

Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

Geoffrey Bouquot*, Jean-Pierre Ponsard**, Hervé Tanguy***

@ 23571

Mots-clés : véhicules autonomes, transports urbains, scénarios de déploiement, politique publique, prospective

Le transport collectif à la demande par des véhicules autonomes offre une promesse de solution urbaine de mobilité pour se substituer à un transport public trop rigide face à une demande devenue imprévisible. Une transition pour réaliser cette promesse pourrait s'appuyer sur une politique publique à deux volets : encourager le transport à la demande par navettes non automatisées pour révéler les nouvelles caractéristiques de la demande, favoriser le transport logistique du dernier kilomètre via les technologies de véhicules autonomes pour faciliter leur déploiement au transport de personnes. Le bilan économique serait favorable pour l'ensemble des parties prenantes.

Une demande de transport chamboulée par la Covid-19 et devenue moins prévisible

La restriction de mobilité imposée par les mesures de confinement successives depuis début 2020, sur une période parfois relativement longue (3 mois), la persistance du risque sanitaire dans les transports en commun ou sur les lieux de travail ont complètement redéfini les habitudes de déplacement. Le télétravail a été pratiqué à grande échelle en accélérant un virage numérique sans précédent des entreprises et de leurs salariés, qui s'inscrira dans la durée sous une forme ou une autre à l'issue de cette crise. D'autres formes de mobilité comme la marche ou le vélo se sont développées. Les transports publics ont été contraints dans un premier temps de réduire très fortement leur offre sans réduction réelle de leurs coûts

d'exploitation. Lors du premier déconfinement, après quelques hésitations sur les mesures de distanciation à pratiquer, les transporteurs ont, sous quelques semaines, fini par rétablir une offre nominale. Mais, depuis cette période, la fréquentation dans les transports en commun peine à atteindre les deux tiers du niveau d'avant la crise, contribuant encore à creuser des pertes de revenus considérables. Les restrictions de mobilité des nouvelles mesures décrétées depuis début novembre 2020 n'ont pas amélioré la situation. Toutefois, on constate une tendance récente vers un retour à la normale même si certains comportements ont changé ou peuvent être changés. Alors que 20 à 40 % des emplois peuvent être assurés en distanciel, ce qui rend le temps de travail flexible et évite les longs trajets en heures de pointe, les employeurs hésitent à généraliser le télétravail, lui reprochant une baisse de motivation et d'efficacité. Pour les employés également, le télétravail a des inconvénients, en particulier en termes de lien social, mais suite aux confinements de 2020 et 2021, la décision prise par de

* Valeo.

** CNRS.

*** YKems (cf. biographies p. 86-87).

nombreuses entreprises de réduire les espaces consacrés aux bureaux, et les économies afférentes, inscrit pour ainsi dire dans le marbre la fin des horaires fixes de présence 5 jours sur 5.

L'exploitation des données de l'application Moovit¹ pour 9 des plus grandes villes de France en 2020 met en exergue une utilisation moins fréquente des transports en commun post-confinement par environ 40 % de personnes. Cependant, le report modal (i.e. de passage d'un mode de transport à un autre) semble être très faible (3 %) malgré une qualité de service des transports en commun jugée insuffisante pour son manque de fiabilité, de confort et de respect de la distanciation sociale.

Les constats peuvent certes varier d'une ville à l'autre, mais on observe généralement à la fois une congestion accrue de la circulation et des transports en commun enregistrant une baisse significative de fréquentation, liée au développement du télétravail, ainsi qu'à la crainte de la contagion par proximité malgré les précautions imposées dans les métros, bus et tramways.

Par ailleurs, les confinements ont montré que 11 à 17 % des Parisiens avaient quitté la ville pour la province. Aujourd'hui, 1 Français sur 10 envisage de déménager et 23 % des Français qui souhaitent déménager le souhaitent à cause de l'expérience du confinement. Même si les spécialistes de l'immobilier sont assez unanimes sur le fait que ces souhaits ne se sont pas — encore — confrontés à la question du financement, une tendance à la déconcentration urbaine est en place... En matière de mobilité, l'enjeu est alors de faire en sorte que ces déconcentrations métropolitaines n'entraînent pas une hausse de l'usage de la voiture individuelle (du moins des véhicules thermiques), ce qui rend fondamentale la cohérence du système de transports en commun national avec la desserte des villes moyennes.

Il n'est pas interdit de penser que nous sommes face à un changement structurel de la demande de mobilité, changement qui va se maintenir avec la part accrue du télétravail, la

croissance du commerce en ligne et la désaffection relative des centres-villes denses pour une périphérie plus aérée et plus vivable, voire un regain d'intérêt pour les villes moyennes au détriment des mégapoles. Ce changement rendrait alors la demande beaucoup moins prévisible. Cet article prend cette imprévisibilité accrue comme un enjeu majeur dont il convient d'analyser les conséquences.

Des politiques publiques qui n'intègrent pas l'incertitude accrue de la demande

Jusqu'ici, congestion, d'une part, et pollutions atmosphériques et sonores, d'autre part, étaient conjointement les maux que les expérimentations de nouvelles formes de mobilité voulaient éliminer. Celles-ci visaient à limiter l'usage des voitures particulières en offrant des alternatives aux voitures «solos». Elles voulaient également apporter une réponse sélective aux transports en commun saturés.

Dans le cadre des plans de relance dans le secteur automobile, les pouvoirs publics ont à la fois confirmé l'application des nouvelles normes européennes d'émission des véhicules particuliers et mis en place des incitations nationales au remplacement des voitures particulières diesel et essence par des véhicules hybrides et électriques. Ce soutien par l'encouragement au renouvellement du parc automobile par des véhicules plus propres a été facilité par le fait que les constructeurs automobiles européens avaient investi massivement dans la reconception de leurs gammes de véhicules² pour réduire leur retard sur les concurrents asiatiques. Ce choix résolu en faveur de la conversion énergétique de l'automobile va remettre sur le devant de la scène la nécessaire résolution des problèmes de congestion sur la voie publique pour la transformation de la mobilité urbaine dans les dix prochaines années.

Jusqu'à présent, ce débat traditionnel qui opposait la place de la voiture aux nécessaires développements de l'offre de transport public et des mobilités actives n'est pas vraiment

Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

remis en cