluantes. Cet environnement conduit progressivement à une évolution vers des véhicules verts, mais il reste beaucoup à faire pour offrir un environnement sécurisé à la mobilité légère.

La convergence de ces quatre tendances :

- 1) la propriété partagée,
  - 2) le développement des véhicules électriques,
  - 3) la convergence des industries de l'électronique, des télécommunications et de l'automobile,
  - 4) l'investissement dans les infrastructures pour des villes sans carbone,
- crée un changement massif dans la mobilité urbaine.

Cette révolution urbaine axée sur les véhicules partagés, pratiques et écologiques, sera massive, et aussi porteuse de changement pour les villes que l'arrivée du téléphone mobile dans notre vie. Velib et Uber : c'est Blackberry. La batterie électrique : l'écran tactile. Les trottinettes et vélos électriques partagés : les premiers iPhones.

La plupart des investisseurs ont compris cela. Ils y vont tous. La question suivante est de savoir quelles entreprises auront un impact et sauront conquérir ce marché.

Premièrement, l'industrie automobile traditionnelle. Elle sait construire un équipement de qualité avec des micro-logiciels intégrés. Certains acteurs ont déjà migré vers des infrastructures partagées (BMW & Drive Now, Bosch & Coup, Ford & Spin). La vitesse à laquelle ce marché évolue représente un défi constant. Le développement de ces nouvelles activités en ville est trop rapide pour eux. Par exemple, la recharge et la maintenance de la flotte de véhicules en ville est un nouveau métier. Certains font des progrès. Certains commencent par créer des entités distinctes combinant le meilleur de leur expertise passée avec la rapidité des jeunes entreprises en contact direct avec le consommateur.

Deuxièmement, les entreprises d'électronique. Pourquoi des entreprises telles que Foxconn ou Apple ne se lanceraient-elles pas dans ce domaine ? Elles maîtrisent l'électronique et les logiciels embarqués. Elles peuvent appliquer leur expertise pour construire ou créer des partenariats en vue de développer des concepts de véhicules mécaniques. Jusqu'à présent, aucun service n'a été lancé par ces acteurs, mais cela pourrait changer.

Troisièmement, les entreprises de covoiturage (Uber, Grab, Taxify, etc.). Elles ont une importante base d'utilisateurs préexistante et des relations établies avec les villes. Elles paraissent bien placées pour se positionner sur le marché de la mobilité partagée. Pourtant, il existe une différence essentielle : ces acteurs gèrent des places de marchés virtuelles entre consommateurs et chauffeurs (*marketplace business model*), et non pas des relations entre des consommateurs et des actifs

physiques (*retail business model*). Ce sont presque les mêmes clients, mais ce n'est pas du tout le même métier. Tout un défi.

Quatrièmement, les *pure players* dédiés à ces nouveaux services (Bird, Dott, Lime, Mobike et autres). Ils sont spécialisés, ils apprennent rapidement. Ils ont un objectif clair et défini et sont très rapides pour l'obtenir. Ils n'ont pas les mêmes ressources financières, ils manquent parfois de l'expertise présente chez ces autres acteurs, mais beaucoup d'experts venant des trois premiers types d'acteurs les rejoignent et pourraient leur permettre de tout avoir à l'arrivée.

Alors... qu'en pensez-vous ? Sommes-nous fous d'investir autant dans le partage de véhicules électriques ? Non, bien sûr ! Nous sommes à l'aube d'une révolution de la mobilité et de nouveaux acteurs comme Dott vont émerger partout en Europe et ailleurs.

# Financer la mobilité intelligente par les leviers public-privé

Par Carine STAROPOLI

Paris School of Economics / Université Paris 1

et Benoît THIRION

Altermind

La poursuite et l'accélération de la transformation digitale et de la décarbonation des villes requièrent des ressources financières considérables qui doivent être affectées à des projets cohérents avec la transition énergétique. Il s'agit bien d'un double défi pour les acteurs publics et privés de la finance verte. Dans son panorama des financements climat 2018, l'*Institute for Climate Economics* (I4CE) met en évidence à la fois le déficit croissant de financements (entre 10 et 30 Mds d'euros) par rapport aux besoins identifiés pour atteindre la trajectoire des objectifs nationaux en matière de climat (I4CE, 2018<sup>(1)</sup>) et le niveau toujours très élevé des investissements fossiles, considérés comme défavorables au climat (I4CE, 2018). Bien que les investissements climat<sup>(2)</sup> atteignent le chiffre record de 41,2 Mds d'euros en 2018, en progression de 17 % au cours des trois dernières années, ils sont près de deux fois inférieurs au niveau des investissements fossiles.

Le secteur de la mobilité et des transports est une cible prioritaire pour réussir la transition énergétique. Il représente la principale source d'émissions de gaz à effet de serre (GES), avec près de 30 % des émissions nationales, devant les secteurs du bâtiment et de l'agriculture. La tendance ne va pas en s'améliorant du fait de la prédominance persistante du mode routier et de la difficulté à mettre en œuvre le report modal du transport de marchandises comme de voyageurs.

Face à cette situation, acteurs publics et privés doivent mettre en place une mobilité plus « intelligente », économe et écologique, qui permette de répondre aux besoins des habitants des villes, et plus largement des territoires, dans des conditions compatibles avec la lutte contre le changement climatique et la protection de l'environnement. Comme dans le secteur du logement, la solution, dans le secteur des transports, passe par l'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution de l'air.

## Quels gisements d'efficacité énergétique dans la mobilité ?

Pour développer une mobilité intelligente, plusieurs gisements d'efficacité énergétique peuvent être exploités. Les premiers concernent la baisse de la consommation de carburant et l'évolution des motorisations vers des technologies moins polluantes. La réalisation de ces objectifs passe par une politique industrielle volontaire<sup>(3)</sup> et l'adaptation des infrastructures et équipements de

---

(1) L'I4CE estime les besoins annuels d'investissement sur la base des objectifs chiffrés établis dans la Stratégie nationale Bas Carbone et la Programmation pluriannuelle de l'Énergie. Pour l'édition 2018, ce sont les chiffres de la SNCB 2015 et la PPE de 2016.

(2) Les investissements climat (41,2 Mds d'euros en 2017) concernent l'efficacité énergétique (19,8 Mds d'euros), la construction d'infrastructures durables dans le secteur des transports et des réseaux (10 Mds d'euros), le déploiement des énergies renouvelables (6,6 Mds d'euros), la forêt et les procédés industriels non énergétiques (2 Mds d'euros), les dépenses consacrées à la prolongation du parc nucléaire (2,8 Mds d'euros). Sources : I4CE (2018).

(3) En décembre 2018, les négociateurs des États membres de l'UE et du Parlement européen se sont mis d'accord pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules utilitaires et des voitures neuves de 37,5 % d'ici à 2030, ce qui implique notamment qu'environ un tiers des nouveaux véhicules fonctionneront à l'électricité ou à l'hydrogène.

la mobilité : de nouvelles infrastructures de distribution (bornes de recharge pour les véhicules électriques, stations de remplissage pour les véhicules à hydrogène, etc.) doivent être mises en place et les réseaux électriques doivent être renforcés et modernisés en conséquence.

Les pratiques de mobilité doivent par ailleurs évoluer, ce qui implique d'inciter les usagers dans ce sens et de leur proposer de nouveaux services. Au-delà de la réduction du nombre de trajets, des distances parcourues et des vitesses, il faut aussi encourager de nouvelles formes de mobilité basées sur l'intermodalité et le report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs d'une part, et vers les modes actifs (marche à pied, vélo) ou partagés (autopartage commercial ou entre particuliers, *free-floating*) d'autre part.

L'adoption de ces nouveaux usages est facilitée par des infrastructures durables et la digitalisation du secteur de la mobilité et des transports. Il s'agit d'organiser les pôles d'échanges multimodaux, de permettre le transport collectif en site propre ou de faciliter les cheminements pour les modes actifs (pistes cyclables, points d'attache pour les deux-roues, garages à vélo, aires de covoiturage, places de parking supplémentaires dans les gares, etc.). À l'image d'autres services de la ville intelligente, la mobilité devient « intelligente » quand elle utilise des technologies de l'information et du numérique – les systèmes de transport intelligents (STI) – basés sur des équipements (afficheurs, radars, GPS, RFID), sur des réseaux sans fil, ou sur la collecte, l'enregistrement et l'utilisation des données obtenues par des capteurs ou des caméras. Le champ d'application des STI est très vaste : sécurité routière, gestion des trafics, information multimodale, systèmes de paiement électronique, aide à la conduite... Faute de pouvoir construire de nouveaux réseaux de transport pour des raisons à la fois économiques, environnementales et spatiales, les STI permettent d'optimiser les réseaux existants dans le temps et dans l'espace et de réduire les congestions. Grâce aux outils d'information multimodaux performants et aux nouveaux services de mobilité connectés, les usagers peuvent se déplacer de manière plus efficace en termes de temps de transport, de confort et de prévisibilité avec un impact environnemental plus faible.

## **Quels leviers de financement public-privé ?**

Les collectivités territoriales, en tant qu'autorités organisatrices de la mobilité (AOM) et chefs de file à divers degrés des stratégies locales de la transition énergétique, interviennent naturellement dans le financement des investissements en infrastructures et équipements nécessaires à la mutation environnementale et numérique des mobilités. Cette intervention peut prendre plusieurs formes selon le degré d'implication de la collectivité dans l'organisation du service, d'une part, et la façon dont elle exerce sa fonction de régulateur et de facilitateur, d'autre part.

En tant qu'AOM, les collectivités territoriales font face à l'alternative *make or buy* : elles peuvent les prendre en charge elles-mêmes, en régie, ou avoir recours au secteur privé, dans le cadre de marchés publics ou de partenariats public-privé<sup>(4)</sup>. Dans certains cas, le recours au contrat se double d'une prise de participation dans la société en charge du service, sous la forme de sociétés d'économie mixte (SEM), de sociétés publiques locales (SPL) ou de sociétés d'économie mixte à opération unique (SEMOP).

De façon générale, les contrats publics doivent s'adapter à la transformation digitale : ils doivent devenir plus intégrés, à la fois verticalement (de la conception à l'exploitation des infrastructures,

---

(4) Les PPP sont entendus au sens large comme les contrats par lesquels une personne publique transfère au secteur privé un investissement traditionnellement réalisé ou financé par le secteur public, ainsi que la gestion et l'exploitation de l'ouvrage ou équipement public, en faisant porter un risque significatif au partenaire privé. Sont distingués les PPP avec transfert du risque de demande (concessions) et les PPP avec transfert du risque de disponibilité (marchés de partenariat). Certains marchés publics globaux se rapprochent de PPP (Saussier et De Brux, 2018).

y compris des données) et horizontalement (en incluant différents services), mieux associer les citoyens-usagers-consommateurs, être davantage axés sur l'usage et la satisfaction et être plus innovants. De nouveaux partages de risques doivent également être envisagés, dans un univers économique qui change rapidement. Le recours aux financements privés peut se justifier par la contrainte budgétaire forte des collectivités territoriales. Les PPP qui se caractérisent par un préfinancement privé peuvent constituer un outil pertinent pour les projets intelligents par la structure du financement mais aussi en raison de la nature globale, transversale et multisectorielle des projets.

Ces outils peuvent être particulièrement utiles pour mettre en place, sous la responsabilité des collectivités publiques, des offres de MaaS (*Mobility as a Service*) assurant une multimodalité, l'information en temps réel des usagers et une billetterie unique. La métropole du Grand Dijon a ainsi conclu pour 2017-2022, sous la forme d'une délégation de service public, un contrat global de mobilité avec Keolis incluant la gestion des transports publics, les vélos en libre-service, les parkings, les services de fourrière, et intégrant les potentialités du numérique (application numérique, *openpayment*), pour un montant de 435 M d'euros.

En dehors de leur responsabilité dans l'organisation des services publics, les collectivités publiques ont également un rôle à jouer pour encourager les investissements privés dans des infrastructures et services de mobilité.

Traditionnellement, ce type d'interventions se fait sous la forme de subventions. Les dispositifs sont, à ce titre, très nombreux, à la fois dans le domaine des transports et dans celui de la transition énergétique (subventions publiques régionales, nationales, européennes – Feder –, subventions d'agences comme l'Ademe, etc.). Certains services de mobilité innovants comme l'auto-partage commercial ou le covoiturage peuvent bénéficier de subventions publiques : Île-de-France Mobilités a par exemple décidé en avril 2019 de financer les covoiturages jusqu'à 3 euros par passager, jusqu'au 31 décembre 2019<sup>(5)</sup>.

Outre les subventions, de nouveaux instruments financiers public-privé de partage des risques se développent pour certains secteurs d'activité risqués ou à la rentabilité privée faible : garanties, prêts bonifiés, fonds propres et quasi-fonds propres. Ces instruments apportent à des actifs un financement en capital ou en dette, avec un coût moindre par rapport à un financement privé. Leur objectif est de générer un effet d'entraînement maximal du secteur privé.

Ces outils sont mobilisés au niveau européen, notamment dans le cadre du plan Juncker adopté en novembre 2014, avec le Fonds européen pour les Investissements stratégiques (FEIS), qui est un mécanisme de garantie. À la suite de son extension en décembre 2017, il a été doté, pour la période 2014-2020, de 30,4 Mds d'euros, avec l'objectif de débloquer au moins 500 Mds d'euros d'ici à 2020<sup>(6)</sup>. En France, ces outils sont également mobilisés, mais de façon dispersée, sans cohérence ni doctrine claire et partagée. Le rapport Canfin-Zaouati (2018) a recommandé de mobiliser pour la transition énergétique et écologique une enveloppe de financement de 1 Md d'euros permettant de générer 10 Mds d'euros d'investissements privés sur trois ans. Les instruments financiers de partage de risque seraient gérés par France Transition, réunissant les équipes de la Caisse des Dépôts et Consignations, Bpifrance, l'Ademe et l'Agence française de Développement. Le gouvernement a annoncé le 23 mai 2019 la mise en œuvre de ces propositions.

(5) Certains de ces services sont parfois directement exploités par la collectivité (en régie, SPL ou SEM) ou sous sa responsabilité, comme un service public d'auto-partage ou une plateforme publique de covoiturage.

(6) Le programme InvestEU, doté de 38 Mds d'euros, doit prendre la suite du plan Juncker pour la période 2021-2027, avec l'objectif de mobiliser 650 Mds d'euros supplémentaires.

La mobilité a vocation à bénéficier de tels dispositifs. Le rapport Canfin-Zaouati (2018) a notamment proposé la mise en place d'un système de garantie publique pour couvrir les risques associés à la période de montée en puissance de l'usage des bornes de recharge de véhicules électriques, risques qui constituent aujourd'hui un frein majeur pour les collectivités et les industriels. Le besoin d'investissement annuel supplémentaire d'ici 2028 par rapport à 2017 est estimé entre 260 M d'euros et 1,4 Md d'euros. La mobilisation des financements privés pourrait être facilitée par l'essor de la finance verte et la mise en œuvre de mécanismes incitatifs et d'une régulation bancaire et financière davantage tournée vers les projets de transition.

Enfin, si elle ne constitue pas un levier financier *stricto sensu*, la régulation, c'est-à-dire l'orientation des comportements des acteurs privés par la mise en place de règles pour concilier le libre jeu du marché et d'autres objectifs de politique publique, est un levier essentiel de la mobilité intelligente. Il s'agit notamment pour les collectivités publiques de mettre en place les bonnes incitations pour faire émerger des projets et services privés innovants, respectueux de l'intérêt général.

Ces incitations peuvent être financières : en matière de mobilité, il est ainsi possible d'imaginer des péages urbains ou des systèmes de tarification du stationnement des véhicules personnels incitant au report modal. Elles peuvent également être non financières. Tel est l'enjeu, en particulier, de l'*open data* et des licences d'exploitation. Le projet Optimod'Lyon du Grand Lyon, engagé dès 2012, fait figure d'exemple à suivre : en favorisant les coopérations public-privé, il a permis, grâce à la constitution d'un entrepôt de données d'acteurs publics et privés, la création de services innovants dans le respect des politiques publiques, comme le premier GPS multimodal temps réel, développé par la société Cityway. La mise en place d'un service public de la donnée par Rennes Métropole mérite d'être suivie. Cette initiative vise à favoriser le partage et l'usage des données d'intérêt général, et l'un de ses volets porte sur les mobilités. Il s'agit notamment de d'instaurer un cadre conventionnel entre acteurs publics et privés permettant l'échange et l'ouverture de certaines données.

Au-delà de la mobilisation de financements publics, ces initiatives permettent de renforcer les synergies public-privé et participent à ce titre pleinement du déploiement des *smart cities*. C'est en mobilisant l'ensemble des outils à la disposition des collectivités publiques – contractuels, financiers, réglementaires, partenariaux, etc. – que pourront se déployer les solutions permettant de répondre aux défis de la mobilité urbaine.

## **Bibliographie**

AUBY J.-B. (2017), « Contrats publics et smart cities », *Contrats et marchés publics*, octobre, n°10.

Banque des Territoires (2019), « Déployer de nouveaux services de mobilité au cœur des villes », mars.

CANFIN P. & ZAOUATI P. (2018), « Pour la création de France Transition », Rapport au ministre de la Transition écologique et solidaire et au ministre de l'Économie et des Finances, décembre.

I4CE (2018), « Panorama des financements climats », Édition 2018. Consulté sur le site

<https://www.i4ce.org/download/edition-2018-du-panorama-des-financements-climat/>

Ibicity, Partie Prenante, Espelia (2018), « Qui gouvernera la ville (de) demain ? », Étude sur les nouveaux modèles économiques urbains – Saison 2 – Rapport final, Étude financée par l'Ademe avec le soutien de la Caisse des Dépôts, novembre.

OLIVEIRA CRUZ C. (2017), "Reforming traditional PPP models to cope with the challenges of smart cities", *Competition and Regulation in Network Industries*, Vol. 18(1-2) 94-114.

Réseau Action Climat France (2015), « Transition énergétique : comment financer les solutions de mobilité ? ». Consulté sur le site <https://reseauactionclimat.org/publications/collectivites-territoriales-financer-solutions-mobilite/>

SAUSSIÉ S. & DE BRUX J. (2018), *The Economics of Public-Private Partnerships. Theoretical and Empirical Developments*, Springer International Publishing.

STAROPOLI C. & THIRION B. (2018), « *Smart city* : quelles relations public-privé pour rendre la ville plus intelligente ? », *Note pour la Fondation Terra Nova*, septembre.

STAROPOLI C. & THIRION B. (2019), « Digital New Deal : les relations public-privé dans la smart city », *Les Policy Papers de la Chaire EPPP*, n°2, mai.

# Mobilité durable, numérique et financement : quel modèle pour quels territoires ?

Par Jean COLDEFY

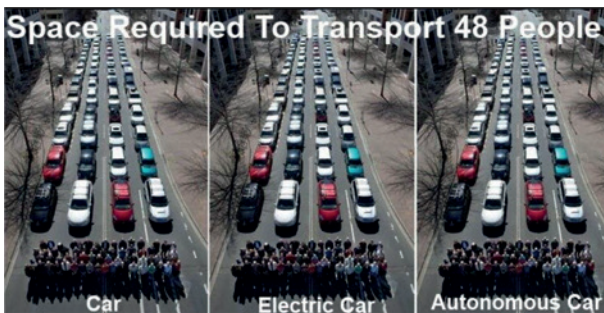
Métropole du Grand Lyon <sup>(1)</sup>

« Mobilité 3.0 », ATEC ITS France

Alors que la loi d'orientation des mobilités est sur le point d'être définitivement adoptée par le parlement et que le pays traverse une crise sociale profonde, sans précédent depuis cinquante ans, les mobilités se retrouvent au cœur des débats actuels. Depuis deux à trois ans, pas une semaine ne passe sans que la presse ne se fasse l'écho des innovations permises par le numérique, nous promettant une révolution avec des mobilités propres, peu coûteuses, largement déployées dans des délais records. La réalité de terrain nous rattrape, et elle le fait durement. Elle nous rappelle que l'on a besoin de services physiques pour se déplacer, et que ces services doivent être accessibles au plus grand nombre, et non à quelques *happy few* des classes sociales supérieures. Elle nous rappelle que la voiture est et restera le vecteur essentiel de déplacements et que la rejeter par principe est irréaliste pour bon nombre de territoires. Elle nous rappelle que le numérique est l'une des composantes du système de mobilité et que sans des infrastructures adaptées, sans des services de transport en commun de masse, sans un modèle économique soutenable, le numérique ne peut donner sa pleine capacité ni toute sa valeur ajoutée aux mobilités du quotidien. Cette fameuse révolution, en effet, les Français ne la voient pas dans leur quotidien : la part modale de la voiture est quasi inchangée depuis vingt ans en France, la voiture représentant 80 % des voyageurs/kilomètre. Les trois quarts des Français prennent toujours leur voiture pour aller travailler, 10 à 20 % des trains du quotidien en heure de pointe ne partent pas à l'heure ou sont supprimés, les bouchons pour accéder aux agglomérations ne font qu'augmenter d'année en année.

Les technologies offrent indéniablement des marges de manœuvre, mais sauront-elles seules nous faire changer de modèle ? On peut en douter au vu des retours d'expérience et des fondamentaux de la mobilité urbaine.

Le covoiturage et l'auto-partage touchent un public très restreint. Le bilan du covoiturage en Île-de-France pendant les grèves SNCF et la subvention d'Île-de-France Mobilités de 2 €/voyage est de 2 000 trajets/jour sur un total de 41 000 000 ! La généralisation de la subvention au covoiturage comme annoncée en Île-de-France, à hauteur de 150 €/mois, si elle est un succès est potentiellement un gouffre pour les fonds publics et donc une impasse (plusieurs centaines de millions voire potentiellement



au-delà du milliard annuel). Le bilan national de l'auto-partage nous montre que ses utilisateurs gagnent en moyenne 3 700 € mensuels, soit deux fois le revenu médian (les 15 % les plus riches), que 50 % d'entre eux ont Bac+5 et se déplacent pour l'essentiel le week-end sur des distances moyennes de 80 km. L'impact sur la mobilité quotidienne est donc quasi nul.

(1) De 2010 à 2016.

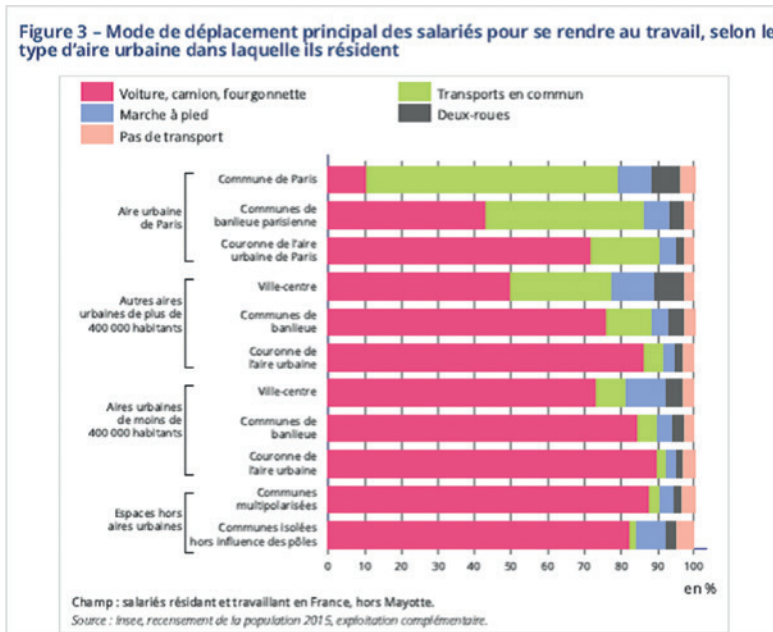


Le véhicule autonome aura des défis technologiques considérables à relever. Son usage (partagé ou privé), la mixité ou non des voiries qu’il utilisera, son modèle économique, les responsabilités juridiques, les équipements routiers nécessaires, sont autant de difficultés à résoudre. Les acteurs de l’écosystème le reconnaissent aujourd’hui enfin, après des années de propagande marketing : la route est longue, très longue pour passer de la promesse à la réalité et plus grand-monde ne se risque à annoncer une date de généralisation.

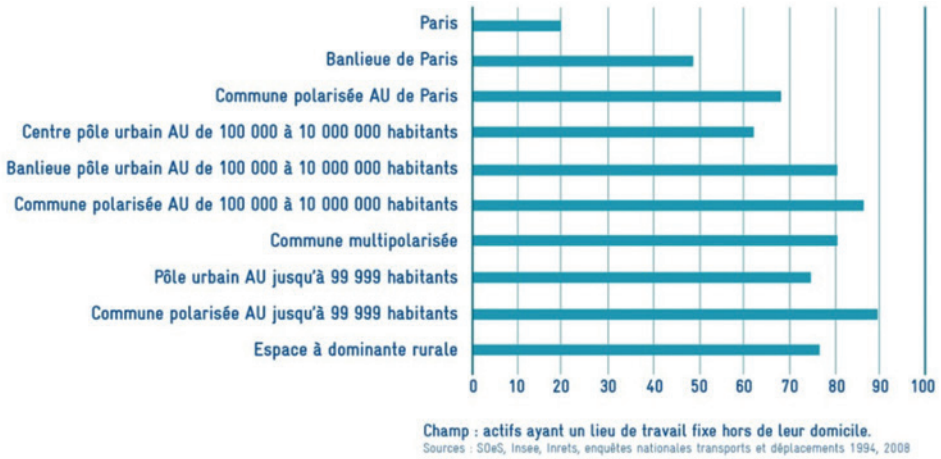
Le véhicule électrique, qui très probablement se déploiera essentiellement dans sa version hybride rechargeable, s’il adresse partiellement l’enjeu de pollution (partiellement, car une réduction de trafic conventionnel de 30 % induit une baisse de pollution de 8 %), ne résoudra en rien l’enjeu de l’occupation de l’espace public, tout comme le véhicule autonome individuel.

Il y a une large déconnexion entre ce discours technophile d’innovation, et les réalités des Français. Quelles sont-elles ?

- L’essentiel des créations d’emplois depuis dix ans a été le fait des grandes métropoles, la quasi-totalité des villes moyennes et grandes périphéries ont perdu des emplois.
- Le prix du logement a été multiplié par 3 dans les métropoles en 20 ans. Paris abrite 45 % de cadres (contre 16 % en moyenne en France), Lyon a vu sa proportion de cadres multipliée par 3, et celle des employés et ouvriers divisée par 3 en 30 ans. Pour un habitant en hypercentre, 3 autres résident au-delà du périphérique, Paris détenant le record avec un ratio de 1 à 6 (Paris a perdu 400 000 habitants en 50 ans, soit près de 20 % de sa population !). Source : Insee 2018.
- Le résultat de tout ceci est connu et confirmé par toutes les études : les ménages habitent de plus en plus loin de leur lieu de travail, et si historiquement cela a pu être un choix personnel, ce n’est largement pas le cas aujourd’hui. Ainsi, une part très significative du trafic routier en heures de pointe est due à des trajets de 10 km ou plus. 80 % des usagers du périphérique parisien sont issus des première et seconde couronnes et les trajets de plus de 15 km représentent plus de 60 % du trafic aux heures de pointe sur les voies rapides d’Île-de-France. Il est évident que ces classes de distance sont inaccessibles en trottinette.



Source : Insee 2018.

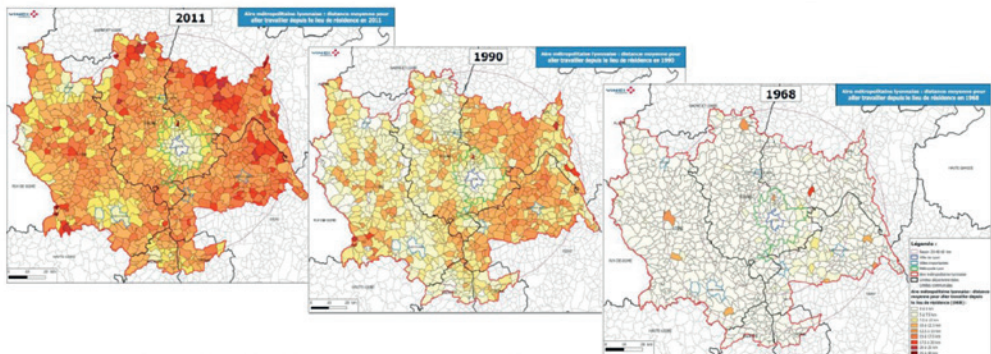


Les transports publics d’Île-de-France représentent à eux seuls la moitié des déplacements en transports en commun urbains français. Paris n’est pas la France. En dix ans, les parts modales n’ont quasiment pas évolué en France : le report modal n’est réalisé que dans quelques cœurs d’agglomérations. Les transports en commun ne supplantent la voiture qu’à Paris, dans la petite couronne et dans la ville de Lyon.

Résoudre les difficultés d’accessibilité aux zones d’emplois passera par un mix de solutions au final très classiques en s’attaquant d’abord aux déplacements longs, en mettant en place un vaste plan agissant simultanément sur trois axes :

- les infrastructures pour aménager des voies réservées pour les transports publics (les gens veulent réduire leur temps de parcours) et des parcs relais (offre actuelle inférieure d’un facteur 40 aux besoins) ;
- des transports publics en masse entre les zones d’emplois et les périphéries des agglomérations (départ toutes les minutes aux heures de pointe, 5 à 10 fois plus qu’aujourd’hui en volume en dehors de l’Île-de-France) ;
- et un pass mobilité permettant de voyager sans couture d’un service à l’autre (ce que l’on appelle « MaaS », pour *Mobility as a Service*).

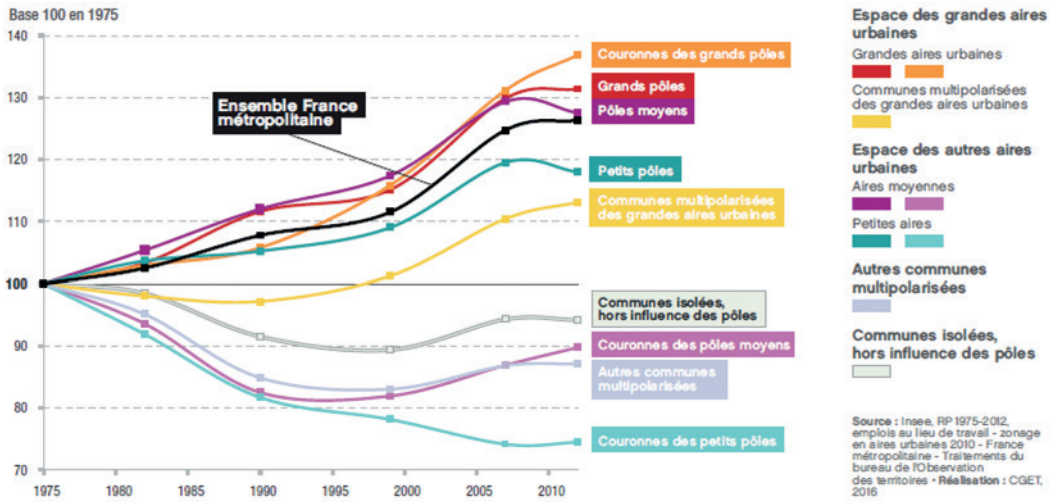
La déconnexion entre domicile et lieu de travail : un phénomène récent, puissant et silencieux (le cas de l’aire métropolitaine de Lyon - exploitation des données INSEE)



La couleur donne la distance moyenne que doivent parcourir les actifs d’une commune pour se rendre sur leur lieu de travail (0 à 50 km).

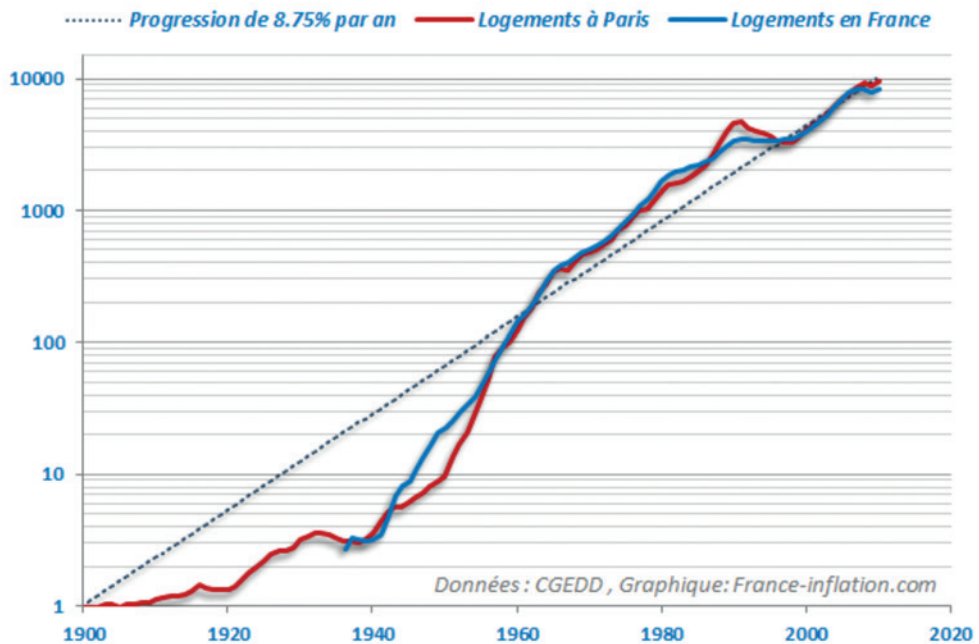
Allongement des distances Domicile/Travail (D/T) sur la Métropole de Lyon (source : Insee, AIPCR/ASFA, A. Broto, Assises de la mobilité, octobre 2017).

Évolution du nombre d'emplois par catégorie du zonage en aires urbaines, 1975-2012



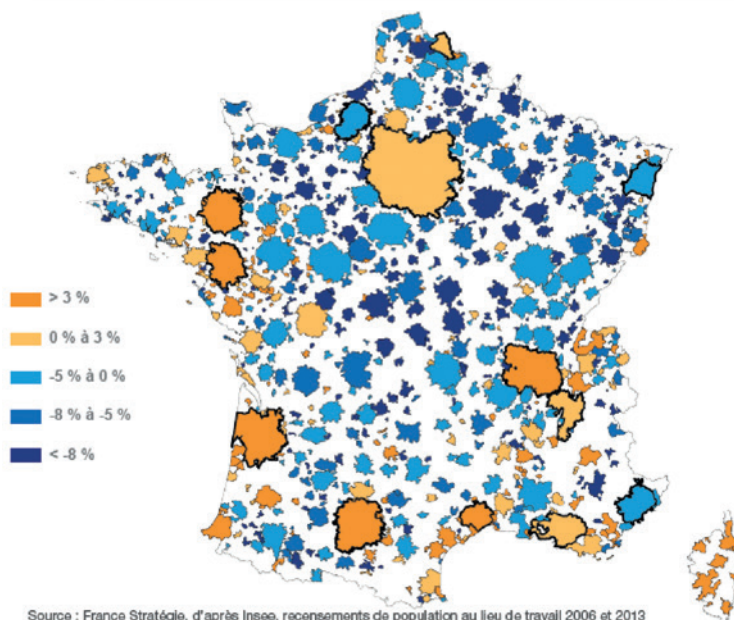
Commissariat général à l'égalité des territoires

Évolution des dynamiques d'emplois selon les territoires.



Évolution du prix des logements en France : multiplié par 3 entre 2000 et 2018.

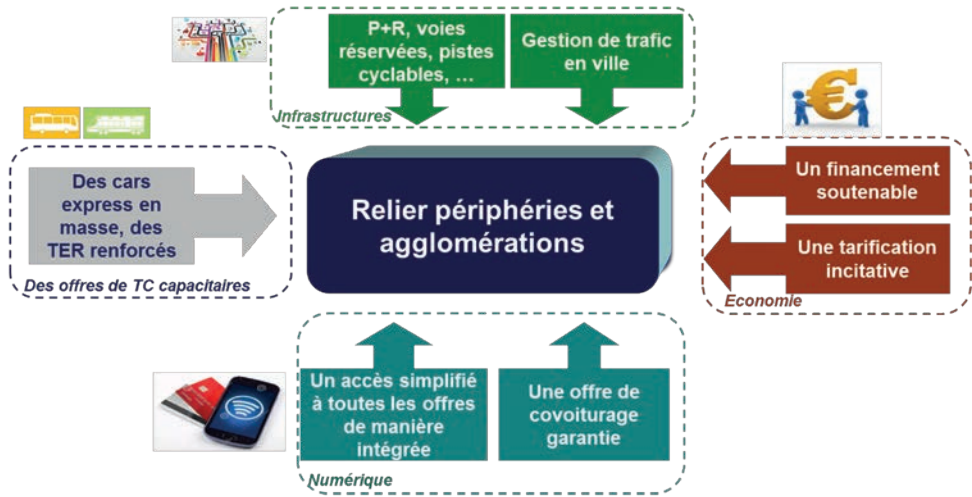
Carte 2 – Évolution de l'emploi des 25-54 ans entre 2006 et 2013, par aire urbaine



La promesse, c'est *in fine* d'aller travailler plus vite et bien moins cher qu'avec sa voiture et de réduire drastiquement les flux de voitures vers les agglomérations. Ceci aura un vrai impact sur la qualité de l'air (bien plus efficacement que les zones de faibles émissions qui ne font que suivre l'évolution naturelle du parc automobile) et la reconquête d'espaces publics pour améliorer la qualité de vie des habitants. La question, c'est le financement de ce dispositif, qu'il faudrait mettre en place rapidement pour relier périphéries et centres urbains et répondre à l'urgence climatique.

Les nouvelles mobilités s'adressent aujourd'hui essentiellement aux hypercentres et à des classes de distances faibles, déjà largement pourvues d'alternatives à la voiture. Elles découvrent par ailleurs les faiblesses de leurs modèles économiques. Après les faillites de Gobeebike et OFO, Mobike annonce des difficultés et une diminution de ses activités en Europe (c'était pourtant le seul acteur réaliste du *freemoving*), les acteurs du MaaS BtoC comme Whim, Moovel, Moovit... n'ont pas réussi à trouver un modèle BtoC pérenne et viennent frapper à la porte des AO pour chercher des financements. Lyft a perdu 33 % de sa valeur peu de temps après son introduction en Bourse, Uber perd de l'argent comme aucun acteur du secteur avant lui, n'a jamais connu un seul trimestre positif et cherche en Europe des partenariats avec les autorités publiques de mobilité. Toutes ces start-up vivent en fait pour la plupart sur une disponibilité jamais vue jusqu'alors d'argent privé qui ne sait où s'investir, et qui finance à fonds perdus des déficits d'exploitation, en espérant des bénéfices virtuels bien incertains. Cela rappelle fortement la bulle Internet des années 2000 et ne durera pas.

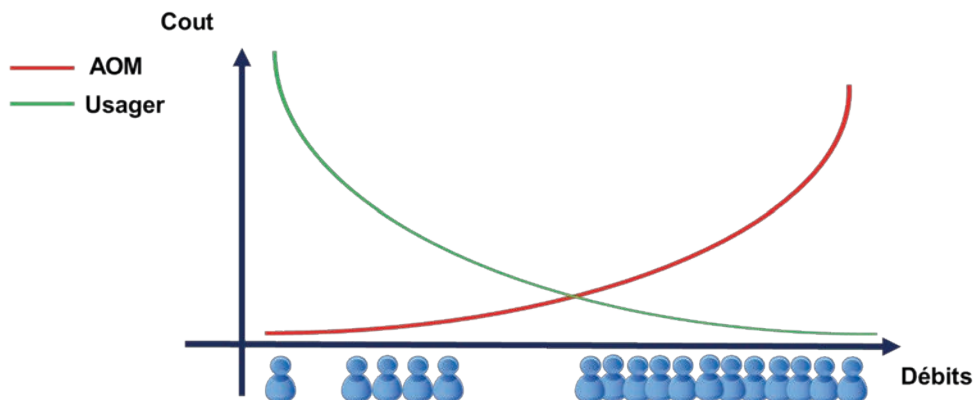
On transpose outrageusement le modèle de Booking et Airbnb à la mobilité et on confond modèle économique pour quelques-uns et mobilité pour tous. Ainsi le fameux MaaS est un marché multi-local, et non pas national, encore moins mondial, et il est très peu probable que pour les mobilités du quotidien il puisse exister sans soutien public. Les grilles tarifaires des services de mobilité, les catégories (un jeune, une famille nombreuse...) sont différentes d'un service à l'autre et d'un territoire à l'autre. C'est tout simplement ingérable pour un acteur global, qui se focalisera sur les voyageurs occasionnels (soit au maximum 25 % de la clientèle des transports publics), dans des



très grandes villes (comme Paris), pour des gens qui ont les moyens de payer plus cher le service (touristes et affaires) : c'est utile, certes, mais cela ne représente que 2 % des déplacements en France. Booking et Airbnb ont fonctionné dans l'hôtellerie parce que le prix d'une chambre et les étoiles sont des catégories uniformes dans le monde. Ce n'est pas du tout applicable à la mobilité.

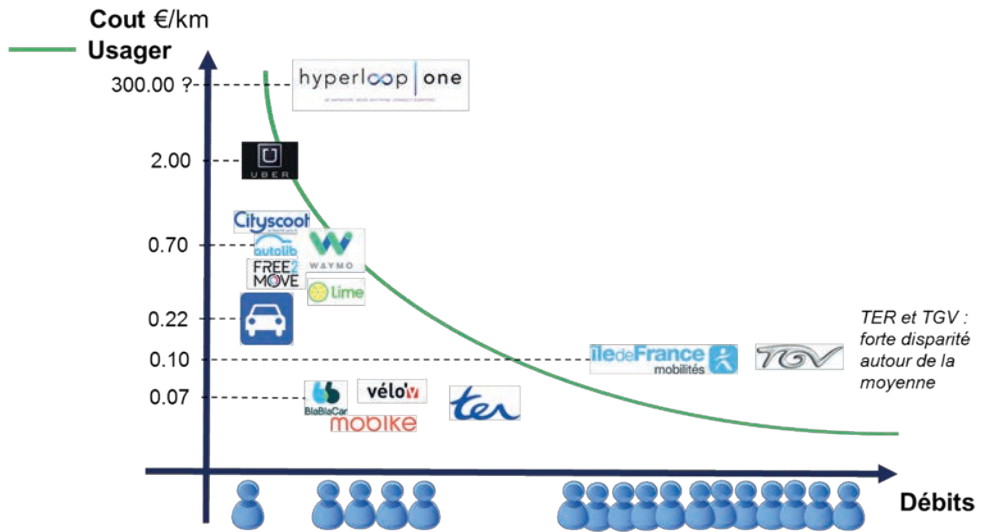
Il y a par ailleurs une relation directe dans la mobilité entre les volumes de personnes transportées, le coût supporté par le voyageur et le niveau de subvention : à près de 2 €/km, Uber ou les taxis sont en fait des produits de luxe et qui transportent un nombre très faible de voyageurs, comparés au transport public urbain, qui lui ne coûte que 0,1 €/km à l'utilisateur abonné, 75 % des coûts étant pris en charge par l'impôt.

La question du débit est essentielle dans le domaine de la mobilité dans les agglomérations : il ne s'agit pas de transporter des gens *plus vite* mais *beaucoup* de gens. Les taxis volants et hyperloop sont des solutions pour les 0,1 % de la population gagnant plus de 10 000 euros/mois et sont incapables d'assurer les volumes de passagers : Hyperloop entre Orléans et Paris est annoncé en 8 minutes, à un débit horaire de 200 personnes, soit 10 fois moins qu'une seule voie d'autoroute, ou 15 fois moins qu'un train cadencé à 10 minutes. On voit l'absurdité d'une telle solution pour les mobilités du quotidien.



L'espace public étant rare en zones denses, le secteur public doit mettre en place des solutions capacitaires de transport pour éviter l'invasion par l'automobile. Ce ne sont pas les nouvelles mobilités qui peuvent assurer les débits requis : on n'imagine pas les 1 500 000 voyageurs quotidiens du RER A circulant rue de Rivoli en trottinette ou à vélo ! Cela nécessite des infrastructures lourdes et des services massifs de transports en commun. C'est donc naturellement le secteur public qui prend en charge ces coûts d'infrastructures avec un mix public/usagers pour les services, dont la proportion varie en fonction des pays : 75 % / 25 % en France, quasiment l'inverse partout ailleurs en Europe, ce qui ne laisse pas d'interroger sur notre modèle de financement.

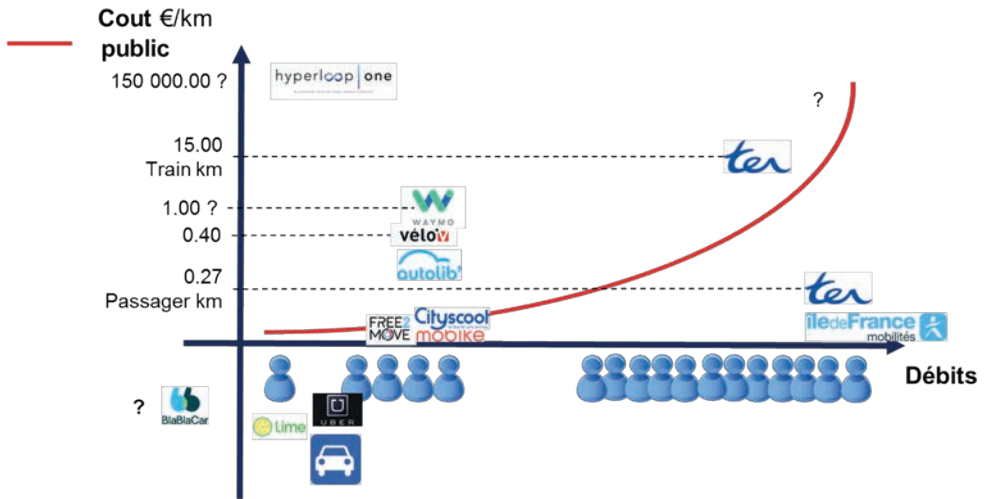
Les coûts des différents services de mobilité montrent également pourquoi il sera très difficile aux nouvelles mobilités de passer à l'échelle :



Ainsi les trottinettes Lime ont un coût de 0,5 €/km soit 5 fois plus que les transports en commun urbains, et 15 fois plus que le tarif abonné des TER (0,03 €/km). Elles ne seront jamais un transport de masse. Les robots taxis – quand ils seront prêts, ce qui prendra beaucoup de temps, si tant est qu'on y arrive un jour – sont certes deux fois moins chers que les taxis mais trois fois plus que la voiture individuelle et dix fois plus que les transports publics : ils resteront un produit de luxe et n'adresseront donc qu'une part très faible des déplacements. Le coût des trains varie très fortement selon que vous êtes abonné ou voyageur occasionnel, selon que vous prenez un TGV classique « InOui » ou un « Ouigo », qui est *de facto* financé par les TGV classiques, eux-mêmes très chers (tarif proche de 0,22 €/km en seconde classe, soit autant que la voiture !).

Il est à noter sur ce schéma que le covoiturage courte distance pourrait demain fortement remonter en termes de coûts publics si les AOM décidaient de le financer. Le schéma proposé en Île-de-France reviendrait ainsi 3 fois plus cher que le coût public des transports en commun, avec un coût annuel de l'ordre de 1,5 milliard d'euros, si 20 % des automobilistes adoptaient la mesure.

Inversement, en zones rurales où il n'y a pas d'invasion de l'espace public et où la voiture couvre 125 % de ses coûts, y compris environnementaux, il n'y a aucune raison de financer la mobilité des personnes, sauf pour les scolaires et les personnes qui ne sont pas en état de conduire. Bannir la voiture des zones rurales est non seulement irréaliste mais n'a aucun sens. C'est la triste illustration du *mainstream* moralisateur d'urbains projetant leur mode de vie sur des territoires où les problématiques sont tout autres. Les solutions en zones rurales sont celles qui



permettront de renforcer la mobilité de ceux qui ne peuvent pas conduire, à des coûts plus bas qu'actuellement. Le « taxi amateur » de la LOM est en ce sens une très bonne mesure puisqu'il permettra potentiellement de diviser par 5 le coût actuel des services de transport à la demande, et donc d'augmenter significativement l'offre.

En € / veh x km	Coût						Taxes					Rapport Taxe/Cout
	Usage	CO2	Accident	Bruit	Pollution	Total	Péages	TICPE	Carte grise	Ass, TVS, ...	Total	
Urbain dense	1.2	1	4.3	0.2	17.9	24.6	0	4.6	0.4	0.1	5.1	21%
Rural	1.2	1.1	2.5	0	1.1	5.9	2.1	4.7	0.4	0.1	7.4	125%

Source : DG Trésor et CGEDD.

On mesure, à la lecture de ce tableau, l'iniquité induite par une augmentation sans distinction des taxes sur l'essence. En toute rigueur, si cela était possible, il faudrait les baisser de 25 % en zones rurales et les multiplier par 5 en zones urbaines denses. Cela ressemble fort à un péage urbain...

En zone urbaine, la voiture ne couvre que 20 % de ses coûts sociétaux (hors coûts de congestion payés *de facto* par l'utilisateur). C'est donc là qu'il faut faire porter l'effort, avec des solutions classiques *capacitaires* telles que décrites précédemment. Leur déploiement permettra de faire baisser de 30 à 50 % les flux de trafics automobiles en heures de pointe et aux usagers habitant à 40 km de leur lieu de travail de gagner 30 minutes de temps de trajet et d'économiser 10 € par jour. Elles coûteraient plusieurs milliards d'euros d'investissement en Île-de-France, et pas loin de 500 M€ annuels de coûts d'exploitation. La propension historique française par les politiques de droite ou de gauche à taxer les entreprises – notamment pour financer la mobilité – a conduit celles-ci à avoir le taux de marge le plus faible d'Europe, et le pays au taux de chômage parmi le plus fort de l'UE. Certes, les entreprises ne votent pas, mais les chômeurs eux, oui, et c'est vers les extrêmes qu'ils se dirigent. Les rapports énumérant ce qu'il faudrait faire à coups de dizaines de milliards ne proposent jamais le financement – comme si l'argent tombait du ciel. Ils sont d'une naïveté confondante. Le GIEC indique qu'il nous faudra consacrer chaque année 3 % de notre PIB pour contenir le réchauffement climatique. Il faudra donc que les ménages soient eux aussi mis à contribution, c'est inévitable, sauf à se limiter à de grands discours sans actions concrètes. Cela se fera soit *via* le coût des services de mobilité, soit par l'impôt. Le ras le bol fiscal nous oblige à un financement par l'utilisateur qui induit indéniablement des changements de comportements plus vertueux. Une tarification faible de l'usage de la voiture, 2 € par jour par exemple, uniquement les jours travaillés, hors période de

vacances, permet de dégager des ressources pour déployer ce programme rapidement et non en plusieurs décennies. Il faut cependant le faire de manière juste et équitable – parce que la cohésion d’une société s’acquiert d’abord par l’attention portée aux plus faibles :

- en déployant cette tarification *après* la mise en œuvre de ces alternatives, et uniquement dans les grandes agglomérations (là où l’on a des problèmes importants de congestion) ;
- en exonérant les bas revenus de la mesure.

Si la technologie peut permettre d’optimiser le système, il faut une action publique forte et inclusive pour relier les périphéries aux agglomérations, avec des infrastructures adaptées et nettement plus de transports publics qui aillent chercher les flux automobiles en amont des périmètres administratifs des agglomérations. Chaque métropole doit assumer son rôle de moteur économique, qui va bien au-delà de son périmètre administratif. La véritable inclusion et le vrai courage politique, c’est expliquer qu’il faut construire des solutions de mobilité pour ceux qui n’habitent pas le cœur des métropoles, et qu’il faudra les financer. Alors que l’urgence climatique se fait chaque jour plus pressante avec un emballement du phénomène, chaque année étant plus chaude que la précédente, il nous faut expliquer sans relâche, convaincre et faire adhérer à ce projet positif et collectif qui nécessitera des efforts de tous.



## HORS DOSSIER

# L'impact de la directive droit d'auteur sur l'économie numérique

Par **Pierre BEYSSAC**

Eriomem

La « directive sur le droit d'auteur dans le marché unique numérique », aussi appelée « directive copyright », a été votée en mars 2019 par le Parlement européen, au terme d'une longue procédure.

Cette directive vise à adapter la législation sur le droit d'auteur au monde d'aujourd'hui et espère notamment rééquilibrer le « partage de valeur » entre les géants de l'Internet et les ayants droit : presse, industrie musicale, cinéma, édition, etc.

Deux articles sont consacrés à cet objectif, l'article 15 (ancien article 11), qui introduit une redevance sur les liens hypertexte accompagnés de courts extraits vers des articles de presse, à reverser aux éditeurs ; et l'article 17 (précédemment 13), qui demande un filtrage *a priori* par tout service en ligne partageant des contenus « qu'il organise et promeut à des fins lucratives ». L'article instaure donc une obligation légale de systèmes de « listes noires ».

Le présent texte s'intéresse essentiellement à l'article 17, beaucoup plus difficile à mettre en œuvre que l'article 15.

Après un rappel sur les Sociétés de Perception et de Répartition des Droits (SPRD), principales bénéficiaires, nous allons voir quelles sont les difficultés et tenter d'en évaluer sommairement les coûts.

### **Les Sociétés de Perception et de Répartition des Droits (SPRD)**

Les SPRD françaises, qui collectent l'essentiel des revenus des ayants droit, espèrent obtenir par la directive un levier de négociation pour leurs licences, et donc un revenu supplémentaire. Elles en ont été les principales promotrices.

La plus influente d'entre elles, la SACEM (Société des Auteurs, Compositeurs et Éditeurs de Musique), collecte ainsi, en France, les montants les plus élevés : 970 M€ perçus en 2017<sup>(1)</sup> (+ 2,1 % par rapport à 2016), dont 84 M€ sur Internet (+ 7,9 %), et 96 M€ (+ 15,2 %) au titre de la rémunération copie privée perçue sur les téléphones et supports de stockage mobiles (cartes mémoire, disques durs, clés USB...). La SACEM redistribue 26,5 M€ à des projets culturels, notamment des festivals, ce qui contribue à lui assurer la sympathie des élus locaux.

De son côté, la SACD (Société des Auteurs-Compositeurs dramatiques) a perçu 228,6 M€ (+ 1,8 %) en 2017, d'après son rapport annuel<sup>(2)</sup>.

---

(1) SACEM (2018), *Rapport annuel 2017*, p. 30

[https://societe.sacem.fr/actuimg/fr/live/v4/La-Sacem/Ressources\\_presse/Rapport\\_activite/Sacem\\_Rapport\\_annuel\\_2017\\_082018.pdf](https://societe.sacem.fr/actuimg/fr/live/v4/La-Sacem/Ressources_presse/Rapport_activite/Sacem_Rapport_annuel_2017_082018.pdf)

(2) SACD (2018), *Rapport annuel 2017*, p. 3

[https://www.sacd.fr/sites/default/files/publication\\_files/rapport\\_annuel\\_2017.pdf](https://www.sacd.fr/sites/default/files/publication_files/rapport_annuel_2017.pdf)

On peut citer également la SCAM (Société civile des Auteurs multimédia), qui a perçu 112,3 M€ (+ 2,72 %) en 2017<sup>(3)</sup>. La SCAM, comme ses homologues, a soutenu la directive et salué son adoption le 26 mars 2019<sup>(4)</sup> mais a déchanté lors de la transposition française de l'article 15, estimant dans un communiqué du 9 mai 2019<sup>(5)</sup> que « la gestion collective n'est envisagée qu'au profit des éditeurs ».

Même avant son adoption, l'article 17 ne faisait pas non plus l'unanimité chez les ayants droit. Ainsi, des ayants droit du cinéma et du sport s'en sont désolidarisés<sup>(6)</sup>, estimant qu'il ne bénéficiait qu'aux grandes plateformes.

## **Les systèmes de détection « par similarité »**

Ces systèmes sont nécessaires pour la mise en œuvre de l'article 17, un traitement humain systématique n'étant pas possible. Ils connaissent les formats employés et en extraient des éléments caractéristiques du contenu à protéger, une sorte d'empreinte digitale. Ce procédé permet de détecter un contenu même très altéré, par exemple un fond musical dans une vidéo de fête familiale ou de théâtre amateur, ou une photographie ou vidéo recadrée.

Les systèmes « par similarité » sont très coûteux à développer et à exploiter. Il n'en existe pas d'implémentation libre de droits, ce qui les rend d'autant plus onéreux à mettre en œuvre : il faut, ou bien développer un système « à façon », ou bien financer une licence d'un système commercial existant.

Par ailleurs, la qualité des résultats (taux de faux positifs ou faux négatifs) de ces algorithmes est difficile à estimer, d'abord pour les raisons qui précèdent (systèmes propriétaires à accès limité), ensuite parce que ces technologies reposent sur des procédés non systématiquement prévisibles.

Enfin, ces systèmes souffrent d'un autre défaut : les ayants droit doivent fournir les originaux ou des extraits des contenus à protéger, ce qui est difficile à mettre en œuvre à grande échelle (beaucoup d'œuvres et beaucoup d'acteurs).

## **L'exemple de Content-Id**

Le système Content-Id, le plus connu, est celui exploité sur Youtube, le site de partage de vidéos. Pour en bénéficier, les détenteurs de droits doivent fournir des vidéos à protéger, ou des extraits. Avec l'article 17, cela sera réalisé dans le cadre d'une licence entre l'ayant droit et le site. Ensuite, trois options sont proposées en cas de détection, lors de la mise en ligne d'une vidéo par un utilisateur, d'un contenu « à protéger » :

- bloquer la vidéo ;
- monétiser celle-ci (publicité) ;
- obtenir des données de consultation, pour savoir par exemple dans quels pays la vidéo est populaire.

(3) SCAM (2018), Rapport annuel 2017, p. 12. [http://www.scam.fr/Portals/0/Contenus/documents/rapports\\_activite/RA\\_2018\\_Web.pdf?ver=2018-06-19-175702-657](http://www.scam.fr/Portals/0/Contenus/documents/rapports_activite/RA_2018_Web.pdf?ver=2018-06-19-175702-657)

(4) SCAM (2019), « Vive l'Europe ! Vive l'Union ! Vive la création ! », 26 mars 2019 <http://scam.fr/detail/ArticleId/6024/Vive-l-Europe-Vive-l-Union-Vive-la-creation>

(5) SCAM (2019), « Droit voisin de la presse : le parlement sur la mauvaise voie », 9 mai 2019 <http://scam.fr/detail/ArticleId/6088/Droit-voisin-de-la-presse-le-parlement-sur-la-mauvaise-voie>

(6) REDA J. (2018), « Article 13 is a mess: Now even big rightholders disavow it » <https://juliareda.eu/2018/12/article-13-mess/>

Selon Google, Content-Id a déjà permis le reversement de plusieurs milliards de dollars de revenus. Le système inclurait des centaines de millions de vidéos.

Dans un billet récent<sup>(7)</sup>, Bruce Benamram, un youtubeur français touché par le blocage induit d'une de ses vidéos, a expliqué en détail le fonctionnement de la gestion des litiges, vu des détenteurs de droits, et comment il avantage les détenteurs de grands catalogues sur les petits créateurs.

Enfin, en l'absence de licence, les sites sont tenus de gérer une liste noire empêchant la remise en ligne d'un contenu non autorisé par un ayant droit suite à une réclamation de celui-ci. Autrement dit, même un site ne disposant pas d'accord de licence, et n'ayant qu'une activité de partage de contenu hors œuvres cinématographiques et musicales – réseau social, par exemple – doit mettre en œuvre des mesures techniques onéreuses.

## **Coûts d'implémentation des outils de filtrage**

L'étude d'impact de la directive<sup>(8)</sup> donne quelques éclairages et fournit un exemple de coût d'abonnement au service Audible Magic de reconnaissance de contenus audio : 0,18 € par transaction soit 900 €/mois pour un petit site (5 000 transactions/mois). Une transaction pouvant être le simple ajout d'un fichier audio ou vidéo dans un commentaire sur un réseau social, de tels coûts sont prohibitifs et ne peuvent que pousser les petits sites à interdire les fichiers multimédia.

Pour le développement de son système Content-Id, Google cite la somme de plus de 100 millions de dollars<sup>(9)</sup>. Cet investissement est hors de portée de la plupart des sociétés européennes du secteur.

En France, l'Institut national de l'Audiovisuel (INA) dispose de sa propre technologie de reconnaissance vidéo, appelée Signature<sup>(10)</sup>, commercialisée comme logiciel ou service en ligne, et dont les coûts de développement comme d'utilisation ne sont pas communiqués publiquement.

La société française Qwant, quant à elle, propose la mise en œuvre d'une plateforme publique d'œuvres « décentralisée, libre et *open source* », à créer en partenariat avec la SACEM, consultable par tous les services tombant sous la coupe de l'article 17<sup>(11)</sup>. Les coûts et délais de développement de cet outil ne sont pas connus. Il est probable qu'ils s'élèveront au moins à des dizaines d'hommes-années, autrement dit des millions d'euros. Qwant dispose déjà, pour la recherche d'images, d'une technologie appelée QISS (*Qwant Image Similarity Search*), fondée sur de l'apprentissage profond (réseaux neuronaux), mais il faut la recalibrer pour ce nouvel usage, et y adjoindre des procédés équivalents pour la vidéo et la musique. Paradoxalement, Qwant se lance dans ces développements alors qu'il n'est pas concerné par l'article 17. En revanche, la société souhaite reverser à la presse 5 % de son chiffre d'affaires au titre de l'article 15 sur son service d'actualités.

Par ailleurs, le site de vidéo Dailymotion est mentionné par l'INA comme utilisateur de sa solution Signature, ainsi que comme client d'Audible Magic par l'étude d'impact de la directive.

(7) BENAMRAM B. (2019), « YouTube a-t-il abandonné ses créateurs de contenus ? »

<http://e-penser.com/index.php/2019/04/06/youtube-abandonne-les-createurs/>

(8) European Commission (2016), "Impact assessment on the modernisation of EU copyright rules, Part 3/3"

[https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc\\_id=17213](https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=17213)

(9) Pages d'assistance Google/YouTube <https://support.google.com/youtube/answer/2797370?hl=fr>

(10) Site web ina.fr :

<https://institut.ina.fr/offres-services/logiciels-images-sons/signature-protection-de-contenus>

(11) LIZÉE R., « Éric Léandri, le fondateur de Qwant, au JDD : "Nous traitons nos utilisateurs comme des citoyens" », *Le Journal du Dimanche*, 11 mai 2019.

<https://www.lejdd.fr/Economie/eric-leandri-le-fondateur-de-qwant-au-jdd-nous-traitons-nos-utilisateurs-comme-des-citoyens-3898038>

La société française Eriomem, pour sa part, a annoncé purement et simplement l'abandon de son activité de stockage *cloud*, estimant que les investissements à réaliser n'étaient pas rentabilisables dans cette activité très concurrentielle, face à des services comme Amazon S3 qui bénéficient de forts effets d'échelle pour amortir ce type de développement.

La société Facebook, enfin, derrière une opposition de façade à l'article 17, a affirmé au législateur européen sa préférence pour des technologies de filtrage, confirmant ainsi que la nouvelle législation ne poserait pas de difficulté à la société. Facebook utilise notamment les procédés d' audible Magic, probablement à des tarifs de gros, plus intéressants que ceux cités par l'étude d'impact<sup>(12)</sup>.

En conclusion, rares sont les sociétés qui disposent aujourd'hui des outils nécessaires pour identifier les contenus. Le développement d'initiatives libres, communautaires, reste aléatoire en raison du grand nombre d'éléments nécessaires, et n'est pas à la portée d'un acteur unique. La plupart utiliseront des offres commerciales de sociétés états-uniennes, introduisant une nouvelle dépendance de l'industrie européenne.

## **Les coûts additionnels de gestion des listes noires**

L'article 17 induit également, au-delà des procédés techniques qui précèdent, des coûts indirects pour la gestion des exceptions et erreurs. Ces coûts seront supportés par les services Internet comme par les créateurs et les utilisateurs :

- Risque de sur-blocage : blocage de contenus qui ne sont pas en infraction, en raison d'un enregistrement abusif par un détenteur de droit supposé, blocage de contenus bénéficiant d'une exception (mêmes, parodies, etc.) dans lesquels les automates ont reconnu un contenu protégé. Le risque existe si la liste noire est mal alimentée, ce qui a déjà été observé en matière de vidéo comme noté ci-dessus, ou dans d'autres contextes, par exemple avec la procédure administrative de blocage DNS de la police française, ou bien lors de demandes de retrait des autorités françaises<sup>(13)</sup>.
- Risque de sous-blocage : non-blocage de contenus soumis à droits. L'enregistrement des contenus est lourd à mettre en œuvre ; de nombreux contenus n'ont même jamais été numérisés par leurs détenteurs légitimes. Pour en réduire les occurrences après la première réclamation, l'article 17 introduit une interdiction de remise en ligne (*stay down*), nécessitant des procédés similaires, sans lesquels la responsabilité du site est engagée.
- L'ajout en liste noire peut nécessiter une vérification manuelle, donc onéreuse et aléatoire, pour réduire les taux de faux positifs sans pour autant les faire disparaître.
- Lourdeur et manque de fiabilité des procédures de contestation : tous les cas de sur-blocage ou de sous-blocage doivent être traités par intervention humaine, voire judiciaire.

## **Et maintenant ?**

La directive est maintenant en cours de transposition dans les pays de l'Union européenne. La France, sous l'égide du ministère de la Culture, souhaite jouer un rôle phare et effectuer cette transposition dès l'automne 2019 ; elle va donc également devoir en essayer les plâtres.

(12) DOCTOROW C. (2019), "Facebook sold out the internet, secretly lobbied IN FAVOUR of upload filters" <https://boingboing.net/2019/01/24/quisling-zuckermonsters.html>

(13) Nextinpact (2019), « Internet Archive : la France a demandé le retrait de 550 pages pour "propagande terroriste" », le brief du 12 avril 2019 <https://www.nextinpact.com/brief/internet-archive---la-france-a-demande-le-retrait-de-550-pages-pour---propagande-terroriste---8421.htm>

Contrairement à ce qui peut être dit, les PME ne sont pas exclues du champ de l'article 17, même lorsqu'elles ne perçoivent aucun revenu de l'exploitation d'œuvres soumises à droit. Cela revient à leur imposer une barrière d'entrée face aux GAFAM puisque ces derniers disposent déjà des technologies nécessaires. Il risque d'en résulter une censure sans subtilité des contenus produits par les utilisateurs – ceux bénéficiant, par exemple, des exceptions de courte citation ou de parodie –, voire la disparition pure et simple (ou non-crédation) de certains services, et donc un handicap concurrentiel sérieux pour le développement d'un écosystème européen face aux géants états-unis.

Les acteurs français et européens actuels du numérique n'ont pas le poids économique suffisant pour se faire entendre par le législateur, à la différence des sociétés d'ayants droit, interlocuteurs privilégiés de longue date.

Loin de donner un avantage compétitif à l'industrie européenne, la directive copyright va au contraire mettre celle-ci en situation concurrentielle défavorable, voire l'obliger à utiliser les systèmes de détection de contenu de ses concurrents, la rendant encore plus dépendante de ceux-ci.

Malheureusement, l'étude d'impact économique de la directive réalisée par les institutions européennes s'est focalisée sur le marché des droits, et n'en a pas étudié les effets sur les services de la société de l'information<sup>(14)</sup>.

Enfin, la loi doit poser des principes généraux. Or, l'article 17 prévoit une liste limitative d'exceptions, qui correspondent à des services déjà existants qui ont eu le poids politique nécessaire pour les obtenir : Wikipédia, forges logicielles, sites de petites annonces, etc.

Mais ne venons-nous pas de tuer dans l'œuf des services et usages aujourd'hui inconnus qui, à la différence de ceux qui viennent d'être cités, n'ont personne pour les défendre ?

---

(14) LANGUS G, SHIER G. et NEVEN D. (2013), "Assessing the economic impacts of adapting certain limitations and exceptions to copyright and related rights in the EU". <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5092b309-660e-48d7-a984-390ebb549062/language-en>

# Intelligence artificielle : retour sur le séminaire 2018 de l'Amicale du Corps des mines

Par **Andréane BOURGES**  
et **Colin DUCROTOY**  
Amicale du Corps des mines

Le 12 octobre 2018, le séminaire annuel du Corps des mines avait lieu dans les anciens locaux de l'École polytechnique. L'intelligence artificielle (ou IA) était au centre des présentations, conférences et tables rondes qui ont animé la journée. Le présent article vise à reprendre les principaux points qui y ont été abordés, les questions soulevées et les conclusions qui ont pu être tirées.

Après une ouverture par **Pierre Pringuet**, président de l'Amicale du Corps des mines, **Stéphan Cléménçon**, de la chaire Machine Learning for Big Data de Télécom ParisTech, a commencé par resituer l'IA dans son contexte scientifique. Quatre tables rondes étaient ensuite organisées, sur les thèmes des applications dans la cybersécurité et la défense, de la dimension sociologique et éthique, du véhicule autonome et de la question du rôle de la puissance publique. Safety Data et Shift Technology, deux entreprises proposant des services fondés sur l'IA, ont réalisé des démonstrations de leurs solutions. Des conférences ont également ponctué cette journée : **Éric Labaye**, président de l'École polytechnique, a présenté l'impact économique de l'IA ; **Martine Gouriet**, directrice des systèmes d'information à EDF, a introduit des applications dans l'énergie et le professeur **Guy Vallancien**, de l'Académie nationale de Médecine, a interrogé les bouleversements futurs de la médecine par l'IA. **Benoît Potier**, PDG d'Air Liquide, a quant à lui conclu la journée en partageant notamment la stratégie de son entreprise dans le domaine.

## L'IA, des outils scientifiques mis au service de la digitalisation de l'économie

L'idée sous-jacente à l'intelligence artificielle est de reproduire un processus d'apprentissage à partir d'informations et de modèles. Dès la naissance de l'informatique, des scientifiques se sont interrogés sur la possibilité de fabriquer des machines apprenantes. C'est en 1956 que le terme d'« intelligence artificielle » est proposé par le jeune professeur McCarthy, lors d'un séminaire d'été qu'il organisait sur le sujet à Dartmouth. Si le sujet n'a émergé comme un thème majeur que depuis le début des années 2000, le perceptron, précurseur des réseaux de neurones, a lui été inventé en 1957. La puissance de calcul limitée, et surtout les quantités très importantes de données nécessaires, ont contraint l'IA à un « hiver » qui dura jusqu'à la fin des années 1990, interrompu brièvement par une bulle spéculative à la fin des années 1980, qui explosa suite aux promesses non réalisées dans l'industrie. Outre les données et la puissance de calcul, ce sont de véritables progrès théoriques et algorithmiques qui ont permis l'essor de l'IA (réseaux de neurones et autres).

La puissance atteinte par les outils de l'IA pour l'optimisation et le traitement des données massives a rapidement trouvé de nombreuses applications : de la publicité à la conduite autonome, en passant par la logistique et la médecine. Les enjeux tant scientifiques qu'économiques et

éthiques restent aujourd'hui considérables. La communauté scientifique poursuit ses avancées, notamment pour expliquer les résultats de l'intelligence artificielle, les rendre plus fiables et réduire la puissance de calcul nécessaire, de manière à l'intégrer dans des systèmes distribués. Une branche très prometteuse est celle de l'apprentissage par renforcement qui consiste à faire explorer algorithmiquement des situations différentes, en récompensant l'algorithme selon les choix pris.

L'IA n'aurait pu rencontrer un tel retentissement dans le monde économique sans la digitalisation de celui-ci. Michel Serres compare la période que nous connaissons du basculement vers le numérique à celle qui a suivi l'apparition de l'écriture et les transformations provoquées par celle-ci, ou encore, à la Renaissance, lors du passage de l'écriture à l'imprimé. Au-delà de la numérisation des opérations et des processus, la digitalisation a révélé la valeur des données dont les entreprises peuvent disposer, non seulement pour réaliser un meilleur ciblage publicitaire, mais surtout pour acquérir une meilleure connaissance de leurs clients et de leurs opérations.

La multiplication des données numériques requiert de nouvelles méthodes de traitement. Le Big Data (ou accumulation de données massives) nécessite des outils spécifiques de visualisation, d'analyse et de prédiction pour extraire la valeur des données. Aujourd'hui, l'IA est de plus en plus considérée comme une solution aux contraintes de volume (nombre de données), de rapidité et de diversité des structures de données. EDF dispose ainsi de près de 40 000 To de stockage, 800 millions de mails sont échangés par mois, et plus de 11 000 serveurs soutiennent son architecture informatique. Pour faire face à ce volume de données, et en particulier dans l'exploitation des rapports d'incidents, EDF développe des outils intégrant de l'intelligence artificielle. Au-delà de la quantité croissante de données générées, il est nécessaire d'aller toujours plus vite. Les transactions bancaires doivent ainsi être traitées dans la seconde, là où les banques disposaient auparavant de plusieurs jours. De même, la DGSE doit détecter des signaux qui sont noyés dans des océans de données, dans des délais très brefs. Dans les deux cas, l'IA constitue une solution aux défis posés par la digitalisation de l'économie.

## **Un vecteur de croissance pour notre économie**

Correctement implémentée, l'IA devient un vecteur de croissance prometteur dont les perspectives d'applications se retrouvent dans l'ensemble de notre société. Le McKinsey Global Institute a ainsi mené une modélisation de l'impact économique de l'implémentation de différentes technologies issues de l'IA pour les entreprises, et prévoit que 70 % d'entre elles seront susceptibles d'adopter au moins l'une de ces technologies d'ici 2030. Les potentielles retombées économiques représenteraient 13 000 milliards de dollars en cumulé d'ici ce même horizon, soit 16 % du PIB mondial actuel. Par secteur, l'impact de l'IA est estimé entre + 1 % et + 9 %, avec les progressions les plus marquées dans les domaines du marketing, des ventes et de la logistique, où les problèmes d'optimisation semblent plus simples à énoncer.

Ces retombées pour l'économie devraient être progressives, avec un début relativement lent expliqué par l'investissement substantiel demandé (tant financier que temporel), suivi d'une forte accélération provoquée par une concurrence importante et l'apparition de nouvelles applications. L'impact économique prévu en 2030 est ainsi plus de trois fois supérieur à celui estimé pour les cinq prochaines années.

Il faut néanmoins souligner que l'implémentation de l'IA risque d'accroître la fracture entre gagnants et perdants de la digitalisation. Il apparaît essentiel pour les entreprises de maintenir des investissements à long terme afin de tester et d'adapter différents modèles de cette technologie, ce qui semble être une limite significative pour les petites entreprises. Se focaliser sur des enjeux à court terme entraînerait en effet un parti pris technologique, qui risquerait de devenir obsolète avec le manque de recul actuel.

Le potentiel réel de l'IA reste bien sûr difficile à estimer aujourd'hui, mais il est d'ores et déjà possible de distinguer deux catégories d'applications transverses.

La première permet d'affiner la perception humaine et cherche à repérer plus efficacement les signaux souhaités parmi un grand nombre de données, qu'il s'agisse d'images (on parle alors de *vision par ordinateur*) ou de textes. Les outils de reconnaissance visuelle ou textuelle sont par exemple implémentés dans les domaines de la médecine (instruments permettant de devancer le diagnostic du praticien), des transports (véhicule autonome), de l'énergie (automatisation des barrages hydrauliques d'EDF), de la sécurité (la DGSE souhaite trouver « les quatre aiguilles qui se trouvent parmi les milliers de bottes de foin »), des assurances (détection automatique des fraudes) ou encore de la traduction linguistique.

Ensuite, grâce aux résultats de la perception, l'algorithme peut devenir une réelle aide à la décision grâce à une automatisation de certaines tâches. Dans le cas du véhicule autonome, il s'agit ainsi d'adapter automatiquement la trajectoire selon les perceptions de l'environnement. Plus généralement, l'objectif est d'économiser du temps humain sur des tâches récurrentes et d'apporter une aide dans les situations où l'erreur humaine est peu souhaitable. De nombreux *chatbots*, ou agents conversationnels, sont ainsi mis en place et permettent à la machine de répondre aux interrogations d'un utilisateur dans son langage naturel. EDF utilise par exemple cet outil afin de répondre à des questions juridiques récurrentes. Malgré tout, la limite entre automatisation et intervention humaine reste à définir au cas par cas afin de s'assurer qu'est bien apportée une réponse adaptée aux cas qui sortent du domaine d'apprentissage.

## **La délicate définition de l'éthique de l'IA et la maîtrise de ses conséquences**

Les progrès de l'IA dans les différents secteurs de notre société et son influence croissante dans nos vies nous amènent à nous interroger sur ses conséquences. Si celles-ci soulèvent de nombreuses craintes, elles suscitent également une certaine fascination en questionnant le modèle actuel de notre société.

La première crainte largement partagée est celle de la potentielle destruction des emplois, quand les machines prendraient la place des travailleurs. Ce basculement technologique majeur modifiera en effet de nombreux métiers et organisations. En cette période de transition, il semble nécessaire de protéger ceux les moins en mesure de s'y préparer. Le McKinsey Global Institute estime ainsi que près de 50 % de nos activités sont automatisables, notamment celles demandant le moins de qualification. De nombreux métiers vont certes émerger ou se développer avec l'implémentation croissante de l'IA, comme par exemple ceux de développeur d'algorithmes ou d'entraîneur de *chatbots*, mais cela pourrait ne pas être suffisant pour compenser la destruction d'emplois. Le développement des compétences propres aux hommes telles que l'intelligence relationnelle et la créativité semblent alors indispensables pour assurer une complémentarité vis-à-vis des machines. L'évolution du travail devrait permettre de « libérer de l'espace neuronal pour la créativité » a ainsi résumé **Guy Vallancien**... S'agirait-il de voir dans l'IA une chance pour se libérer de la pénibilité du travail ?

Au-delà des difficultés techniques du déploiement de l'IA, il ne faut pas sous-estimer l'ensemble des conséquences organisationnelles, structurelles et culturelles sur nos sociétés. En effet, l'implémentation de l'IA dans les entreprises nécessite des adaptations, depuis les phases de développement (accès aux capacités de calcul, algorithmes, et données, bien sûr !) jusqu'aux phases de diffusion puis de commercialisation des solutions. Plusieurs étapes peuvent être envisagées pour les grands groupes : une première phase correspond à la collaboration avec de nouveaux acteurs



externes, le plus souvent des *start-up*. Leur agilité, leurs compétences et l'accès délocalisé aux données permettent en effet le développement de solutions innovantes pouvant efficacement être transposées à l'échelle d'une grande entreprise, afin d'en faciliter la transformation digitale. Vient ensuite un développement en interne, qui peut prendre la forme d'intrapreneuriat, et qui fait des entreprises de nouveaux moteurs de la recherche en IA. Cette recherche définit ainsi de nouveaux standards de R&D, devenue publiante, comme il apparaît aujourd'hui dans les domaines de la construction automobile, de la cybersécurité, ou encore chez Google et Facebook. La dernière étape, indispensable pour un succès durable, est une évolution de la culture d'entreprise et de sa chaîne de valeurs, de façon à ce qu'elles s'adaptent à ce nouveau modèle.

Enfin, l'IA soulève un certain nombre de nouvelles questions éthiques : qui doit être responsable des décisions prises par un algorithme ? La réponse est particulièrement complexe quand elle met en jeu la sécurité des personnes. Le cas du véhicule autonome est révélateur : l'identification d'un responsable est loin d'être aisée, entre le développeur d'IA, le fournisseur ou le constructeur. La phase d'apprentissage est également cruciale car le choix des critères de l'algorithme ou des données peut entraîner des biais se répercutant sur l'ensemble des résultats. La frontière entre opacité de l'IA – justifiée par la propriété intellectuelle des solutions coûteuses à développer – et la nécessité légitime de transparence – pour garantir une égalité de l'individu face aux données – est mince et délicate à définir. Ces positionnements à déterminer entraînent ainsi une politisation des enjeux de l'IA et appellent à une réflexion sur l'action de l'État.

## **Marge de manœuvre de la puissance publique**

Reconnaissant les enjeux éthiques et sociétaux portés par l'intelligence artificielle, quelle position adopter pour l'État ? Cette question interroge plusieurs dimensions : d'une part du point de vue économique (comment promouvoir le secteur de l'IA en France et en Europe ?), d'autre part en termes de protection des individus. Enfin, l'IA questionne le modèle de société dans lequel nous vivons. **Bertrand Pailhès**, pilote de la stratégie nationale en Intelligence artificielle, rappelle que « même si la puissance publique ne fait rien, il se passera quelque chose ». Le rapport Villani a été l'occasion pour l'État de prendre conscience de l'importance de l'IA pour le futur du pays. Des mesures sont mises en place pour favoriser son développement sur le territoire : simplification des procédures de visa pour le recrutement de talents étrangers, encouragement à la mobilité des chercheurs entre la recherche académique et les entreprises (loi PACTE)... Cependant, le point sensible des données, matière première de l'IA, reste non résolu. En matière de santé, les dossiers anonymisés des patients pourraient être mis à disposition des chercheurs et des entreprises tout en préservant un haut niveau de protection de la vie privée. L'implication des citoyens dans la réflexion est primordiale, et doit se traduire jusque dans les décisions prises par l'IA. C'est l'un des enjeux identifiés par la CNIL dans un rapport sur l'IA. Pour éviter certaines dérives, la CNIL a identifié des principes auxquels les développeurs d'IA devraient se soumettre : supériorité de l'intérêt de l'utilisateur, principe de précaution, principe de vérification des algorithmes et possibilité d'une intervention humaine. Cependant, les spécialistes rappellent le besoin de ne pas exiger de l'IA une réglementation qui, souvent, n'est déjà pas accessible à des programmes classiques (comme par exemple les preuves formelles de fonctionnement). Innovation technologique, acceptabilité sociale et cadre juridique doivent être pensés de manière contiguë.

Au-delà des enjeux éthiques, l'IA conduit à des enjeux de souveraineté. En effet, malgré les nombreux atouts dont elle dispose, la France ne peut pas être considérée comme leader dans le domaine quand nous observons, face à elle, des puissances qui ne jouent pas avec les mêmes règles de concurrence et de respect de la vie privée. Le système de crédit social en Chine est-il souhaitable en Europe ? Dans un tel système, les individus disposeraient d'un crédit de points qui leur permet d'accomplir certaines formalités de la vie courante (demande de visa, inscription des enfants à

l'école...), et qui évoluerait selon le comportement de ces individus. Les développements de l'IA sont indissociables des cas d'usages et des données qui y sont exploitées. Cependant, sous prétexte de rester dans la course, sommes-nous ouverts à n'importe quelle utilisation de l'IA ?

L'Europe, de par les cultures qui la constituent et les valeurs qu'elle prône, a une conception particulière de l'IA. Afin de ne pas subir des choix pris par d'autres puissances, il est indispensable que les enjeux liés à son développement soient discutés à l'échelle européenne. Le RGPD est un exemple où l'Union européenne affirme ses valeurs dans un règlement qui s'impose comme une norme internationale. La stratégie européenne pour le calcul haute performance vise à construire l'architecture qui permettra à la communauté scientifique de poursuivre ses développements.

Le séminaire du Corps des mines a, de nouveau, consacré le potentiel de l'intelligence artificielle pour nos sociétés en tant que thème majeur de l'actualité. Issu de développements scientifiques, celle-ci trouve de plus en plus d'applications dans des domaines variés, qui fascinent autant qu'elles effraient. Au-delà des enjeux industriels et éthiques, l'IA appelle un positionnement de l'Europe face aux enjeux de souveraineté.

# Navigating the fudge and breakthroughs of artificial intelligence in China <sup>(1)</sup>

Rapport supervisé par **Pierre-Étienne GIRARDOT** et rédigé par les ingénieurs-élèves du Corps des Mines <sup>(2)</sup> (promotion 2018)

## Free from GAFAMs, China is a brave new digital world

### **An ecosystem with Chinese characteristics**

#### ***China, home to tech giants***

The Chinese economy has taken its own path to achieve its digital transition, based on massive use of smartphone payment, digital retail and social networks. The three large conglomerates which emerged, mirroring the so-called GAFAM, structure the Chinese digital ecosystem: Baidu, Alibaba and Tencent (BAT).

Taking advantage of the size of the Chinese internal market, and leapfrogging Western technology, Chinese big players have managed to reach a level of technology close or sometimes better than their American counterparts.

Baidu made its success with its search engine, Tencent focused on gaming and messaging applications while Alibaba developed the leading retail platform. Leveraging their local de-facto monopolies, these companies added new services and bought hundred of start-ups, building digital ecosystems that are rival in each part of the economy: food delivery, payment app, music streaming, bike sharing, etc.

This fast digitalisation was supported by the low quality of existing services in the Chinese economy (limited deployment of credit card and shopping centers, difficult access to public services, etc.).

#### ***Two rival ecosystems, consolidated around payment apps***

A striking element was how widespread mobile payment is for day-to-day transactions, even in remote parts of the country. Even beggars on the streets collect charity through smartphone apps. As we were able to witness, it is impossible to pay using a credit card in most shops. Last year, the total amount of transactions made by smartphone was almost one thousand times higher in China than in the USA (USD 36,000bn vs. USD 50bn).

The solutions are mainly provided by two big companies: Alibaba through *AliPay* and Tencent through *WeChat Pay*, both relying on easy to deploy QR codes. AliPay has around 150 million active monthly customers in China and WeChat over one billion overall customers. By contrast,

---

(1) This paper was written by “Corps des mines” 2018-2019 students, after a learning expedition in Shenzhen, Shanghai and Hangzhou. From visiting tech giants (Alibaba, Tencent, Huawei, PingAn) to getting insights from French companies working on those topics in China (Valeo, Airbus), from going to universities (Shanghai Jiaotong, Zhejiang University) to talking with “smaller” firms (Deep Blue, Sense Time, incubators) or venture capital companies (Cathay innovation), they studied the dynamism and vitality of the prosperous Chinese technology environment.

(2) Arno AMABILE, Antoine BERTHIER, Paul DEJEAN DE LA BÂTIE, Johann FAURE, Tristan FULCHIRON, Simon GARNIER, Paul-Adrien HYPOLITE, Bastien LAURAS, Thibault MANNEVILLE, Nicolas MASERAK, Antoine MICHON, Simon PIRMET, Olivier REMY, Anne-Lou ROGUET, Romain ROUSSEL, Damien SEUX, Basile THODOROFF et François WEBER.

## TENCENT

### The largest Chinese tech conglomerate

Founded in 1998, Tencent is one of the three major Chinese technology companies (T of BAT), with a market cap of USD 520bn and a turnover of USD 36bn in 2018. Tencent gets most of its revenues from gaming (41%), and owns the two biggest Chinese social apps, *WeChat* (a Whatsapp-like application with enhanced capacities) and QQ. Tencent applications are responsible for 47% of the Chinese internet traffic, and Tencent remains very China-centered, despite recent efforts. Being the backbone of a payment system (WePay) and of mini-programs (paying taxes, filing for divorce, buying movie tickets), WeChat has become an ecosystem in itself, in direct competitions with smartphone OS.

*What do they use AI for?*

Recent regulations in video games have pushed Tencent to develop computer-vision applications in non-core business sectors such as healthcare and smart cities. In healthcare, their tools to detect lung cancer in scanner images and oesophagus tumor in video allegedly beats human diagnosis by a few percents. Thanks to their performances and to their ability to deploy rapidly the algorithms through WeChat mini-programs, they have been recognized by the Chinese government as the national leader to build an AI ecosystem for healthcare, and thus a major actor in setting the standards.

*Our opinion on their AI abilities*

We have doubts on their capacity to execute on AI, for operational and technical reasons. The management does not encourage the kind of aggressive innovation that gave birth to WeChat, afraid that the government would reduce their power. Moreover, Tencent has a reputation for siloed data, which explains why they are less advanced at AI-driven advertising and recommendation than some competitors.

*Apple Pay* only has 127 millions customers worldwide, even though this app is installed into every iPhone.

This trend can be explained by the fact that smartphones spread really fast throughout the country and that most people had no credit or debit cards before. Moreover, American leaders Visa and Mastercard are banned from the country. The Chinese banking system thus shifted directly from cash to mobile payment. The Chinese market is huge enough to drive alone the demand of a fifth or a sixth of the entire world population. Furthermore mobile payment in China is entirely based on QR codes or face recognition, allowing a much faster development than NFC technology in shops and retail, but at the cost of lower security. Security risks are however well accepted by the citizens thanks to the benefits provided by digitalisation.

The deployment of the payment system has enabled both Alibaba and Tencent to link all applications to their own systems, creating ecosystems nearly as central as the Western application stores for smartphone. This payment ecosystem allows AliBaba and Tencent to gather lots of data that can then be used to profile customers, target advertising and enhance services.

The competition between AliBaba and Tencent is striking. For instance, a link to Alibaba couldn't be shared on *WeChat*, and *WeChat Pay* isn't accepted as a way of payment on many Alibaba retail applications. One of the next steps will be means of payment based on facial recognition, that were mentioned in many of our visits. Developing the ecosystem around their mini-apps is tomorrow's competitive advantage for tech giants in China.

### ***Everything is social***

Tencent owns the two biggest Chinese social networks, *WeChat* (a Whatsapp-like application with increased possibilities) and *QQ*. While *QQ* is mostly entertainment-based and dedicated to young people, *WeChat* seems to be a more comprehensive application, specialized in social payments, with embedded mini-programs allowing to pay for transportation, doctors, goods at retail stores and so on.

Beyond the strength of *WeChat*, many services have a social dimension, as referral links are a very widespread way of creating desirability for new apps, and even shopping becomes social, with friends competing on smartphone games to earn limited editions sneakers. Interestingly, this social dimension stops when freedom of expression is concerned, as the government can prevent any message to be sent on *WeChat* if it contains words that are deemed against the regime: “Winnie the Pooh”, a common way of referring to Xi Jinping is now banned.

## **ALIBABA.COM**

### **The Chinese Amazon**

Founded in 1999, Alibaba is one of the three major Chinese technology companies (A of BAT), with a market cap of USD 480bn and a 2018 turnover of USD 40bn. They started by deploying e-commerce platforms, and have since built an ecosystem around them, rivalling Tencent's: cloud business (AliCloud, much smaller than Amazon Web Services), payment system (AliPay), financial services (Ant Financial), and many startups. They currently push towards a mix of physical and digital shopping experience, for instance through augmented-reality smartphone games in shops.

#### *What do they use AI for?*

Optimization is a core activity of Alibaba. Optimization of the supply chain is a key field for their AI and data researchers, as logistics is a major source of costs for Alibaba. The group is also developing smart recommendation algorithms based on the purchasing or navigation history of a given user. While these are the main AI applications at Alibaba, they have been working on several projects in order to revolutionize the consumer retail shopping experience: they promote “shopping as an entertainment”, using AI solutions to enable it and to bring online and offline retail together. Alibaba developed through Alipay, a loan / credit / insurance service, based on the data and the behavior of its user. The algorithm is building the “sesame score” that gives access to coupons and rewards.

In a completely different business area, they are developing new capacities and technologies for smart cities. Most of the applications they showed us involved merging different data sources, combining city cameras, traffic information or incident reporting feed. They have been selected by the government as national leader for AI in the field of smart cities.

#### *Our opinion on their AI abilities*

The efficiency of their algorithm to suggest new purchases seems to be far behind Amazon's, but they keep collecting huge amount of data on their users. They have impressive computing capacities, but those seem focused on online traffic more than algorithm computation: they register up to 325,000 orders per seconds on their website on peak shopping days.

Alibaba is one of the leaders on Smart City solutions. We only got to see a digital city operation center in their showroom, as we visited Alibaba cloud whose core activity is far from the smart city business.

Like all the other major companies, they built their own deep learning platform to develop their AI applications.

### ***Online and offline merge together***

Today, the big aim for both Tencent and Alibaba is to merge physical and digital lives. Using their financial power, they are buying or backing startups that bridge the gap: e-commerce startups which are able to deliver food within thirty minutes, apps that gamify shopping to earn fidelity points and limited editions. One of Alibaba's goal is to bring online and offline retail together, in a customer-centered system using AI and digital technology, breaking the traditional supply chains where the customer is only at the end.

As the ecosystems consolidate around the *AliPay* and *WeChat Pay* payment systems, Tencent and Alibaba gather troves of data and monetize it, mostly inside their respective ecosystems. Some marketing analysis and data consolidation are then sold as a service to retail businesses, allowing them to better understand the profile and taste of their customers.

## **How did China build native digital ecosystems?**

### ***Shenzhen, the “Silicon Valley” of hardware***

Shenzhen was originally a small port. In its attempt to open the country to the rest of the world, Deng Xiaoping decided to make it a special economic zone in 1979 with one clear mantra: “poverty is not socialism, being rich is glorious”. The city specialized very quickly, becoming the manufacturing hub for electronics on the planet. Shenzhen is today one of the main supplier of electronic devices in the world. Thousands of different vendors can be found in the hardware market, which is made of several entire blocks in the city on many levels.

International companies and startups came to Shenzhen to be able to build very quickly and cheaply a product before shipping it, testing it and then scaling the production. For example, the French company Wiko simply buys white label hardware to assemble functional smartphones.

This habit of customizing and experimenting was very important for the development of the tech mindset in Shenzhen. Concentrating all the manufactures around Shenzhen, they were then able to move up the value chain and build software. In parallel, Chinese people were eager to adopt any technology improving their lives, adopting online payment extremely fast.

### ***The gentle push of the government***

The role of the Chinese government in building this ecosystem remains unclear to us, but certain. Some companies underlined the role of the government to loosen the rules within the economic special zone of Shenzhen, thus enabling Chinese internal migrants to come take jobs in a low tax environment (20% less than in France). Other said the state had a more proactive approach, setting strict guidelines (on cashless society, for example), stirring competition and massively subsidising the ecosystem. It even seemed to us that in the facts, no technological development is possible in China without, at some point, the approval of local or governmental authorities.

Another major role played by the government was to protect its huge interior market from the competition of American tech companies: for instance Google and Facebook are still prohibited in China. This played a key role in providing Chinese players enough time to enter the market, helping them take an almost complete control of it.

State-owned banks and municipalities funds play a major role in the financing of the tech environment through dedicated investment.

According to the manager of the SZ OIL start-up incubator, however, after the success of the regulatory sandboxes in special economic zones, the focus of the state-level has now moved to historical cities. The main AI hub is now in Beijing (we did not have the opportunity to visit it however), and Shanghai has also taken a key role in the AI wave. This doesn't mean that Shenzhen

has been completely left apart, and the dynamism of the city is a good indicator of that. The historical presence of large companies like Ping An, Huawei and Tencent, founded during the special economic zone trial, also remains a major asset, as do the presence of the electronic market.

As for the regulation of technology, there seems to be a different and pragmatic mindset, both amongst the population and the government, that enables a faster adoption, by focusing on developing the applications first, and dealing with the issues (ethics for instance) only when actual difficulties arise. The main guidelines of the administrators seem to consist in letting competition take place, after which national leaders naturally differentiate themselves. This idea also results in letting cities compete against each other.

### ***The global battle for talents***

One of the main issues faced by tech companies in China is to be able to attract talents. Salaries in the tech companies in Shenzhen are said to be already 30% to 40% higher than in Paris and to be increasing 10% every year. At the same time, the price of real estate is also soaring.

The Chinese government is trying to develop universities and laboratories on the digital economy and AI, however there is still a long path ahead. For instance, Shenzhen has only two universities for 13 billion inhabitants. Thus, Chinese companies started trying to attract overseas students back to China. The city government of Shenzhen deploys very generous grants to attract some international talents, especially those trained in the US, but has not been very efficient in attracting engineers or PhDs outside the Chinese diaspora yet.

## **Artificial intelligence: China's new target**

### **The shaping role of the government for the AI sector**

#### ***AI is a political priority***

The words of Russian President Putin must have been heard in China: the nation that leads AI will rule the world. AI has been identified as one of the national priorities by the government with its “Next Generation Artificial Intelligence Development Plan”, which provides a long-term vision and the biggest investment worldwide. The goal is simple: becoming the worldwide leader by 2030. The Chinese tech ecosystem, described in the previous paragraph, is now moving towards AI.

Since last year, Chinese AI industry has grown by 67%. Some skepticism is warranted in front of some dazzling numbers, as bad-quality research and empty offices are still widespread.

We visited the Zhejiang Lab in the Hangzhou's Artificial Intelligence Town, a campus dedicated to AI research. The goal for this lab is to grow from 182 AI researchers today to 3,000 AI researchers by 2022. The lab is funded through USD 10bn by the government and Alibaba Group, in order to quickly develop AI technologies, an impressive magnitude for a regional lab.

Access to data is also eased by the government. It gives access to its massive datasets to private companies, which can then export their technologies (exemple: datasets of face IDs).

#### ***Governmental influence on the choice of the AI application***

China focuses on enhancing the life of the Chinese citizens.

Thus the choice of the AI applications that are promoted is based on the main challenges of the country as seen by the government: video surveillance bridges the lack of security and trust, more efficient healthcare fixes the lack of experienced doctors, slow autonomous cars replace open and unsafe motorcycles used by old people in any weather conditions...

The Chinese Ministry of Science and Technology has identified five priorities, and appointed a firm as “leading platform” for each of them:

- Smart healthcare - Tencent
- Smart City, including security - Alibaba
- Autonomous driving - Baidu
- Learning Platform - SenseTime
- Voice intelligence and Natural Language Processing – iFlyTek

During the trip, we visited some of the leading platforms, and were presented additional technologies and applications.

## Main applications

### ***Big Brother comes to town: Computer Vision for security***

One of the main drivers for this technology is security, be it for the citizen or for the state. At an individual level, facial recognition is used to unlock phones, to withdraw cash at ATMs, to replace badges for access controls and much more. At the state level, video analysis is used to extract data from all the footage taken by the many surveillance cameras. As anyone who has visited China lately can tell, security cameras are everywhere, and such a large number of videos can not be analysed by human-based means.

## SENSETIME

### **The leader of computer vision powering all the others in the background**

Sensetime is a startup company founded in 2014. It is now valued at more than USD 5bn, with more than 2300 employees and 700 major clients and partners. They present themselves as the “most valuable AI company in the world”. Its incredibly quick growth is tightly linked to the development of large scale video surveillance algorithms by the Chinese government.

*What do they use AI for?*

They are known for being world leaders in facial recognition, and have reached unequalled precision, thanks to their database of pictures that contains more than 2 billion pictures representing 200 million different people. More than one out of two smartphones on the Chinese market embeds their technology in one way or another: the most common applications being unlocking the phone with your face and beautification filters for camera applications.

Besides this, they are working on other use cases such as behaviour detection, crowd analysis and employee supervision. They also showcased their systems for human machine interaction with gestures, be it hands signs or full body movement, even though those are not used at scale yet.

*Our opinion on their AI abilities*

Sensetime is fully autonomous in fulfilling its 3 biggest needs: huge datasets provided by their customers and labelled internally by 900 dedicated employees, cloud computing facilities and their own AI training platform (Sense Parrot). However, they acknowledged that their biggest asset was their internal datasets for AI, more than 10 billions of images and videos. This is indeed a barrier to entry for competitors, which complements their internal knowledge to develop new use cases.

Sensetime has been recognized by the Chinese government as one of the 5 platforms for next-generation AI, along with Alibaba, Baidu, Tencent and iFlytek. However, the repartition of the value-added between Sensetime and its clients, such as Alibaba, remains unknown. Therefore we cannot tell precisely which company is the most influential in the AI value chain in China.



Video analysis helps to focus the attention on where it is needed, through intelligent crowd analysis, detection and management of traffic congestion, or even through detection of violence in real time.

Another major use case is person detection: the ability to retrieve in a few seconds someone in the videos produced by all the cameras in a city in the last month is very valuable for the police, who can analyse the journey of a suspect instantly. For instance, SenseTime rolled out, in a 5 million inhabitants city, a system which is able to find all the places where you have been in the city in the last month within one second!

We have also been told by several companies that they powered facial recognition in airports based on a list of dangerous people furnished by the government. The algorithm recognizes anyone from this list as soon as they enter the airport and should trigger an alarm even before they approach security gates.

Computer vision has been recognized as a key technology by the Chinese government. The first focus of the technology was facial recognition, which is now a widely used technology in China. Because of its sensitive status and as the country wants to keep control on the big amount of data it has already gathered to develop these technologies, export restrictions have been placed by the government. According to the companies we visited, the government is also very cautious with the data it provides companies with when working on security issues. For instance, they ask companies to run their algorithm on a government-provided cloud with no possibilities to export the results - thus the commercially available algorithms are trained on the companies' own data, or the data provided by their clients, which they have plenty of.

### ***Who needs a doctor when they have a smartphone? Smart Healthcare***

Because of the lack of first-care doctors, a relatively high proportion of cancers in China, - there would be 4.3 million new cancer patients every year - and a limited access to healthcare, the need for smart AI systems to improve healthcare system arose as a priority for the government. This is even more important with the continuous aggravation of air quality in large towns, which causes a lot of diseases across the population: helping to lower the delay of diagnosis and to increase the value added by doctors is crucial.

AI use cases in healthcare are indeed numerous, and many of them fit pretty well in the image recognition framework which is the core of the Chinese AI knowledge. The most spectacular applications involve analysis of radiographies to detect cancers: lung, esophagus... With a large enough dataset, labeled by doctors, AI is allegedly capable of reaching a significantly better accuracy than average human doctors. However their technology doesn't completely replace doctors, who remain crucial to validate and confirm the results of the algorithm. Therefore AI is seen as an additional tool for the doctors. This solves the issue of accountability for the decision taken by the algorithm, since the doctor remains the final decision-maker. Tencent has deployed such a technology in several dedicated hospitals. Ping An, an insurance and banking company, also decided to specialize in AI technologies to provide such services.

### ***AI for entertainment***

Other use cases of AI and specifically computer vision concern are for entertainment. Many smartphone applications are powered with AI e.g. enhancement of people's beauty on pictures, adding fun, dynamic masks and filters to their faces... Chinese people seem to have adopted this applications more than Europeans. In the short term, this could actually be one of the biggest revenue sources for AI developments.

In fact, limiting these use cases to “fun-time” would be naive. These technologies fit pretty well for instance in the strategy of Alibaba to make shopping in real physical shops fun, and thus enhance the customer relationship, and boost consumption. As an example, we were shown a marketing video that described what happened during the previous Single’s Day, Alibaba’s “Black Friday” equivalent (US 42bn of sales in 2018) People started to play interactive games on their phone the day before to get vouchers.

## PING AN

### **The old insurer turning into a tech company**

Ping An is a Chinese conglomerate founded in 1988, which deals with insurance, banking and financial services. It has 1.8 million employees and 166 million clients (1 out of 9 citizens in China). Ping An Insurance is the world’s largest and most valuable insurer: it is worth USD 217 billion as of January 2018. It has a net profit compound growth rate of 30%. Their position as a world leader comes from the size of the Chinese market, closed to foreign companies. Ping An remains mainly a Chinese actor that has not developed on the world market.

In 2019, Ping An announced a strategic shift and now introduces itself as a technology company rather than a finance company: they aim at becoming the world-leading integrated financial services and technology group, focusing on financial services (insurance, banking, investment) and healthcare/medical. Ping An hired thousands of tech employees and developed a digital health service named “Good Doctor” which has now a 150 million user base.

*What do they use AI for?*

Ping An is mostly using AI to improve their core processes. They have implemented so far quite diversified applications: automatic vehicle damage assessment and claim processing, underwriting through voice recognition, medical images analysis and risk management for investment services. Since they intend to convert their business and turn into a tech company that would compete with the internet giants, they are trying to develop their own AI knowledge and products, and build their own deep learning platform. However, they did not present to us groundbreaking new use cases.

Contrarily to Western financial companies, their size enables them to have significant fundamental research in AI (including some esoteric applications like automatic music composition). They claim to have more than one thousand PhDs working on AI.

### **Our opinion on their AI abilities**

They pretended to be groundbreakers in AI during our visit, showing slides about potential applications of their technologies. Yet we were told during our visit in SenseTime that Ping An had asked them to provide the computer vision part.

### ***Robot friends: Natural language processing and translation***

Though Chinese companies work on Natural Language Processing (NLP), we did not have the opportunity to see other use cases than voice recognition to process calls with AI or to write messages on WeChat.

Such technologies are not mature yet and few use cases are already *in production*. Only Ping An told us they were implementing a solution to process clients’ calls - they were monitoring the quality of their call centers employees. Unfortunately, we did not have the opportunity to visit iFlyTek, which was recognized as the leader in NLP by the Chinese government.

On the other hand, translation is a major use case for Chinese people, since there are seven major language groups in China, and few people can speak English. Thus several companies like Tencent provide tools to translate live conversations. Voice recognition is also becoming more efficient than typing using a Chinese keyboard.

### ***Other applications***

While communication about AI seems to solely focus on applications that either deal with consumers directly or are used by government, AI is also used for industrial purposes as a mean of automation and rationalization, by implementing predictive maintenance for instance. However, this kind of application wasn't the core of what we've seen during our learning expedition. Indeed, from what we understood the Chinese industry is not very advanced in terms of numerisation, so AI cannot be fed with relevant data at this stage. The only large scale example we discovered was the use of AI to optimize communication networks by Huawei, for traffic prediction and network management. Their target is to build autonomous driven network. Deployment has already been automatized, and Huawei is now working on making upstream tasks more autonomous: Service Provisioning, Operation and optimization of the network topologies, and even one day the planning and design of the infrastructure.

Autonomous driving is also an important use case of computer vision that appeared regularly throughout the whole journey. Most firms are trying to get to produce level 4 autonomous car, that is, a car able to basically drive alone but which needs the presence of a driver to take care of accident-prone situations. Among all instances, we can mention autonomous buses processed by a company called DeepBlue, that provides surveillance tools within those same buses. SenseTime is also providing computer vision solutions for cars to identify if the driver is sleeping or calling. We didn't have the opportunity to visit Baidu, which was recognized as the leader in autonomous driving by the government.

## **AI relies on the data industry**

### ***The new sweatshops: a dataset industry***

China has built an industry for gathering and labeling datasets of all kind to fuel its AI applications. Many companies offer services to construct clean, massive and labelled datasets for AI purposes. Low labour cost has enabled companies to hire large teams and ensure high quality datasets, which is a key limiting factor in an AI development. "Quality data is the dream, dirty data is the truth", assessed Huawei head of medical R&D. On its side, SenseTime has more than nine hundred people dedicated to data cleaning and labeling. Nevertheless, several companies highlighted the difficulty of keeping people working on those repetitive tasks: people only accept these jobs for a while, they expect to get promotions to more interesting jobs in the end, and leave if they don't. This is why an important field of research which was presented to us by an academic of Shanghai Jiaotong University tries to get good results from machine learning using less data or data of poorer quality. Achieving these goals with an acceptable level of accuracy would be a considerable progress for the industry.

Furthermore, regulatory hurdles to the constitution of datasets are often limited. In the case of medical images, Tencent needs three months between the first request for images to a hospital and the effective transfer of the data. It will stop partnership with a hospital if it takes more than six months. By comparison, in France, accessing medical database often takes two to four years.

## **Thou shall trust your robot**

### **It's all about trust, folks!**

Trust is a foundational building block of human socio-economic dynamics, and is a necessary element to the success of any undertaking.

In traditional software applications, their behavior is dictated by explicit rules expressed in the code; in the case of AI agents, their behavior is based on knowledge that relies on data and evolves over time. The former approach is deterministic and predictable, the latter is non-deterministic and difficult to understand.

Therefore, humans lose the ability to understand why an algorithm is taking a decision. This is why ethics has been a hot topic for AI development in Europe and in the USA.

During our trip, we tried to learn more about these issues and to focus our questions on four topics: ethics, transparency, bias and interpretability. Our goal was to understand not only these topics, but also the way Chinese companies tackle them.

### ***Ethics***

While technology does not raise ethical issues by itself, the applications do. For instance, one of the companies we visited, DeepBlue admitted having a project of an armed robot which decides alone whether to shoot or not.

Europeans have focused on ethical issues regarding data privacy but AI can raise many other issues, such as bias, transparency or explainability of algorithms.

The definition of ethics varies depending on the society and its values, and from our visits, it appears that ethical issues (as understood in Europe) are not considered as a priority nowadays in China. The main goal of China is to become the world leader in AI, and to improve the standards of living of its population. Ethical considerations are at best secondary and might be discussed once the main goals are reached. AI is used at broad scale for many applications that would be unacceptable in Europe: merged integrated databases, large scale video surveillance, no transparency of the algorithm or the use of data for the citizen...

### ***Transparency***

Transparency is often thought of as a necessary path to reach acceptability. Open source is a form of transparency, and one that is often emphasized, with reason: as the saying goes, *code is law*, which means that if an algorithm is used to take decisions, the exact way it is written is as powerful as a law as it will apply to everyone.

However, is it the only possible one, and is it really the most important one? We do not think so.

First, AI algorithms are mostly based on the same paradigm – deep learning – but these are very hard, not to say impossible, to interpret. Thus having access to the code without the training data is useless as the labeled data set used to train the neural networks will determine the shape of the final algorithm. None of the companies we met would agree to share their training data with the public, thus open source for AI seems to be a lost cause.

Indeed, Chinese technology firms will always answer to accountability questions by showing the results themselves, and never the way they were obtained.

However, an AI algorithm is always part of a complex software chain. Having a black box inside the chain is not the end of all possibilities of transparency: being transparent about the use case as a whole is even more useful. A concrete example is face recognition: while there is no point in

sharing the code of face recognition technology, it is of high public interest to know what these technologies are used for. Explaining that face recognition for surveillance cameras is only used in case of a criminal event in the area does much more for the acceptability of the system than any open source algorithm could.

### ***Bias***

The question of bias is as old as statistics, and may be a major concern as the use of AI spreads. Biases are much easier to illustrate than to define: Google was recently accused of obvious algorithm bias when an AI machine trained on pictures of men snowboarding declared women could not use snowboard. Many examples can have more severe consequences: denying access to credit to people coming from a given background, making wrong diagnoses for a given population that wouldn't be represented in the training data set, etc.

In practice, little bias have been encountered in the AI applications already in production such as those in medical images analysis and those in facial recognition. As an example, representatives of DeepBlue talked about the video surveillance installed in public buses, supposed to detect harassment. They had then to agree that two people cuddling together in the bus might be interpreted as well as an harassment act. However, their attitude then clearly showed that they did not worry very much about such consideration, based on the fact that they never actually observed such problems.

SenseTime assured us that with facial recognition algorithms trained on 2bn pictures of Chinese citizens, only limited datasets (200k pictures) would be needed to make their algorithms as efficient for African citizens recognition as it is actually for Chinese citizens.

Companies in China do not see bias as an ethical problem but rather as a performance problem. If the performance on some subset of users is too poor, companies will ensure the algorithm is not the decision maker but rather an assistance for decision (in cancer detection, algorithm is supporting the doctor in its decision).

### ***Interpretability***

An algorithm is interpretable if one can explain the different reasons why it reached a certain decision, a certain result. For instance in the case of an algorithm deciding whether someone should be freed on bail, one could ask for the grounds on which they were deemed too likely to commit a crime again. A doctor may also like to know which pixel on a radiography was the most influential for the algorithm in the diagnosis - but he might also decide that if the algorithm has an average accuracy superior to humans he can just trust it.

Because AI looks like a “black box”, which builds a model from data (the opposite case is a model designed by an expert), and often involves very complicated and nonlinear functions (neural networks are a good example of that), it often lacks interpretability.

Over the week, we repeatedly asked companies whether they cared about being able to explain and interpret the algorithms they use. Only one company gave a positive answer: Airbus, who stated that they need to be able to explain their algorithm, to avoid a black box feeling. In the case of predictive maintenance, their clients (EasyJet for instance) need to trust the predictions, and thus to trust the algorithm because of the cost of doing maintenance.

In all other cases, the companies did not display any concern or interest for the question. In some cases, it was even difficult for us to have our question understood. This shows how far interpretability is from their concerns. We have a few conjectures as to why interest was so low.

First, many developments are not mature enough to consider this question: in Zhejiang lab, researchers consider that their technology answering questions about a pictures is too recent and imperfect for them to consider challenges that go beyond performance.

In a second case, many applications have been deployed, where interpretability is not a business imperative. In Tencent, the automated diagnosis trying to detect cancers is always a second diagnostic, paired with a doctor diagnostic, who can then take on the explanation duties.

Finally, interpretability of algorithms may matter more in the case of an automatic decision, which should be contestable (in front of a court or not). The principle that the decision-maker should be accountable for its decision, and should be able to explain why they took a specific decision, is possibly more developed in the West than in China.

## **Conclusion**

All in all, the capacity for marketing and fudge should not disqualify all reports on AI research: if only half or a fourth of the ambition is met, it will still be a big leap forward.

**All firms we visited apparently work on similar projects:** the topics of video surveillance, smart cities, autonomous vehicles and cancer recognition always came out. Either these topics are particularly promising in terms of expected growth, or the government gives incentives/orders to have all big companies working on them. It may also be that the companies are not very innovative in terms of new use cases, and mostly copy their US competitors, or that those business case are the only mature ones since the main applications of AI that are already related to a business case are image recognition and analysis and natural language processing. It was interesting to notice how broadly implemented the image recognition technology already is in China for payment, video surveillance with facial recognition, etc. However, we noticed some specialisations: SenseTime seems to be the reference for Computer Vision, AliCloud for Smart Cities...

**Many Chinese companies are leaders in computer vision,** especially for face recognition. Our rough estimate is that at least 80% of their AI work is based on such type of technologies. They apply most of their effort to face recognition, and image recognition in health care. The first goal is to answer the government's needs of security and healthcare system solutions. The second target is to get the money that can be made in healthcare and the positive reputation it brings.

**Payment & ecosystems play a key role.** Leapfrogging the credit card stage, Chinese people now pay with their smartphone (QR codes, face payment). Most payments are done through *AliPay* or *WeChat*, enabling Alibaba and Tencent to build huge ecosystems around their payment systems. Having access to the bulk of data about spending habits, which they collect from merchants, they can improve their services and buy startups. These two systems are rigidly separated, to the point that you can't even share an Alibaba link on WeChat.

**Impressive showrooms are used to demonstrate the impact of technology on the society.** Visits of showrooms were quite impressive featuring for instance at Tencent a James-Bond style organisation with disappearing walls and light tunnels.

# Rêves d'usine, usines à rêves, usine rêvée

Par Pierre MUSSO

Professeur à l'Université Rennes II et à Télécom ParisTech

L'industrie a toujours accompagné son activité de production de récits, d'images et de mises en scène dont les Expositions universelles sont un moment symbolique fort. Depuis les débuts de l'industrialisation, ces grands récits ont été tantôt positifs et optimistes, tantôt critiques et pessimistes. Pourquoi ? Parce que l'industrie fonctionne à l'imaginaire autant qu'à la science et à la technique qu'elle met en œuvre. L'imaginaire industriel est si riche qu'il a même produit des industries de l'imaginaire, et qu'il ne cesse de livrer des récits « révolutionnaires » sur son passé et sur son futur. Car l'industrie fonctionne à la projection, souvent sur la longue durée. C'est une « centrale à imaginaires » (comme on parle de centrales nucléaires), pour reprendre un mot du sociologue Jean Baudrillard : son énergie, c'est l'imaginaire.

L'industrie a accompli le grand rêve de l'Occident, c'est-à-dire la vision d'un monde maîtrisé par la science et la technique, au nom du « Progrès ». C'est au moment de la crise de cette vision associée à un processus de « désindustrialisation » qu'il faut revenir à la source de nos croyances sur ce processus d'industrialisation. L'industrie n'est pas qu'une affaire d'économie et de technique, elle est d'abord une affaire philosophique, voire mythologique, parce qu'elle réalise et porte la foi industrialiste de l'Occident. Le philosophe Georges Canguilhem insistait sur le lien entre industrie et valeurs ou croyances qui la constituent : « Derrière le machinisme, phénomène technique, il faut apercevoir le capitalisme, phénomène économique, et derrière le capitalisme, il faut apercevoir un système de valeurs, un humanisme rationaliste. L'idéal de la vie humaine ce n'est plus le paradis terrestre dont on a la nostalgie : c'est le jardin qu'il faut cultiver. L'humanisme machiniste implique que l'homme n'a pas de place toute faite dans la nature, qu'il doit plier cette nature par le travail pour la dominer par l'esprit<sup>(1)</sup>. »

L'imaginaire n'est pas seulement le produit de l'imagination, faculté psychologique de chacun ; il est un langage collectif fait de narrations, de récits et d'univers de formes et d'images dynamiques ayant une certaine cohérence. Et l'imaginaire n'est ni l'opposé du réel, ni du rationnel, mais bien leur complément. C'est pourquoi il est inséparable des œuvres mentales ou matérielles qui en sont l'expression. L'imaginaire se réalise dans des objets, des œuvres d'art ou des techniques qui à leur tour sont générateurs de nouveaux imaginaires : le développement logiciel devient jeu vidéo ou univers virtuel producteur de nouveaux mondes possibles que l'industrie réalisera, tout comme une combinaison chimique devient un parfum ou un cosmétique qui séduit et générera une industrie du rêve.

Les industries contemporaines multiplient la fabrication de dispositifs destinés à produire et à développer les imaginaires grâce aux technologies du virtuel, du numérique, des réseaux ou des technobiologies : robots, clones, avatars, et autres êtres artificiels ne cessent de proliférer. Dans ce processus permanent et intensif d'innovations, l'imaginaire se trouve à son tour technologisé, voire usiné. L'anthropologue Georges Balandier parle à ce propos de « techno-imaginaire », parce que « c'est sans doute la première fois dans l'histoire des hommes que l'imaginaire est aussi fortement branché sur la technique, dépendant de la technique et cela mérite une considération attentive<sup>(2)</sup> ».

---

(1) CANGUILHEM G. (1938), *Ceuvres complètes*, vol. I, Paris, Éditions Vrin, 2011, p. 511.

(2) BALANDIER G. (1986), « Un regard sur la société de communication », *Nouveaux programmes et communication audiovisuelle* : Actes du colloque du CNCA. Paris, Centre Georges Pompidou, p. 161.

Ainsi les liens sont-ils toujours plus étroits entre l’imaginaire, la technoscience, la création et l’industrie. Non seulement du fait de la production croissante de technologies de l’imaginaire, comme le cinéma ou l’audiovisuel, les jeux vidéo, ou les mondes virtuels, qui accompagne l’industrialisation depuis un siècle, mais plus en profondeur parce que l’industrie procède elle-même d’un imaginaire puissant, d’une vision du monde constitutive de l’Occident, que nous avons nommée *industriation*<sup>(3)</sup> pour la distinguer du phénomène historique qu’est l’*industrialisation*. L’industrie est née de la cristallisation d’une philosophie et d’un imaginaire technico-scientifique (1) et, en se réalisant, elle a généré de nouveaux imaginaires, et même des industries de l’imaginaire (2). Aujourd’hui elle multiplie les récits sur son futur – de l’« industrie 4.0 » à l’« Internet industriel » – pour accomplir son nouveau développement hyper-industriel (3).

## **Rêves d’usine – l’imaginaire industriel**

L’étymologie est toujours utile à la généalogie. Le terme « industrie » vient du latin *in-struere*, « qui prépare, médite, façonne en lui-même ». Il a longtemps désigné l’habileté, le talent et l’ingéniosité liés à un savoir-faire. Un deuxième sens est apparu tardivement pour qualifier un métier, une profession, un travail, voire un art, puis, par extension, le mot a identifié l’ensemble des opérations qui concourent à la production et à la circulation des richesses. Au XVIII<sup>e</sup> siècle, le terme est d’usage ordinaire pour désigner le zèle ou l’application au travail ainsi que l’activité productrice et son résultat. Ainsi l’industrie moderne serait en quelque sorte la projection « à l’extérieur » de *in-dustria* (construire en soi) dans la production machinique (son objectivation mondaine).

Dans la multiplicité de ses significations, l’industrie caractérise la vision du monde occidental, bâtie sur le mythe prométhéen et faustien de domination de la nature, combiné à une rationalité technoscientifique et calculatrice. Une telle vision a été « réalisée » dans et par l’action productive, elle-même incarnée et organisée dans l’entreprise à partir de 1750 en Europe.

L’industrie, considérée comme vision du monde, ne va pas de soi, et, d’ailleurs, de nombreuses civilisations s’en sont passées. Il s’agit d’une orientation et d’une représentation caractéristiques de l’Occident. De ce point de vue, la thèse célèbre défendue par Max Weber établissant un lien étroit entre « l’éthique protestante et l’esprit du capitalisme<sup>(4)</sup> » a une grande valeur heuristique, même si elle a été discutée sur le plan de son exactitude historique. L’approche wébérienne a le mérite de soutenir que la révolution industrielle capitaliste est le fruit d’une morale et même d’une religion. Pour rompre avec la « vision contemplative » de la Nature dans l’Antiquité, l’imaginaire industriel s’est construit sur quatre piliers :

- 1) une « vision horizontale de la Nature », car l’homme est créateur, à la place ou à l’image de Dieu ;
- 2) une anticipation et une projection dans le futur, au nom du progrès ;
- 3) une rationalité quantitative et scientifique pour calculer et maîtriser la nature ;
- 4) une *antiphysis* pour transformer la nature (et non plus la contempler) par le travail, la science et les techniques.

La « vision horizontale de la nature », condition indispensable à la réalisation de l’esprit industriel, s’accomplit à la Renaissance. En effet, la lumière doit être naturelle et venir du monde terrestre, et non plus de l’au-delà, comme l’illustre toute la peinture du *Quattrocento*. La rationalité calculatrice se met progressivement en place. La quantification du temps est une des conditions

(3) Voir notre ouvrage (2017) *La Religion industrielle. Monastère, manufacture, usine. Une généalogie de l’entreprise*, Paris, Fayard.

(4) WEBER M. (2000), *L’Éthique protestante et l’Esprit du capitalisme*, Flammarion, Coll. « Champs ».



de l'imaginaire industriel. Ainsi, l'invention des horloges et la mesure du temps, déjà présentes dans les monastères, jouent un rôle essentiel pour organiser la production. Mais c'est surtout avec la naissance de la science moderne que s'accomplit une condition majeure de la rationalité préindustrielle. L'historien américain John Nef, qui a étudié l'émergence de ce qu'il nomme « la civilisation industrielle », souligne l'importance de la révolution scientifique intervenue vers 1630, et de la « nouvelle pensée quantitative » dans la genèse de l'industrialisme. La première révolution industrielle, écrit-il, a eu lieu dans le Nord de l'Europe au XVII<sup>e</sup> siècle : « Ce ne furent pas surtout des faits matériels nouveaux qui amenèrent les Européens plus près de l'industrialisme au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle qu'ils ne l'avaient été cent ans auparavant. Ce fut plutôt le fait que l'esprit humain s'en remit à des valeurs quantitatives et à des méthodes quantitatives de raisonnement, à la preuve tangible, vérifiable, comme base de la connaissance scientifique...<sup>(5)</sup> » En effet, le moment fondateur de l'esprit industrialiste se noue au début du XVII<sup>e</sup> siècle avec la multiplication des « révolutions » : scientifique (Galilée et Harvey), politique (la révolution anglaise), philosophique (Descartes et Francis Bacon), religieuse avec la guerre de Trente Ans (1618-1648), sociale (révoltes des années 1629) et même climatique. Dans cette période pluri-révolutionnaire, la science moderne charrie avec elle un imaginaire de l'expérimentation et de la transformation de la nature, tout à l'opposé de la contemplation du monde et de la séparation des activités intellectuelles et manuelles fixées par l'Antiquité.

Plusieurs philosophes contribuent à penser l'action scientifique et rationnelle de production. Les deux principaux sont Francis Bacon et, bien sûr, Descartes qui invite dans le *Discours de la méthode* à « devenir comme maîtres et possesseurs de la nature ». De cette vision du monde moderne découle un programme d'action dont l'objet est d'appliquer la science et le calcul à la production pour dominer la nature. Ce projet suscitera vers 1750 une opposition entre la vision rousseauiste de la dénaturation par l'industrie et celle qui va triompher en Angleterre sous la forme de l'« industrialisation ». D'un côté, le respect de la nature nourricière et de l'autre, l'industrie productrice de richesses. Le grand virage est pris en Europe par les *Lumières écossaises* avec, à leur tête, les philosophes-économistes David Hume et Adam Smith qui, s'opposant aux physiocrates, forment en 1754 la Société d'Edimbourg « pour encourager les arts, les sciences, l'industrie et l'agriculture en Écosse », ouvrant la voie à la célébration de l'industrie, créatrice de richesses et outil de puissance des États.

L'imaginaire de l'industrie s'impose alors avec la naissance et le développement des manufactures, du *factory system*, bien avant les grandes innovations techniques qui sont souvent considérées comme les causes de la « Révolution industrielle » (1780-1830). L'imaginaire industriel s'institutionnalise dans l'invention de l'usine et se réalise dans un gigantesque processus de mécanisation. C'est à nouveau dans une période de révolutions multiples – révolutions nord-américaine et française, nouvelle révolution scientifique et technique – que l'esprit industriel triomphe et se cristallise dans le machinisme qui marque la naissance de la « grande industrie » moderne, selon la formule de Marx. Cette industrialisation n'a cessé de s'étendre. Elle a accéléré l'urbanisation et s'est emparée du commerce, des hommes et des territoires.

L'imaginaire industriel est ainsi devenu un « ordre industriel ». Il ne suffit pas de dire que l'usine/entreprise produit des biens et services, elle produit aussi des récits et des images, des emblèmes et des mythes. Et cela s'est amplifié à l'occasion de chacune des trois grandes « révolutions industrielles » que l'historien François Caron a pu distinguer dans l'histoire de l'industrie moderne<sup>(6)</sup>, chacune étant attachée à des grappes d'innovations technologiques et à une source d'énergie. La première (1760-1830) est liée à la machine de Watt et aux chemins de fer, la

(5) NEF J. U. (1964), *Les Fondements culturels de la civilisation industrielle*, Paris, Payot, p. 20.

(6) CARON F. (2010), *La Dynamique de l'innovation : Changement technique et changement social (XIX-XX<sup>e</sup> siècles)*, Gallimard, Paris.

deuxième (1860-1930) à l'électricité et au pétrole, et la troisième (1950-2000) au nucléaire et à l'informatique. Les sociétés occidentales ont ainsi construit et sédimenté trois « macro-systèmes techniques<sup>(7)</sup> » faits de réseaux de transports, d'électricité et de téléinformatique dont l'Internet et les systèmes d'information sont la forme la plus récente.

L'industrie trouve deux de ses théoriciens majeurs – pour ne pas dire ses idéologues – en Saint-Simon (1760-1825) et Auguste Comte (1798-1857), le maître et l'élève. Philosophe de l'industrie, Henri Saint-Simon invente les termes « industrialisme » et « industrialiste », la formule « société industrielle » ou encore le substantif « les industriels ». Il défend deux thèses centrales sur l'industrie. La première est que l'industrie porte toutes les vertus et promesses, constitutives d'un mythe moderne : liberté, paix, richesses, progrès, travail, savoir, intelligence, etc. Elle appelle une nouvelle société, la « société industrielle », véritable issue à la Révolution française demeurée inachevée. Saint-Simon place dans *L'Industrie*, titre de l'ouvrage qu'il dirige en 1817-1818, cette épigraphe : « Tout par l'industrie, tout pour elle. » Il écrit : « L'industrie possède réellement toutes les forces de la société », ou encore : « Tout doit, tout peut se rapporter à l'industrie<sup>(8)</sup>. » Deuxième idée-clé, l'alliance de la science et de l'industrie : la science et l'encyclopédie doivent s'appliquer dans l'industrie, s'orienter vers la production et se mettre à son service. La science est le complément de la production : savants et industriels sont les deux grands acteurs de cette opération. Science et industrie vont de concert : « La science doit se rapporter à l'industrie. Elle ne doit jamais perdre de vue leur but commun, la production. »

Deux disciples majeurs de Saint-Simon, tous deux ingénieurs polytechniciens, vont accomplir sa vision sous deux formes différentes : Auguste Comte, sous l'angle philosophique, et Michel Chevalier (1806-1879), sous l'angle économique et politique.

Pour Auguste Comte, qui fut le jeune secrétaire de Saint-Simon, l'industrie est une « grande révolution mentale » et même une « antithéologie ». Il écrit dans son *Catéchisme positiviste* : « L'existence humaine commence, en effet, par être essentiellement militaire, pour devenir enfin complètement industrielle, en passant par une situation intermédiaire où la conquête se transforme en défense. Tels sont, évidemment, les caractères respectifs de la civilisation ancienne, de la sociabilité moderne, et de la transition propre au Moyen Âge<sup>(9)</sup>. » Suivant cette fameuse « loi des trois états », la marche de l'histoire et de la civilisation aboutit à l'état positif et à l'essor industriel.

À la même époque, un autre disciple saint-simonien, ingénieur du corps des Mines, Michel Chevalier, qui deviendra le conseiller économique de Napoléon III, célèbre l'industrie. Dans sa leçon inaugurale au Collège de France où il tient la chaire d'économie politique, il dresse en 1841 un hymne à l'industrie : « Il n'y a donc pas d'exagération à annoncer que par l'industrie l'homme doit devenir réellement le roi de la création, le maître de l'univers. Avec l'industrie, au lieu d'être opprimé par la matière, l'homme la tiendra asservie à sa volonté. » L'homme devient un nouveau Dieu dans un monde technoscientifique laïcisé.

Toutefois, Comte comme Chevalier font preuve d'une grande lucidité sur l'ambivalence de l'industrialisation du monde qui engendre aussi la paupérisation et la misère ouvrière. Chevalier souligne en ces termes l'ambivalence de cet imaginaire industriel : « Telle qu'elle se présente

(7) Sur la notion de « macro-systèmes techniques », voir GRAS A. (1983), *Les Macro-Systèmes techniques*, PUF, collection « Que Sais-Je ? », et HUGHES Th. P., *Networks of power. Electrification in Western Society, 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

(8) SAINT-SIMON H. (2013), *Œuvres complètes*, édition critique en 4 volumes, Paris, PUF, coll. « Quadrige », vol. 2, pp. 1458 et 1461.

(9) COMTE A. (1891), *Catéchisme positiviste, ou Sommaire exposition de la religion universelle en treize entretiens systématiques entre une femme et un prêtre de l'humanité*, Édition apostolique (publiée par J. Lagarrigue, avec des notes de M. Lemos), Paris, Apostolat positiviste, pp. 329-330.

maintenant, ce n'est pas toujours une mère tendre, c'est quelquefois, c'est souvent une cruelle marâtre. » L'industrie est toujours féminisée ; elle est la femme-mère, la mère-industrie ou son inverse, l'amère industrie.

L'imaginaire industriel eut besoin non seulement de grands récits, mais aussi d'une mise en images, de mises en scène et en spectacles, bref d'une esthétique. C'est pourquoi aux textes ont été associées des cérémonies, des expositions, des œuvres d'art. Ce seront notamment les Expositions universelles à la gloire de l'industrie et de la « révolution industrielle » : à Paris durant plus d'un siècle et à Londres, sans discontinuité de Crystal Palace en 1851 aux Jeux olympiques de 2012. Lors de l'Exposition universelle de Chicago, en 1933, un siècle de progrès est célébré avec ce slogan : « La science découvre, l'industrie applique et l'homme suit. » L'Industrie est représentée par une jeune femme, coiffée d'un bonnet aux couleurs de l'Amérique, qui danse sur le globe.

Comme tout imaginaire, l'imaginaire industriel fonctionne à l'ambivalence : il est réversible ; dire le Paradis, c'est dire son inverse, l'Enfer. Ses deux faces seront mises en scène, voire inscrites dans des grands récits romantiques ou idéologiques du XIX<sup>e</sup> siècle, notamment par Friedrich Engels dans *La Situation de la classe laborieuse en Angleterre*, par Victor Hugo dans son poème *Melancholia* ou par Émile Zola dans *Germinal* pour dénoncer le travail des enfants dans les mines. Il en résulte une imagerie assez effrayante de l'usine dans l'imaginaire collectif des Français.

Avec les deux guerres mondiales qui transforment les industries en machineries de guerre et de destruction, l'industrie est identifiée à la guerre, comme dit Bergson, et à la perte du sens, pour Hannah Arendt. La machine devient machination avec le fordisme comme le met en scène Charlie Chaplin dans *Les Temps modernes*. De l'ambivalence de l'imaginaire industriel, c'est le versant négatif qui se renforce manifestement au XX<sup>e</sup> siècle, alors qu'en même temps se multiplient et explosent les industries de l'imaginaire, du rêve, du luxe et du loisir.

## Usines à rêves – les industries de l'imaginaire

Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les industries du luxe, puis, peu après, les industries du cinéma et de l'audiovisuel, ont ouvert la voie à ce que l'on peut nommer des « industries de l'imaginaire<sup>(10)</sup> ». L'industrie a créé une grande machinerie de production d'imaginaires. L'esprit industriel – fût-il rationaliste, scientifique et technicisé – a engendré son complément, à savoir des usines « à rêves ».

Aux trois « révolutions industrielles » identifiées par François Caron ont été associées trois formes d'industries de l'imaginaire, en quelque sorte des « méta-industries », qu'on peut désigner par trois néologismes : d'abord, l'*industrialisme*, selon le mot de Saint-Simon, ensuite, le *hollywoodisme* en référence au cinéma d'Hollywood, et enfin, le *siliconisme*, en référence à l'électronique et à la Silicon Valley. L'industrialisme associe à l'émergence du capitalisme industriel le développement de la science-fiction et l'industrialisation du livre et de la presse ; le hollywoodisme, associé à la rationalisation fordiste et taylorienne de la production industrielle, désigne les « industries culturelles » comme la radio, le phonographe, le cinéma, puis l'audiovisuel ; le siliconisme associe à l'informatisation contemporaine les industries du logiciel, du numérique et du virtuel, « à fort investissement d'intelligence » (Georges Balandier) et de créativité.

Ainsi, dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, Pierre Guerlain et surtout Aimé Guerlain (1834-1910) industrialisent la fabrication des parfums. Par l'imaginaire et le rêve, l'industrie conquiert toujours plus les marchés et les esprits... À partir de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle se développe la science-fiction, comme « genre littéraire », dont la diffusion est accélérée par l'industrialisation de la presse à feuilletons et des magazines, des revues populaires bon marché et à gros tirage.

---

(10) FLICHY P. (1980), *Les Industries de l'imaginaire. Pour une analyse économique des médias*. PUG/INA.

La deuxième révolution industrielle des années 1880-1930, celle de l'électricité, s'accompagne d'une nouvelle grappe de techniques et d'industries de l'imaginaire avec les médias : le téléphone, qui fut d'abord « théâtrophone », la radio, le cinéma, puis la télévision... Elles captent l'attention des consommateurs et créent de nouveaux loisirs, formant une industrie de l'*entertainment*. Pour les philosophes de l'École de Francfort, Adorno et Horkheimer, le même système de production de type fordiste intègre les industries manufacturières et culturelles : « La différence entre la série Chrysler et la série General Motors est au fond une pure illusion... Il en est de même pour les productions de la Warner Brothers et de la Metro Goldwyn Mayer. » Le hollywoodisme est le fruit de cette industrialisation de l'imaginaire poussée à son acmé à Hollywood. Ainsi au milieu des années 1920, 240 000 kilomètres de pellicule sortent des studios de Hollywood qui rationalisent l'organisation du travail : le studio Universal est même surnommé « la fabrique à saucisses ».

Avec la troisième révolution industrielle des années 1950-2000, celle de l'informatisation et de sa rencontre avec les télécommunications, aboutissant notamment à l'Internet, s'opère une mutation radicale du système productif. L'électronique envahit la production marquée par l'automatisation, la robotisation des fabrications et l'informatisation des organisations et des process grâce aux systèmes d'information. Pour caractériser ce nouveau système productif, les dénominations se multiplient : « post-fordisme », « post-industrialisme », « hyper-industrialisme », « capitalisme informationnel » (Manuel Castells), ou « cognitif » (Yann Moulier-Boutang). De son côté, Pierre Veltz préfère traiter de la « société hyper-industrielle », « caractérisée par la convergence entre l'industrie des objets et l'industrie des relations (les services)<sup>(11)</sup> ». Avec l'informatisation, l'industrie est devenue une « cervofacture » (Hervé Serieyx) et les salariés sont définis comme des *knowledge workers*. Cette hyper-industrie est pilotée désormais par l'aval des consommateurs et par leur collaboration, voire leur « travail », plus que par l'amont de la production, comme à l'époque de Ford dont les clients, disait-il, pouvaient choisir la couleur de leur voiture « à condition que ce soit le noir ». Partir du consommateur pour remonter vers la production nécessite de capter son attention, de recycler son désir et même sa contribution et donc de manier les signes et les symboles. Ainsi l'imaginaire devient-il une « matière première » de l'industrie.

Les nouvelles formes industrielles du siliconisme sont souvent inspirées et combinées aux usines à rêve hollywoodiennes. En effet, on peut comparer Hollywood et la Silicon Valley car ce sont deux territoires de développement des industries de l'imaginaire : l'une fondée sur la pellicule, l'autre sur le silicium (*silicon*, en anglais). De Hollywood à la Silicon Valley, il n'y a qu'une distance de 500 kilomètres, mais surtout une grande similitude des modes de travail industriels sur les imaginaires. À l'instar d'Apple ou des studios de Spielberg, précisément nommés DreamWorks, ces méta-industries combinent de multiples compétences technoscientifiques et artistiques, pour travailler sur et avec les imaginaires, les fictions, les narrations et les rêves. Désormais, la force de l'industrie dépend de sa capacité à créer et à habiter des « nouveaux nouveaux mondes<sup>(12)</sup> », c'est-à-dire des mondes artificiels, et à créer des emblèmes, des croyances, de la confiance, des récits, des signes, des symboles, des marques, des images associés à leurs produits.

Les trois révolutions industrielles ont chacune charrié avec elles des « méta-industries », marquant autant d'étapes du dédoublement de l'industrie sous une forme fonctionnelle et une autre fictionnelle, *hard* et *soft*, matérielle et immatérielle. Ces « méta-industries » tendent à piloter toutes les industries car elles fonctionnent à l'innovation intensive et au rêve. Elles deviennent désormais les industries de référence pour toute l'économie.

(11) VELTZ P., *La Grande Transition*, Paris, Le Seuil, 2008, p. 148, et *La Société hyper-industrielle. Le nouveau capitalisme productif*, Paris, Le Seuil, 2017.

(12) BALANDIER G. (2001), *Le Grand Système*, Paris, Fayard, p. 95.

## L'usine rêvée – les imaginaires du futur industriel

Une des forces de l'industrie est sa capacité à se projeter dans le futur car, pilotée par l'innovation, elle doit disposer de visions à long terme, produire des prospectives et faire rêver la société. Qu'en est-il des imaginaires actuels du futur de l'industrie et des « usines du futur » ? Quels imaginaires industriels sont en chantier pour l'industrie elle-même ? Plusieurs récits et images coexistent, mais ils se structurent tous autour de trois thématiques ou mythes issus de l'imaginaire industriel, car les mythes fonctionnent à la récurrence et à l'ambivalence : le premier est la dialectique industrie/nature (conflit ou intégration), le deuxième est la décentralisation, voire l'individualisation industrielle *versus* la concentration, et le troisième, la réinvention continue de l'industrie par l'innovation technoscientifique, voire par une nouvelle révolution – la « troisième » ou la « quatrième », c'est selon.

S'agissant de la dialectique industrie/nature, elle offre deux principales versions. La première est la thématique de « la fin ou la mort de l'industrie » tantôt au profit des services, voire d'un secteur dit « quaternaire », tantôt par un retour en arrière, vers la nature et l'agriculture. Cette vision de la « désindustrialisation » se présente sous les traits de la fatalité. C'est la thèse défendue par exemple par Michel Houellebecq dans *La Carte et le Territoire* qui imagine la France de 2040 comme un pays « agricole et touristique » peuplé de néo-ruraux écolos, un pays défait mais résigné. La seconde version de la dialectique industrie/nature est un retour vers la nature et son intégration dans l'« écologie industrielle » ou la *green industry*. L'écologie industrielle est une notion et une pratique récente du management environnemental. C'est la représentation d'un système industriel assimilé à un écosystème répondant aux besoins des entreprises qui cherchent à réduire leur impact carbone sur la biosphère, dans une perspective dite de « développement durable ».

S'agissant ensuite de la décentralisation, voire de l'individualisation et de la personnalisation des industries, opposées aux concentrations usinières, on peut en identifier quatre variantes. La première est celle du mouvement des *Makers*, des « fablabs » et des imprimantes 3D. Chris Anderson, ex-rédacteur en chef de la revue *Wired*, phare de la Silicon Valley, en est un des promoteurs. Ce mouvement est animé du rêve des start-up : devenir « tous entrepreneurs, tous innovateurs individuels », par le développement d'une industrie décentralisée et collaborative à l'image du réseau Internet. Mais il est aussi poussé par le désir de « faire », du *do it yourself*, comme l'a bien montré le philosophe-réparateur de motos Matthew Crawford dans son best-seller, *Éloge du carburateur*<sup>(13)</sup>.

Dans le même sens est annoncé le dépassement du dualisme consommation/production, au profit d'une économie de la coopération ou « de la contribution » issue de la « révolution numérique » dont l'encyclopédie libre Wikipédia ou les fablabs seraient des exemples pionniers ou la prévision de l'*Internet industry* décentralisée avancée par General Electric<sup>(14)</sup>. Ce peut être aussi le développement des « écosystèmes locaux » comme le préconise, en France, un rapport de l'Institut Montaigne<sup>(15)</sup> et comme le gouvernement français a décidé d'en créer une vingtaine.

S'agissant enfin de la nouvelle révolution industrielle – la troisième – selon Jeremy Rifkin<sup>(16)</sup> –, elle

(13) CRAWFORD M. B. (2016), *Éloge du carburateur. Essai sur le sens et la valeur du travail*, traduit de l'anglais (États-Unis) par Marc Saint-Upéry, Paris, La Découverte, coll. « Poche / Essais ».

(14) <http://www.ge.com/stories/industrial-internet> et [http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial\\_Internet.pdf](http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf) (consultés le 30 juin 2013).

(15) Institut Montaigne (2018), *Industrie du futur. Prêts, partez !* septembre, <https://www.institutmontaigne.org/publications/industrie-du-futur-prets-partez>

(16) RIFKIN J. (2012), *La Troisième Révolution industrielle*, Paris, Les Liens qui libèrent.

reproduit et prolonge l’imaginaire industriel, et s’appuie sur la foi inébranlable dans le futur, dans le progrès technique et l’injonction à l’innovation, à partir d’une nouvelle « grappe d’innovations » combinant télé-informatisation, nouvelles énergies et NBIC. Très en vogue en Allemagne, a émergé le thème de l’« industrie 4.0 », marquant cette « quatrième révolution industrielle », celle de la production et des « usines intelligentes » de l’industrie connectée et de l’usine numérisée. Ce grand projet stratégique « Industrie 4.0 » a été lancé à la Foire de Hanovre en 2011 : « *Nous sommes, disent ses trois auteurs, le premier pays à avoir une vision* <sup>(17)</sup>. » En 2014, l’Allemagne et la Chine passent un accord de coopération sur « l’industrie 4.0 » avec des standards conjoints et une formation dans les entreprises allemandes <sup>(18)</sup>. De son côté, le gouvernement chinois a défini sa stratégie « *Made in China 2025* », pour créer une « super maison de la production » d’ici 2028, et transformer l’industrie chinoise à l’horizon 2049, lors du centenaire de la République populaire.

Dans la vision française, « le futur de l’industrie » n’est pas le grand bazar fait de « briques technologiques », voire d’« objets-valises <sup>(19)</sup> », c’est leur mise en relation créatrice de nouveaux processus industriels. Ce n’est pas non plus la simple numérisation de l’industrie existante, comme le souligne Bernard Charlès, le dirigeant de Dassault Systèmes : « Le premier piège, c’est de penser que l’industrie du futur sera seulement une numérisation de l’industrie actuelle (...) Le second, ce serait de ne pas conjuguer ces efforts avec une réforme de la formation. Il faut comprendre que l’innovation est devenue pluridisciplinaire ». Le futur de l’industrie, ce sera sa transformation radicale et même une « renaissance industrielle », créatrice de nouveaux métiers, de nouveaux produits, de nouveaux usages, d’une autre organisation et d’une autre chaîne de valeur. Ce qui est promis c’est l’« Usine rêvée », « intelligente, flexible, connectée, élastique, économe », etc., et peut-être même un nouveau modèle d’organisation industrielle, dépassant le fordisme et le toyotisme (*lean manufacturing*). Michaël Valentin le nomme le « teslisme » (mot tiré de Tesla, l’entreprise d’Elon Musk) construit selon sept principes novateurs <sup>(20)</sup>.

Que ce soit l’« industrie 4.0 », l’Internet industriel, le siliconisme, le teslisme ou la « renaissance industrielle », l’usine rêvée est annoncée. Ce qui est promis, c’est une rupture culturelle, une nouvelle industrie qui se déploie dans toute la société, comme le furent les révolutions antérieures. Il s’agit d’alimenter l’imaginaire industriel qui porte le rêve moderne de l’Occident énoncé au début du XIX<sup>e</sup> siècle par Saint-Simon : « Toute la société repose sur l’industrie », « Tout pour elle et tout par elle ».

(17) Henning Kagermann, ex-dirigeant de SAP, Wolfgang Wahlster, président du DFKI (centre d’IA) et Wolf-Dieter Lukas, du ministère allemand de la Recherche.

(18) En juillet 2018, Siemens et Alibaba Cloud s’allient pour le développement de l’Internet industriel des objets en Chine avec *MindSphere*, système d’exploitation ouvert sur la principale plateforme cloud chinoise.

(19) Ce sont des familles d’objets dont la définition demeure suffisamment large pour intégrer de nombreuses technologies ou services : par exemple les robots collaboratifs et *smart machine*, l’Internet industriel des objets et production de données, le *Big Data* et l’intelligence artificielle, l’intégration verticale et horizontale (exemple : *supply-chain*), les outils de simulation avancée, la production additive, les matériaux et processus innovants (ex. impression 3D), la réalité augmentée... la *Blockchain* (stockage et transmission d’informations), le *Cloud* et la *cybersécurité* (stockage et la transmission d’informations).

(20) VALENTIN M. (2018), *Le Modèle Tesla, Du toyotisme au teslisme : la disruption d’Elon Musk*, Paris, Dunod. Ces sept principes sont : 1) le *storymaking* (ou *storytelling*), soit un grand projet qui dépasse l’entreprise ; 2) la *cross-integration* ou l’intégration verticale, organisationnelle, transversale et sociétale qui décloisonne les métiers et connecte à l’écosystème ; 3) la traction tentaculaire ou la vision trans-sectorielle des marchés, créant des flux en étoile à partir d’une plateforme et des *modèles bifaces* dans lesquels les producteurs sont consommateurs et réciproquement ; 4) le *startup leadership*, c’est-à-dire la diffusion de « l’esprit startup » dans toutes les équipes ; 5) la *software hybridation* qui permettra de capitaliser de bout en bout par la connexion de tous les logiciels ; 6) l’*hypermanufacturing* pour augmenter le système industriel, et enfin 7) le *men et machine learning*, soit la formation en continu.

# Résumés

## 06 L'interconnexion et l'intermodalité : un point de vue européen

Catherine TRAUTMANN

La mobilité et le transport sont non seulement des facteurs économiques importants mais aussi des éléments-clés d'intégration européenne. Le défi climatique, qui s'impose à nous, nous oblige à réinventer les modes de transport et à les faire évoluer pour répondre aux enjeux majeurs. L'interconnexion et l'intermodalité impliquent que l'on accepte de repenser nos modèles et de considérer les attentes de nos concitoyens : s'assurer d'une meilleure gestion du trafic, tout en garantissant un service de qualité aux usagers. La digitalisation est un *trend* transversal dans tous les modes de transport qui permet de répondre à ces attentes. Mais la digitalisation elle-même génère des défis : la maîtrise de la complexité, la gestion de la protection des données, la cyber-sécurité ou encore la fracture numérique dont les solutions ne pourront être apportées qu'avec un travail collaboratif de l'ensemble des parties prenantes, usagers et citoyens compris.

## 09 Sécurité routière, gestion des données et libertés individuelles à l'heure des véhicules autonomes et connectés

Floran VADILLO

Objet longtemps réservé aux exercices de science-fiction, le véhicule autonome (VA) s'apprête à investir notre réalité. Au-delà d'adaptations des règles de conduite ou des missions des forces de sécurité intérieure (FSI) et des administrations de la sécurité routière, une réflexion peut se nouer autour du rôle du VA lui-même comme acteur de la sécurité routière, parfois indépendamment de son conducteur/passager. En effet, la technologie permet d'élargir le champ des possibles et notamment d'envisager de nouvelles interactions avec les FSI. Toutefois, cet horizon doit être pondéré par des considérations juridiques et sociales, elles aussi évolutives sous certaines conditions. Car la voiture ne se résume pas à un simple moyen de locomotion ni à un outil : elle constitue un objet économique et social aux très fortes implications.

## 15 La route du futur

Nicolas HAUTIERE

La route est au cœur des enjeux de société, notamment à cause de ses émissions de CO<sub>2</sub>. La démarche portée par le projet Route 5<sup>e</sup> Génération, initié dès 2010 par l'Ifsttar, s'est imposée *de facto* comme la feuille de route à même d'adapter la route aux enjeux de mobilité du XXI<sup>e</sup> siècle. Cette démarche, alignée sur les feuilles de route du projet européen *Forever Open Road*, visait à bâtir un écosystème d'innovation national performant, à même de faire de la route un système de mobilité évolutif, automatisé et résilient face au changement climatique. La route du futur est aujourd'hui intégrée dans les contrats stratégiques de la filière automobile et des industries de la construction.

## 20 **Sûreté, sécurité et résilience des réseaux de transports à l'âge du numérique et des menaces hybrides**

Antoine-Tristan MOCILNIKAR

Dans un cadre marqué par la libéralisation et le foisonnement technologique, les interactions entre le monde du transport, les domaines de la sécurité et de la sûreté et l'action collective au niveau des territoires dessinent un champ complexe. La résilience peut apporter une méthodologie pour affronter ces sujets. Nous partons de la dynamique issue de la révolution digitale. La numérisation du transport, comme dans les autres secteurs économiques, fait peser de nouveaux risques sur cette activité et ses acteurs. Puis nous intégrons les questions de sécurité et de sûreté. À l'heure des menaces hybrides, elles se décroissent et tendent vers une sécurité globale. Finalement, nous identifions des pistes afin de définir la boîte à outils que la résilience nous propose. La résilience renvoie au systémique et se conçoit à l'échelle globale en raison des interdépendances. Les priorités sont alors d'identifier tous les risques, toutes les temporalités et d'appréhender la logique territoriale. Au total, il faut donc renforcer nos capacités d'anticipation et de pilotage. L'idée est d'optimiser nos transports grâce à une approche intégrée qui prend en compte simultanément les enjeux économiques, sociaux, financiers, numériques, de sûreté et de sécurité ainsi que de gouvernance à travers une approche territoriale basée sur un dialogue multipartite sur l'anticipation et de suivi des mutations en cours et à venir.

## 27 **Enjeux numériques de la logistique urbaine**

Laetitia DABLANC

De nouveaux concepts, de nouvelles entreprises de logistique urbaine émergent depuis une dizaine d'années en Asie, en Europe et aux États-Unis, et plus récemment dans toutes les régions urbaines du monde, poussées par les révolutions numériques. Cette logistique vise à répondre à la demande des entreprises urbaines et des consommateurs pour de nouveaux services, tout en apportant des solutions aux préoccupations des villes quant aux impacts environnementaux et sociaux des livraisons urbaines actuelles. Cependant, le rythme d'introduction effective d'une logistique innovante dans les zones urbaines est lent et varie considérablement d'une ville à l'autre. Pour des villes à la logistique urbaine efficace (comme Tokyo) qui intègrent des équipements logistiques dans des zones urbaines très denses, ou des logistiques « intelligentes » de quartier comme dans les centres historiques des villes européennes – où apparaissent des livraisons plus propres et plus silencieuses, des livraisons massifiées, des services de livraison à domicile de haut niveau et des expérimentations *high tech* –, on compte encore nombre de quartiers moins centraux et beaucoup de grandes villes du monde dont la congestion et les émissions liées au transport de marchandises se maintiennent à des niveaux encore beaucoup trop importants. Les municipalités de leur côté soutiennent l'innovation en logistique urbaine, mais l'essentiel se fait *via* des projets qui mettent surtout l'accent sur des démonstrateurs, innovants mais de coût élevé et dont la diffusion reste très limitée. Et surtout, les villes voient passer le train rapide des innovations du e-commerce et de ses livraisons sans réaction coordonnée. En France, le projet de loi d'orientation des mobilités offrira aux villes un encadrement législatif plus stabilisé (sur l'utilisation de caméras de contrôle par exemple) qui concerneront de fait également la mobilité des marchandises.



### 34 Le management d'une *supply chain* durable

Anicia JAEGLER

Pour répondre aux enjeux environnementaux et sociaux, il est nécessaire de déployer une *supply chain* durable. Son management permet de minimiser l'empreinte écologique des activités de la *supply chain*, de favoriser un développement mieux partagé et de limiter de nombreux risques. Il intègre l'ensemble de la *supply chain*. En amont, les fournisseurs et les matières premières sont concernés, avec notamment l'écoconception. En interne, de nombreux outils existent pour évaluer la performance durable. La production doit limiter les consommations et les déchets, les bâtiments doivent être éco-conçus, tant d'un point de vue énergétique qu'ergonomique. Le management des hommes est lui aussi à repenser. Enfin, en aval, le transport et la fin de vie des produits doivent être réfléchis en tenant compte de la logistique inverse dès la conception du produit. Des solutions existent ou restent à explorer, avec notamment l'intégration de nouvelles technologies ou la considération des nouvelles valeurs sociétales.

### 38 Logistique et plateformes numériques : vers un Internet physique des marchandises

Henri ISAAC

À la fin des années 1990, la mise en réseaux des individus et des marchandises a donné naissance à une nouvelle forme de commerce, le commerce électronique. Cette transformation du commerce a entraîné une modification des flux d'informations et de marchandises en étendant les chaînes logistiques d'approvisionnement jusqu'au client final dans des espaces urbains qui n'ont été ni pensés, ni encore moins organisés, pour les accueillir. Dès lors, l'accroissement des flux liés contribue à dégrader l'espace urbain en augmentant la congestion du trafic, la pollution et les émissions de gaz à effet de serre. Cette organisation logistique apparaît peu soutenable et appelle à une refondation de la logistique des marchandises. Dans cette perspective, l'idée d'organiser les flux de marchandises en s'inspirant de la commutation par paquets sur le réseau Internet offre une perspective nouvelle apte à gérer de tels défis économiques et environnementaux et à garantir une soutenabilité de cette nouvelle forme de commerce. Dans une telle approche, les plateformes logistiques deviendraient des *hubs* intelligents capables de traiter des flux de marchandises indépendamment de leurs expéditeurs et de leurs destinataires, pour devenir un maillon d'un Internet physique, seul capable de mutualiser des flux physiques optimisés.

### 43 Le MaaS : une nouvelle approche de la mobilité

Marie-Claude DUPUIS

Mégacités, besoins croissants en mobilité urbaine, transition écologique, évolution du rapport à la mobilité, avènement des plateformes digitales... Le groupe RATP s'ouvrira bientôt à la concurrence en Île de France dans un secteur en pleine évolution. Pour répondre à ces enjeux sociétaux et aux besoins des citoyens, le Groupe s'est donné l'ambition de devenir un partenaire privilégié des villes intelligentes, en faisant notamment évoluer son offre de transport de masse vers une offre de MaaS : une mobilité porte-à-porte, multimodale et digitale avec un accès à une information en temps réel et à des services tout au long du trajet. Derrière ce besoin somme toute assez simple pour les clients, se cachent des défis XXL pour les opérateurs de transport public : interconnexion physique des modes, gouvernance de l'ouverture et du partage des données, partage de la valeur et des responsabilités entre tous les acteurs de l'écosystème.

## 48 **Covoiturage du quotidien : des enjeux technologiques et sociétaux**

Frédérique VILLE

Le développement massif du covoiturage longue distance et la perspective de répliquer son modèle sur les 600 milliards de kilomètres voyageurs par an en voiture (sur les trajets de moins de 80 km) ont attiré de nombreux acteurs sur le marché du covoiturage courte distance. Mais la difficulté croissante de supporter le coût des trajets du quotidien et la volonté d'en limiter l'impact écologique n'ont pas suffi à transformer ce potentiel en *business model* rentable. Quels sont donc les leviers qui permettront de faire du covoiturage du quotidien une réalité ?

## 53 **Le numérique au service de la mobilité urbaine : quels enjeux pour les métropoles ?**

Chloé PERREAU et Hélène ROUSSEL

Les collectivités doivent non seulement s'adapter aux développements numériques mais surtout être proactives dans un contexte où les évolutions technologiques, environnementales et sociétales sont très rapides. La démarche « Cité intelligente » de Montpellier Méditerranée Métropole a pour ambition de concilier les piliers sociaux, environnementaux, économiques au travers d'une approche globale et systémique. Elle fixe la feuille de route de la Métropole en matière de transition numérique, au sein de laquelle s'inscrivent les services informationnels et billettiques de transports multimodaux, la politique d'ouverture des données, mais également les partenariats public-privé. Ceux-ci visent à accompagner les mutations en cours dans le domaine de la mobilité : intermodalité, mobilité à faibles émissions, véhicules autonomes, mobilité connectée, etc. Compte tenu de l'ampleur des évolutions dans les domaines de la mobilité et du numérique, les défis à relever pour la collectivité sont considérables (souveraineté numérique, transformation organisationnelle, etc.) mais passionnants !

## 59 **Le numérique au service de la mobilité urbaine durable**

François MIRABEL et Mathias REYMOND

Les transports urbains connaissent de véritables bouleversements depuis le début des années 2000. Entre le redéploiement des transports collectifs, l'émergence des modes doux (vélos, trottinettes...) et la mise en place de mesures restrictives à l'automobile, les autorités locales peuvent se doter désormais d'un outil supplémentaire : le numérique. Ce dernier permet de réduire les coûts de mise en œuvre de politiques publiques complexes (péages urbains variables, marchés de droits à circuler), et de mieux informer les usagers sur les effets externes qu'ils produisent lors de leurs déplacements. Enfin, bien que théoriquement séduisant, ce nouvel instrument ne demeure pas encore assez englobant, car une partie de la population en est exclue.

## 65 **Vers des hyperlieux mobiles ? Des activités mobiles augmentées par les potentialités du véhicule autonome et connecté**

Mireille APEL-MULLER et Jean-Pierre ORFEUIL

Le commerce ambulancier, l'écrivain public, le dentiste, les cirques itinérants incarnent des figures universelles, anciennes, et pourtant très contemporaines dans leurs nouvelles variantes. Aujourd'hui se développent partout dans le monde toutes sortes d'activités

sur roues, bricolées ou de haute technologie : compensation à la misère ou à l'isolement, ou bien élément cumulatif de services dans des zones intenses, attractives et chics, elles contribuent à « faire territoire, faire ville, faire milieu ». Ces « hyperlieux mobiles » constituent un impensé des études sur la mobilité. Ils sont pourtant les précurseurs d'un bouleversement dans nos pratiques mobiles, liés autant à notre « hyper connectivité » –réseaux sociaux, géolocalisation, Internet des Objets, système d'information en temps réel– qu'à l'arrivée des véhicules connectés et autonomes, qui rend envisageable de repenser radicalement notre rapport au temps dans les déplacements, et notre rapport à l'espace dans des véhicules aux fonctions multiples et aux usages divers. Jusqu'où peut-on imaginer ces hyperlieux mobiles ? Pour quels bénéfices ? Et pour qui ?

## 71 Micro-mobilité partagée : sont-ils devenus fous ?

Henri MOISSINAC

L'arrivée des services de partage de vélos, trottinettes et scooters électriques en ville dans le monde entier signale l'aube d'une révolution de la mobilité urbaine. Cette révolution est liée à des changements profonds de notre société et de ses évolutions technologiques. Cette révolution sera bientôt aussi transformatrice dans les villes que l'arrivée du téléphone mobile dans nos vies.

## 74 Financer la mobilité intelligente par les leviers public-privé

Carine STAROPOLI et Benoît THIRION

Le développement de la mobilité intelligente est au cœur de la transition énergétique dans les villes : il doit permettre de répondre aux besoins tout en améliorant l'efficacité énergétique. Cette politique requiert des investissements industriels, des infrastructures et des équipements adaptés et digitalisés, la création de nouveaux usages... Pour la financer, il est essentiel de mobiliser à bon escient les relations entre les collectivités publiques et le secteur privé. Trois leviers majeurs existent : le levier contractuel pour l'investissement public ; le levier financier pour encourager l'investissement privé ; le levier réglementaire pour créer des synergies public-privé.

## 79 Mobilité durable, numérique et financement : quel modèle pour quels territoires ?

Jean COLDEFY

La colère des gilets jaunes n'est qu'un nouveau symptôme d'un profond sentiment d'injustice alors que les dépenses contraintes des Français augmentent pour passer à 61 % en 2018, selon une enquête récente réalisée auprès de 11 000 foyers par TNS Sofres. Pour les ménages de 1300 euros et moins nets mensuels, ces dépenses pèsent près de 70 % du budget. Ceux qui prennent leur voiture pour aller travailler tous les jours n'ont, pour la plupart, tout simplement pas le choix. Les prix des logements dans les grandes villes ont été multipliés par 3 depuis 20 ans. La concentration des créations d'emplois dans les agglomérations et la destruction dans les villes moyennes est un phénomène puissant. Tout ceci a entraîné un allongement très important des distances domicile-travail depuis 40 ans. C'est l'absence d'alternatives à la voiture solo depuis les périphéries qui génère des flux de véhicules qui viennent saturer les réseaux routiers aux heures de pointe. Le sentiment d'iniquité est ainsi très fort : les habitants des périphéries et des zones rurales à faibles revenus sont durement touchés par les augmentations des prix de l'essence. Ils reçoivent très mal les leçons d'écologie de ceux qui peuvent utiliser moins souvent la voiture : on ne peut que

les comprendre. La non-affectation des taxes ne permet pas par ailleurs d'expliquer l'usage qui est en fait et pénalise leur acceptation. Pourtant des solutions simples, éprouvées, déployables rapidement sont possibles pour accéder simplement aux zones d'emplois des agglomérations. La question de leur financement reste entière. Les nouveaux outils de la mobilité que nous promettent les technologies numériques nous permettront-ils de dépasser cette contrainte ? Comment demain mieux relier les agglomérations avec leurs périphéries proches et lointaines ? On le voit, au-delà des mobilités, les enjeux sont bien plus vastes : on touche à la cohésion de la société, aux solidarités entre territoires, dans un contexte de pénurie d'argent public, alors que les enjeux climatiques se font chaque jour plus pressants.

## HORS DOSSIER

### 88 L'impact de la directive droit d'auteur sur l'économie numérique

Pierre BEYSSAC

La directive copyright vient d'être adoptée au parlement européen et est en cours de transposition en France. Son article 17, imposant la mise en œuvre du filtrage sur les contenus mis en ligne, est très controversé. Supposé rééquilibrer le partage de la valeur des géants de l'Internet au profit des ayants droit, il nécessite une mise en œuvre technique coûteuse qui va créer une barrière à l'entrée pour les petites sociétés concernées par le texte, pénalisant tout l'écosystème européen du numérique.

### 93 Intelligence artificielle : retour sur le séminaire 2018 de l'amicale du Corps des mines

Andréane BOURGES et Colin DUCROTOY

L'intelligence artificielle offre à notre économie des outils scientifiques puissants pour l'analyse et le traitement d'un nombre croissant de données. Les applications sont nombreuses et prometteuses, que ce soit pour réaliser des gains de productivité ou pour aider à la décision, et laissent entrevoir dès aujourd'hui le début d'une transformation structurelle de notre société. Pour autant, cette évolution fascinante soulève un certain nombre de questions et de craintes, qu'elles soient d'ordre sociologique – *doit-on craindre une destruction massive d'emplois ?* –, éthique – *qui doit être responsable des décisions prises par un algorithme ?* –, ou de souveraineté – *quel rôle pour la fonction publique et l'Europe ?* –. Nous proposons ici de revenir sur ces enjeux et perspectives, soulevés lors du séminaire 2018 de l'amicale du Corps des mines.

### 98 Navigating the fudge and breakthroughs of artificial intelligence in China

Rapport supervisé par Pierre-Étienne GIRARDOT et rédigé par les Ingénieurs-élèves du Corps des Mines (promotion 2018).

China managed to become a digital superpower able to compete with US companies, contrary to Europe. Protected and pushed by Chinese government, technology giants developed cutting-edge technologies thanks to China leading position in hardware (in the 90s, China became the manufacturing hub for electronics on the planet) and thanks to the impressive ability of Chinese people to adopt new digital products (as for digital payment). A pragmatic mindset about technology, for both population and government, enables faster adoption, by focusing on developing applications first, and dealing with issues only when they arise. Thus, Chinese big players have managed to reach a level of technology

close or sometimes better than their American counterparts, especially regarding artificial intelligence (AI). AI actually became a political priority whose applications, from healthcare to smart cities, security or autonomous driving will progressively reshape Chinese citizens' way of life. From the way those companies can manage and have access to data, to the way they deal with trust issues for their algorithms (ethics, transparency, bias and interpretability), what can we learn from this impressive AI development in China?

*NB: This paper was written by "Corps des mines" 2018-2019 students, after a learning expedition in Shenzhen, Shanghai and Hangzhou. From visiting tech giants (Alibaba, Tencent, Huawei, PingAn) to getting insights from French companies working on those topics in China (Valeo, Airbus), from going to universities (Shanghai Jiaotong, Zhejiang University) to talking with "smaller" firms (Deep Blue, Sense Time, incubators) or venture capital companies (Cathay innovation), they studied the dynamism and vitality of the prosperous Chinese technology environment.*

## **110 Rêves d'usine, usines à rêves, usine rêvée**

Pierre MUSSO

L'industrie accompagne son activité de production de récits, d'images et de mises en scène. Parce que l'industrie fonctionne à la projection, souvent sur la longue durée, donc à l'imaginaire autant qu'à la science et à la technique qu'elle met en œuvre. L'imaginaire industriel est si riche qu'il a même produit des industries de l'imaginaire, et qu'il ne cesse de livrer des récits « révolutionnaires » sur son passé et sur son futur. L'industrie est née en Occident de la cristallisation d'un imaginaire technico-scientifique et, en se réalisant, elle a généré à son tour des industries de l'imaginaire. Aujourd'hui, elle multiplie les récits sur son futur – de « l'industrie 4.0 » à « l'Internet industriel » – pour accomplir un nouveau développement hyper-industriel.

# Abstracts

## 06 Connections and intermodality: A European viewpoint

Catherine TRAUTMANN

Mobility and transportation are not only important economic factors but also key elements in European integration. Climate change compels attention and forces us to reinvent modalities of transportation and make them evolve in response to major issues. Intermodality and connections between forms of transit imply redesigning current models while taking account of users' expectations so as to better manage traffic and offer riders quality services. Digitization, a trend cutting across all modes of transportation, can help us respond to expectations; but it also gives rise to other challenges: the management of data protection, control over complexity, cybersecurity and the digital divide. Solutions can be found only by collaborating with all stakeholders, users and citizens.

## 09 Road safety, data management and individual freedoms in the era of connected, driverless vehicles

Floran VADILLO

The “autonomous” vehicle, a subject long confined to science fiction, is ready to ride into reality. Beyond the adjustments to be made in traffic laws, highway safety administrations and the assignments of police forces, it is worthwhile devoting thought to the driverless vehicle as an “actor” in road safety, sometimes independently of its driver or passengers. By expanding the range of possibilities, technology enables us to imagine interactions between this new actor and the highway police — prospects to be qualified, however, with legal and social considerations, which are also evolving. A car is not just a simple means for movement nor a machine; it is an economic and social object with very strong implications.

## 15 Roads of the future

Nicolas HAUTIERE

Roads are a core issue in society, especially owing to CO<sub>2</sub> emissions. Launched in 2010, IFSSTAR's R5G program for a “5th Generation Road” has become the de facto roadmap for adapting highways to mobility in the 21st century. This approach, in line with the EU's program “Forever Open Road”, seeks to build an effective system of national innovation for responding to climate change by making highways part of an evolving, automatic and resilient, system of mobility. The strategies of the automobile and construction industries now take “Roads of the future” into account.

## 20 Hybrid menaces and the safety, security and resilience of transportation networks in the digital era

Antoine-Tristan MOCILNIKAR

In a context of technological proliferation and an open economy, the transportation industry's relation with the problems of safety and security and with the actions of local authorities is complex. Resilience provides a methodology for handling this situation. In this sector (or other sectors) of the economy, digital technology creates new risks for

activities and the parties involved. At a time of “hybrid menaces”, the questions related to safety and security are being decompartmentalized, since they entail what amounts to a global security. What tools does resilience offer us? Resilience is systemic: given the many interdependent relations, it must be designed on a global scale. The priority is to identify all risks and time frames, and take account of territorial logistics. This means reinforcing our ability to anticipate and manage. It implies an integrated approach for optimizing transportation that simultaneously takes into account the economic, social, financial and digital aspects of safety and security as well as a form of territorial governance based on a multiparty dialog for anticipating and monitoring current changes and those to come.

## **27 The digital issues of urban logistics**

Laetitia DABLANC

New concepts, new urban logistics companies have emerged over the past decade in Asia, Europe and the United States, and more recently in all urban regions of the world, driven by digital revolutions. This logistics aims to meet the demand of urban companies and consumers for new services, while providing solutions to cities' concerns about the environmental and social impacts of current urban deliveries. However, the rate of effective introduction of innovative logistics in urban areas is slow and varies considerably from one city to another. For cities with efficient urban logistics (such as Tokyo) that integrate logistics facilities in very dense urban areas, or “intelligent” neighborhood logistics such as in the historic centers of European cities – where cleaner and quieter deliveries, mass deliveries, high-level home delivery services and high-tech experiments are emerging, there are still many less central districts and many large cities in the world whose congestion and emissions from freight transport remain at levels that are still much too high. Municipalities, on the other hand, support innovation in urban logistics, but most of it is done through projects that focus mainly on innovative but high-cost demonstrators whose diffusion remains very limited. Above all, cities are seeing the fast train of e-commerce innovations and deliveries pass by without a coordinated response. In France, the draft law on the orientation of mobility will offer cities a more stable legislative framework (on the use of control cameras, for example) which will in fact also concern the mobility of goods.

## **34 Managing a sustainable supply chain**

Anicia JAEGLER

In response to environmental and social problems, it is necessary to design a sustainable supply chain, which will have to be managed so as to minimize its environmental footprint, more widely share development and reduce several risks. This management will have to take account of the whole chain. Upstream, this concerns suppliers and raw materials, and calls for ecodesign and the many tools that exist for assessing sustainability. Consumption and wastes must be limited at the level of production; and buildings, ecodesigned with regard to both energy and ergonomics. The management of people must also be redesigned. Downstream, thought must be given to transportation and products at the end of their life-cycles, but the logistics of all this must be taken into account when products are designed. Solutions exist (or are to be explored) that involve new forms of technology or take account of new societal values.

### **38 Logistics inspired by digital platforms: Towards a physical internet of merchandise**

Henri ISAAC

At the end of the 1990s, e-commerce emerged out of networks of individuals and merchandise. This transformation of the retail trade modified flows of information and freight by extending supply chains to end customers in urban areas, which were neither designed nor organized to handle this change of logistics. This increase in traffic has marred urban areas by worsening congestion, pollution and greenhouse gas emissions. This organization is hardly tenable, and the logistics of freight must be redesigned. For this purpose, the idea of organizing the flow of merchandise by drawing from the ideas of packet-switching on the Internet opens a new perspective for handling economic and environmental problems and seeing to the sustainability of this new form of commerce. Logistic platforms would thus be “smart hubs” capable of processing flows of merchandise, independently of senders and receivers, so as to become a link in a physical internet, which alone will be capable of managing an optimized flow of merchandise.

### **43 Mobility as a Service, a new approach**

Marie-Claude DUPUIS

Megacities, the growing need for urban transit, the environmental transition, changing relations to mobility, digital platforms.... The RATP Group will soon face competition in a fast, changing transportation market in Île-de-France Region. In response to the aforementioned societal issues and to the needs of this urban region’s inhabitants, the Group intends to become a leading partner of smart cities by switching its offer of mass transit toward mobility as a service (MaaS): door-to-door transportation, multimodal and digital with access to information in real time and to services during the full duration of the trip. This need seems relatively simple to clients but represents a major challenge for public transit operators: physical connections between modes of transit, the governance of data (open data as a common good), the distribution of added value, and the sharing of responsibilities among all parties in the ecosystem.

### **48 Everyday carpooling, technological and societal aspects**

Frédérique VILLE

Given the massive growth in long-distance carpooling, the prospects of reproducing this trend for the 600 billion passenger-kilometers per year by car for trips of less than 80 km have attracted several players to the market for short-distance carpooling. The mounting difficulty of covering the costs of daily trips and the determination to limit their environmental impact have not sufficed to turn this potential into a profitable business model. What levers to use so that carpooling for everyday trips becomes a reality?

### **53 Digital technology at the service of urban mobility: The stakes for metropolitan areas?**

Chloé PERREAU & Héléne ROUSSEL

Local authorities must adapt to digital technology while being “proactive” to rapid technological, environmental and societal trends. The “smart city” approach, adopted by Montpellier, seeks to make the social, environmental and economic spheres converge



toward a global, systemic solution. Montpellier Mediterranean Métropole has adopted a roadmap for the digital transition in this metropolitan area in France. This roadmap includes information and ticketing services for multimodal transit, an open data policy and public-private partnerships for handling changes in mobility (“intermodality”, the reduction of emissions, driverless vehicles, connected mobility...). Given the scope of the changes in both mobility and digital technology, local authorities are faced with challenges that are considerable but exciting (e.g., digital sovereignty or organizational changes)!

## **59 Digital technology at the service of sustainable urban mobility**

François MIRABEL & Mathias REYMOND

Urban transit systems have undergone major changes since 2000. Besides the redeployment of public transit, the emergence of “soft” forms of transportation (bicycles, scooters, etc.) and the adoption of measures for restricting automobiles, local authorities now have an additional tool: digital technology for cutting the costs of implementing complex public policies (variable tolls in urban areas, markets for permits to circulate) and better informing users about the external effects of their uses of transportation. Though attractive in theory, this new tool is not yet global enough, since part of the population is excluded from using it.

## **65 Toward “mobile hyperplaces”? Mobile activities enhanced by the potential of connected and driverless vehicles**

Mireille APEL-MULLER & Jean-Pierre ORFEUIL

The traveling salesman or circus is a traditional, universal figure, but contemporary owing to recent variations on it. Everywhere in the world, new (homemade or state-of-the-art) activities “on wheels” are springing up in response to poverty or isolation, or as an element added onto traffic services in dense (attractive and chic) urban zones. They are helping, to make “a territory, a city, an environment”. Though overlooked in studies on mobility, these “mobile hyperplaces” are the forerunners of a revolution in practices related to mobility. These practices have as much to do with “hyperconnectivity” (social media, geolocation, the Internet of things, real-time information systems) as with the advent of connected, autonomous vehicles, which make it possible to radically rethink our relations to transportation time and space (vehicles with multiple functions and used for various purposes). How far to go in imagining these mobile hyperplaces? What are the benefits? For whom?

## **71 Shared micromobility: Have they gone mad?**

Henri MOISSINAC

The development of services for “sharing” electric bicycles and scooters in urban areas are the sign of a revolution in mobility. Linked to technological trends and deep changes in society, this revolution will soon affect cities as much as the coming of mobile telephones affected our lives.

## **74 Public-private leverage for funding smart mobility**

Carine STAROPOLI & Benoît THIRION

“Smart mobility”, which lies at the core of the energy transition in urban areas, has to improve energy efficiency while satisfying needs. Such a policy requires investments, infrastructures, an adapted, computerized system, the creation of new uses, and so forth.

To finance smart mobility, relations between local authorities and the private sector have to be activated. Three major levers can be used: contracts for public investments, incentives for private investments, and regulations in view of a public-private synergy.

## **79 Financing sustainable, digital mobility: What model where?**

Jean COLDEFY

In France, the anger of the “yellow vests” is but a new symptom of a deep feeling of injustice at a time when fixed costs amount to 61% of the household budget, and nearly 70% for households with a net income of €1300 per month. Most people have no other choice but to use their car to go to work. Not only did the cost of housing in big cities rise threefold over the past twenty years, but also job creations are concentrated in urban agglomerations, while jobs are being destroyed in medium-sized cities. All of this has, over the past forty years, stretched out the distance from home to work. The lack of alternatives to a trip in a single-passenger car for persons on the periphery of urban agglomerations is what causes the saturation of rush-hour traffic on highways. The feeling of not being fairly treated is intense: gasoline price hikes have hit hard low-income residents on the periphery or in rural areas — who, understandably, do not put up with lectures on the environment from people who live where they can use a car less often. A tax is not well accepted if its receipts are not allocated to a purpose, or if no explanation is given about how they will be used. To access zones of employment in urban agglomerations, simple, proven solutions exist that can be rolled out fast. However the question of how to pay for them has not yet been answered. Will the new tools for mobility promised by digital technology provide an answer? How to better connect urban agglomerations with their peripheral areas? As we see, the issues reach far beyond mobility. They have to do with social cohesion and geographical solidarity in a context of a shortage of public funds while the problems related to climate change are becoming more pressing day after day...

### **MISCELLANY**

## **88 The impact of the EU’s copyright directive on the digital economy**

Pierre BEYSSAC

The European parliament has adopted the copyright directive, which is now being transposed into French law. Article 17, which requires a filtering of uploaded contents, is controversial. It is supposed to restore a balance in the sharing of income between the giants of the Internet and copyright-holders. However implementing it will be costly and erect an entry barrier for small firms, thus penalizing the whole European ecosystem of digital technology.

## **93 Artificial intelligence: A review of the 2018 seminar of the Amicale du Corps des Mines**

Andréane BOURGES & Colin DUCROTOY

Artificial intelligence offers our economy powerful scientific tools for analyzing and processing a growing volume of data. There are many promising applications, whether for productivity gains or assisted decision-making. They provide us a glimpse at the start of a structural transformation in our society. However this fascinating trend raises questions and arouses apprehensions having to do with society (Should we worry about massive job destruction?), ethics (Who is responsible for an algorithm’s decisions?) and sovereignty

(What role for the public administration service and Europe?). A review of these issues and prospects, which were discussed during the 2018 seminar of the Amicale du Corps des Mines...

## **98 Navigating the fudge and breakthroughs of artificial intelligence in China**

Pierre-Étienne GIRARDOT & “Corps des mines” 2018 students

China managed to become a digital superpower able to compete with US companies, contrary to Europe. Protected and pushed by Chinese government, technology giants developed cutting-edge technologies thanks to China leading position in hardware (in the 90s, China became the manufacturing hub for electronics on the planet) and thanks to the impressive ability of Chinese people to adopt new digital products (as for digital payment). A pragmatic mindset about technology, for both population and government, enables faster adoption, by focusing on developing applications first, and dealing with issues only when they arise. Thus, Chinese big players have managed to reach a level of technology close or sometimes better than their American counterparts, especially regarding artificial intelligence (AI). AI actually became a political priority whose applications, from healthcare to smart cities, security or autonomous driving will progressively reshape Chinese citizens' way of life. From the way those companies can manage and have access to data, to the way they deal with trust issues for their algorithms (ethics, transparency, bias and interpretability), what can we learn from this impressive AI development in China?

*NB: This paper was written by “Corps des mines” 2018-2019 students, after a learning expedition in Shenzhen, Shanghai and Hangzhou. From visiting tech giants (Alibaba, Tencent, Huawei, PingAn) to getting insights from French companies working on those topics in China (Valeo, Airbus), from going to universities (Shanghai Jiaotong, Zhejiang University) to talking with “smaller” firms (Deep Blue, Sense Time, incubators) or venture capital companies (Cathay innovation), they studied the dynamism and vitality of the prosperous Chinese technology environment.*

## **110 Imagining factories, factories that imagine, the imagined factory**

Pierre MUSSO

Production activities in industry are accompanied by stories, images and stage effects, since industry involves a projection, often in the long run, and thus puts imagination as much as science and technology to work. This imagination is so bountiful that it has even produced imagined industries, and has tirelessly spun revolutionary narratives about the past and future. Industry was born in the West out of a crystallization of a technical, scientific fantasy that became for real and has started imagining industries. This fantasy is now producing stories about the future of industry, ranging from “Industry 4.0” to the “industrial Internet”, for the purpose of a hyperindustrial development.

## Ont contribué à ce numéro

**Mireille APEL-MULLER** dirige depuis sa création en 2000 l'Institut pour la ville en mouvement (IVM) dont le siège est à Paris avec des antennes à Shanghai, Buenos Aires et São Paulo. L'IVM est partie prenante de l'Institut VEDECOM – Institut français de la transition énergétique, organisme de recherche partenariale publique/ privée sur les véhicules décarbonés, communicants, autonomes et les mobilités durables –, dont Mireille Apel-Muller est membre du comité directeur et anime un programme sur les dimensions sociétales et urbaines des nouvelles mobilités. Ses recherches-actions, dans une dynamique d'innovation sociale, spatiale, scientifique, technologique visent à contribuer à l'émergence d'une culture de la mobilité, condition de base de l'urbanité contemporaine. Mireille Apel-Muller a notamment co-réalisé les expositions « *Architecture et mobilité* », « *La rue est à nous...tous !* », « *Passages, espaces de transition pour la ville du XXI<sup>e</sup> siècle* » ; elle a également co-dirigé les colloques internationaux « *Le Génie de la marche* », « *La Fabrique du mouvement* », « *Les Taxis du futur* », « *Les mobilités pour l'insertion* », « *Cleantech et mobilités* » ainsi qu'une quinzaine d'ouvrages. Elle a coordonné l'édition du livre *Piloter le véhicule autonome – au service de la ville* de Jean-Pierre Orfeuil et Yann Leriche (Descartes&Cie).

→ *Vers des hyperlieux mobiles ? Des activités mobiles augmentées par les potentialités du véhicule autonome et connecté*

**Edmond BARANES** est professeur d'économie à l'Université de Montpellier. Ses principaux thèmes de recherche sont l'économie industrielle, la politique de la concurrence et la réglementation en la matière. Ses travaux s'intéressent en particulier aux marchés de l'économie numérique, de l'énergie et de la santé.

→ *Introduction*

**Pierre BEYSSAC**, après une formation d'ingénieur, est informaticien de métier depuis 1991. Il s'est intéressé aux réseaux informatiques, et notamment à Internet, dès qu'il a pu s'y connecter. Il est notamment fondateur de la société de stockage cloud Eriomem, et plus anciennement cofondateur de la société Gandi.net (noms de domaine). Il a été candidat du Parti Pirate aux élections européennes de 2019.

→ *L'impact de la directive droit d'auteur sur l'économie numérique*

**Andréane BOURGES** est Ingénieur-élève en deuxième année de formation du Corps des mines, actuellement en mission chez Total Solar à Santiago du Chili.

→ *Intelligence artificielle : retour sur le séminaire 2018 de l'Amicale du Corps des mines*

**Jean COLDEFY** est Ingénieur de l'école centrale de Lille et expert indépendant et chargé de mission mobilité numérique à Transdev. Il a été adjoint jusqu'en août 2016 du service mobilité urbaine de la Métropole de Lyon, en charge notamment des programmes de mobilité intelligente à la Métropole de Lyon, après avoir été responsable d'activité sur les systèmes et infrastructures de transport et l'innovation dans une société de conseil. Il a développé et déployés les stratégies sur l'information voyageur, la billettique/pass urbain, le péage urbain, le covoiturage, l'autopartage, le véhicule électrique, le plan modes actifs, les projets Optimod'Lyon et OptiCities ainsi que la stratégie de régulation de trafic de l'agglomération. Il a animé le groupe d'experts sur les ITS urbains à la Commission européenne. Il est Directeur du programme Mobilité 3.0 d'ATEC ITS France et a piloté l'atelier MaaS des assises de la mobilité, et est intervenu dans les ateliers *Mobilité connectée, mobilité intermodale, mobilité soutenable et mobilité solidaire*. Il est l'auteur de

nombreuses publications dans *Transports, Infrastructures et Mobilité*, *RGRA*, *Fondapol*, *TEC*, *Les Échos*, *Le Monde*.

→ ***Mobilité durable, numérique et financement : quel modèle pour quels territoires ?***

**Laetitia DABLANC** est directrice de recherche à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR), où elle travaille sur l'urbanisme logistique, la logistique urbaine, les politiques de transport et d'environnement (laboratoire SPLOTT). Elle est également chercheuse associée au laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT). Diplômée de Sciences Po Paris, elle est docteure de l'école des Ponts et diplômée de Cornell University (Master of City and Regional Planning). Elle est affiliée, par le projet MetroFreight ([www.mettrans.org/metrofreight](http://www.mettrans.org/metrofreight)), au centre METTRANS de la University of Southern California où elle travaille sur les phénomènes d'étalement urbain des activités logistiques et les politiques des villes américaines qui leur sont associées. Elle a co-dirigé avec Antoine Frémont la publication de *La métropole logistique* (Armand Colin, 2015). Elle est également l'auteure, avec Michel Savy et Pierre Veltz, de l'ouvrage *Des marchandises dans la ville* (Terra Nova, 2017).

→ ***Enjeux numériques de la logistique urbaine***

**Colin DUCROTOY** est Ingénieur-élève en deuxième année de formation du Corps des mines, actuellement en mission au sein de la stratégie de Schneider Electric à Hong Kong.

→ ***Intelligence artificielle : retour sur le séminaire 2018 de l'Amicale du Corps des mines***

**Marie-Claude DUPUIS**, 57 ans, est directrice du département Stratégie, Innovation, Développement du Groupe RATP depuis le 1<sup>er</sup> mars 2017. Elle a rejoint le Groupe RATP en octobre 2014 pour être nommée directrice du département Matériel Roulant Bus en janvier 2015. Elle était en particulier responsable du plan « Bus 2025 » qui vise à convertir la flotte de 4 600 bus de la RATP en une flotte 100 % *écologique*. Marie-Claude Dupuis est ingénieure générale des mines, diplômée de l'école Polytechnique et de l'école des Mines de Paris. Auparavant, elle était Directrice Générale de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Elle s'est fortement impliquée depuis le début de sa carrière dans les questions d'environnement, de sûreté, de sécurité et de qualité. Son activité professionnelle a débuté à la Direction régionale de l'industrie et de la recherche en région Centre comme responsable du contrôle des installations nucléaires. Après 6 années passées au Ministère de l'Industrie à la Direction Générale des stratégies industrielles (DGSI), où elle était en charge de la sécurité et de la qualité des produits industriels, elle a rejoint la Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) au ministère de l'Environnement en 1998. Elle y a assuré les fonctions de chef du service de l'environnement industriel jusqu'en août 2005, date à laquelle elle a été nommée directrice générale de l'Andra. Marie-Claude Dupuis est officier de la Légion d'Honneur et officier de l'Ordre national du Mérite.

→ ***Le MaaS : une nouvelle approche de la mobilité***

**Pierre-Étienne GIRARDOT** est polytechnicien et ingénieur des Mines. Après un début de carrière dans le secteur de l'énergie (notamment à Pékin où il passe un an pour le compte de Total), il débute sa carrière administrative en région où il est conseiller économie du Préfet de Bourgogne-Franche-Comté et chef du service développement économique de la DIRECCTE. Il occupe actuellement les fonctions d'Adjoint au chef de Service au sein du Conseil général de l'économie (DRH du Corps des mines) et de Responsable de la formation du Corps des Mines. C'est à ce titre qu'il a organisé un voyage d'étude en Chine pour les élèves en dernière année de formation.

→ ***Navigating the fudge and breakthroughs of artificial intelligence in China***

**Henri ISAAC** est docteur en sciences de gestion, maître de conférences à PSL Research University / Université Paris-Dauphine, et chercheur au sein de Dauphine Recherches en Management (CNRS, UMR 7088). Il a été Directeur de la Recherche et Directeur Académique à Neoma Business School (2009-2012), et Vice-Président « Transformation numérique » de l'Université Paris-Dauphine (2014-2016). Il dirige le Master Management Télécoms et Médias. Auteur de *E-commerce. Vers le commerce connecté* (2017), co-auteur de *Marketing digital* (2017), *Travail à distance & e-management* (2013), il a également signé de nombreux articles dans des revues académiques comme *Journal of Business Strategy*, *European Journal of Information Systems*, *International Journal of Innovation and Technology Management*, *International Journal of Mobile Communications*, *Revue Française du Marketing*, *Système d'Information & Management*, *Revue Française de Gestion*. Il est Président du Think Tank « Renaissance Numérique » et membre du Conseil National du Numérique.

→ **Logistique et plateformes numériques : vers un Internet physique des marchandises**

**Anicia JAEGLER** est ingénieure, docteure de l'École des Mines de Saint-Étienne, et a obtenu son habilitation à diriger des recherches (HDR) au CRETLOG de l'Université Aix-Marseille. Depuis 2012, elle est professeure associée à Kedge Business School. Depuis 2016, elle dirige le laboratoire « *Supply chains durables* ». Elle enseigne le management de la *supply chain* durable en formation initiale (master, mastère spécialisé) mais aussi en formation continue. Ses recherches sont en lien direct avec des problématiques d'entreprises et portent actuellement sur le management de la *supply chain* durable, la logistique inverse, l'évaluation et la sélection de fournisseurs durables, la mesure de la performance durable ou la conception de *supply chains* durables. Elles font l'objet de publications dans des revues académiques telles *International Journal of Production Research*, *Production Planning and Control*, *Journal of Cleaner Production*, ou professionnelles, telles les *Techniques de l'Ingénieur*. Elle a co-écrit avec Thierry Roques le livre *Construire avec succès sa supply chain durable* aux éditions Ellipse.

→ **Le management d'une supply chain durable**

**François MIRABEL** est professeur des universités en économie à l'Université de Montpellier. Il effectue sa recherche au sein de *Montpellier Recherche en Économie* (MRE). Ses travaux portent sur l'économie de l'énergie et l'économie des transports. Il a publié de nombreux articles dans ces domaines ; il est l'auteur d'un ouvrage paru en 2012 aux Presses des Mines sur *La déréglementation des marchés de l'électricité et du gaz : les grands enjeux économiques*. Il est co-auteur (avec Mathias Reymond) d'un ouvrage sur la question : *Économie des transports urbains* (La Découverte, coll. Repères, 2013). Depuis 2015, il est président de l'Observatoire Énergie Environnement Transport en lien avec l'ADEME. En 2018, il a fait partie du comité d'experts sur la gratuité des transports d'Île-de-France.

→ **Le numérique au service de la mobilité urbaine durable**

**Antoine-Tristan MOCILNIKAR** est Ingénieur général des mines en charge d'une mission concernant l'intelligence économique au service de la promotion, de la défense et de la sécurité des intérêts économiques fondamentaux de la nation dans les secteurs du développement durable au Service du Haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES) et du Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales (MCTRCT). Il participe également à la dynamique du service afin de définir et d'exploiter la notion de sécurité globale des territoires. Il représente les Ministères au CSF (Comité stratégique de filières) « Industrie de sécurité » et pilote son groupe « Infrastructures critiques ». Il est en train de participer à la mise en place d'un projet européen de réseau de suivi sur les menaces hybrides. Ancien élève de l'École Polytechnique et titulaire d'un Doctorat en

Mathématiques appliquées à l'économie de l'environnement de l'Université Paris-IX – Dauphine, il est également Auditeur diplômé à la 24<sup>e</sup> session de l'Institut national des hautes études de la sécurité et de la justice (INHESJ). Après 25 ans de carrière dans des laboratoires de recherche (MIT, CEREMADE), l'administration (Présidence de la République, services du Premier ministre, ministère des Affaires étrangères, ministère des Finances), l'entreprise (Codirigeant d'une filiale Vivendi Universal net), ses spécialités sont le développement dans le domaine de la croissance verte ainsi que les partenariats et coopérations en Afrique et au Moyen-Orient.

→ ***Sûreté, sécurité et résilience des réseaux de transport à l'âge du numérique et des menaces hybrides***

**Henri MOISSINAC** est co-fondateur de Dott, [www.ridedott.com](http://www.ridedott.com), un service de vélos et trottinettes partagés en libre-service. Avant Dott, Henri a participé au lancement de OFO, le service de vélos chinois. Henri était l'un des premiers employés de Uber et Facebook. Il a lancé et dirigé Facebook mobile à ses débuts (de 1M à 300M d'utilisateurs actifs) et ensuite, les partenariats de Facebook mobile dans le monde. Il a aussi lancé et dirigé eBay mobile. Il a passé une grande partie de sa carrière dans la Silicon Valley. Sa première entreprise, iBazar, a été rachetée par eBay en 2001. Thèse Telecom Paris 1996, Corps des Telecom 1994, Normale Sup' 1990.

→ ***Micro-mobilité partagée : sont-ils devenus fous ?***

**Pierre MUSSO**, philosophe de formation, est professeur de sciences de l'information et de la communication à l'Université de Rennes 2 et associé à Télécom ParisTech où il a créé la chaire « Modélisations des imaginaires, innovation et création ». Il est Fellow associé et conseiller de l'Institut d'Études Avancées de Nantes. Il est l'auteur de nombreux ouvrages sur Saint-Simon et la philosophie des réseaux. Il a co-dirigé l'*Édition critique des Œuvres Complètes de Henri Saint-Simon* (4 vol., PUF, coll. Quadrige, 2013). Sur l'imaginaire industriel, il a publié : *L'imaginaire industriel* (Manucius, 2013) et a dirigé l'ouvrage *Imaginaire, industrie et innovation. Colloque de Cerisy* (Manucius, 2016). Il a publié récemment *La religion industrielle. Monastère. Manufacture, Usine. Une généalogie de l'entreprise* (Fayard, coll. Poids et mesures du monde, 2017).

→ ***Rêves d'usine, usines à rêves, usine rêvée***

**Jean-Pierre ORFEUIL** a été professeur d'aménagement et transport à l'École d'Urbanisme de Paris (Université Paris Est) et à l'École des Ponts et Chaussées. Il a consacré l'essentiel de sa vie de chercheur et d'enseignant à l'analyse de la mobilité, aux enjeux économiques, sociaux, environnementaux, urbains, financiers qui lui sont liés, et à l'évaluation des politiques publiques dans ces domaines. Il en a rendu compte dans une dizaine d'ouvrages. Il a publié en 2019 avec Yann Leriche *Piloter le véhicule autonome au service de la ville* (Descartes & cie). Il collabore à l'Institut pour la Ville en Mouvement depuis sa création.

→ ***Vers des hyperlieux mobiles ? Des activités mobiles augmentées par les potentialités du véhicule autonome et connecté***

**Chloé PERREAU** intervient dans le domaine du transport de personnes et de marchandises depuis 1998, avec un parcours allant de la recherche au secteur public, en passant par l'industrie. Chloé Perreau est chargée de missions « Innovation, mobilité et logistique » à la Direction de la Mobilité de Montpellier Méditerranée Métropole (31 communes, 410 000 habitants). Depuis 2013, elle a notamment en charge le suivi du volet mobilité et logistique du projet Cité intelligente. Précédemment, elle a été Assistante de recherche auprès du Président de la Fondation Nationale des Sciences-Politiques, puis chargée d'études de la Direction de la Stratégie chez PSA Peugeot Citroën où elle a participé activement aux travaux d'*Intelligent Transport System France* (ITS France). Elle intègre ensuite l'établissement public Ports de Paris, 1<sup>er</sup> port fluvial français, pour y piloter des projets dans le domaine du transport de marchandises et de la logistique. Cette

économiste de formation (doctorat à Sciences-Po Paris) est également diplômée de l'ESCP-Europe (Executive MBA).

→ *Le numérique au service de la mobilité urbaine : quels enjeux pour les métropoles ?*

**Mathias REYMOND** est maître de conférences en économie à l'Université de Montpellier. Il y enseigne notamment l'économie des transports, l'économie urbaine et spatiale, la microéconomie ou l'économie politique. Il effectue sa recherche au sein de *Montpellier Recherche en Economie* (MRE). Ses domaines de recherche portent sur l'économie des transports, de l'énergie et des médias. Il a publié plusieurs articles dans la *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, *Transportation Research part A* ou *Energy Policy*. Il est co-auteur (avec François Mirabel) d'un ouvrage sur la question : *Économie des transports urbains* (La Découverte, coll. Repères, 2013).

→ *Le numérique au service de la mobilité urbaine durable*

**Hélène ROUSSEL**, diplômée de Sciences Po Paris, est sociologue de formation. Elle a collaboré dans les champs de l'insertion professionnelle et du développement économique. Elle coordonne la démarche Cité intelligente de Montpellier Méditerranée Métropole.

→ *Le numérique au service de la mobilité urbaine : quels enjeux pour les métropoles ?*

**Carine STAROPOLI** est Professeure Associée à Paris School of Economics et Maître de Conférences en Économie à l'Université Paris 1. Elle est directrice adjointe de la Chaire Économie des Partenariats Public-Privé de l'IAE de Paris (Université Paris 1), en charge du secteur de l'énergie et des *smart cities*.

→ *Financer la mobilité intelligente par les leviers public-privé*

**Benoît THIRION**, ancien avocat, est associé du cabinet de conseil Altermind, en charge de la pratique « Infrastructures, Services publics, Énergie ». Il enseigne par ailleurs à Sciences Po et à l'Université Paris II Panthéon-Assas. Il a publié avec Carine Staropoli plusieurs travaux sur les relations public-privé dans les *smart cities*, pour la Fondation Terra Nova (septembre 2018) et la Chaire Économie des Partenariats Public-Privé (mai 2019).

→ *Financer la mobilité intelligente par les leviers public-privé*

**Catherine TRAUTMANN** est coordinatrice du corridor du réseau central Mer du Nord – Baltique, Présidente du Port Autonome de Strasbourg (PAS), et également membre du Conseil Municipal de la mairie de Strasbourg et Vice-présidente de l'Eurométropole de Strasbourg en charge du développement économique, de l'attractivité et du rayonnement européen et international de Strasbourg, du soutien à l'économie créative et numérique, l'audiovisuel et le cinéma, ainsi que de la transition énergétique et du Plan Climat. Première femme maire d'une ville de plus de 100 000 habitants, elle est maire de Strasbourg de 1989 à 1997 et de 2000 à 2001, fonction qu'elle quitte en 1997 pour entrer au gouvernement Jospin en tant que Ministre de la Culture et de la Communication jusqu'en 2000, ainsi que porte-parole du gouvernement jusqu'en 1998. Catherine Trautmann a été membre du Parlement Européen de 1989 à 1997, puis de 2004 à 2014. Elle a présidé la Délégation Socialiste Française au Parlement Européen de juillet 2009 à juin 2014. Durant sa carrière politique, elle a été députée à l'Assemblée nationale de 1986 à 1988, Secrétaire d'État auprès du Ministre des Affaires sociales et de l'Emploi, chargée des personnes âgées et du handicap en 1988. En mars 2015, elle succède à Jacques Toubon à la co-présidence du Haut Conseil Culturel Franco-Allemand (HCCFA) et est élue en décembre 2016 Présidente d'Eurimages. En septembre 2017, Catherine Trautmann devient Vice-présidente du CEEJA (Centre Européen d'Études Japonaises en Alsace) installé à Kientzheim. Catherine Trautmann est titulaire d'une maîtrise de théologie protestante de la Faculté de théologie de Strasbourg. Elle est Officier de la Légion d'honneur, Commandeur des Arts et des Lettres et Docteur *honoris causa* de l'Université



de Leicester. Elle a également reçu la Croix d'Officier du mérite de la République Fédérale d'Allemagne et vient d'être décorée dans l'Ordre du Soleil Levant, Étoile d'Or et d'Argent.

→ ***L'interconnexion et l'intermodalité : un point de vue européen***

**Floran VADILLO**, Docteur en science politique, est actuellement directeur conseil sécurité intérieure chez Sopra Steria. Chercheur associé au CMRP (Université de Bordeaux), il est également enseignant à Sciences Po et à Paris 1. Il a précédemment occupé les fonctions de conseiller sécurité du Président de la Commission des Lois de l'Assemblée nationale (2012-2016) et de conseiller auprès du Garde des Sceaux, ministre de la Justice (2016-2017). Dans ce cadre, il supervisait notamment le dossier relatif aux nouvelles techniques d'enquête numérique judiciaire.

→ ***Sécurité routière, gestion des données et libertés individuelles à l'heure des véhicules autonomes et connectés***

**Frédérique VILLE** est diplômée de l'École Polytechnique (X90) et de Telecom ParisTech (95). Elle a passé 17 ans au sein du groupe Orange où elle a occupé des responsabilités allant de la planification des réseaux aux partenariats de distribution et au développement de produits innovants, notamment avec *Business Everywhere*. Elle a également été Directrice Performance et Process pour Orange Business Services. Frédérique Ville a rejoint le groupe SNCF en 2012 dans sa filiale Voyages-sncf.com au poste de directrice de l'innovation. Elle y a notamment développé un service d'information porte à porte multimodal européen Mytripset, et mis le *machine learning* au service de la réservation de billets de train. En 2015, elle a pris la direction générale de la filiale iDVROOM, site de covoiturage de la SNCF. Elle a récemment rejoint le groupe La Poste comme directrice générale de Digiposte.

→ ***Covoiturage du quotidien : des enjeux technologiques et sociétaux***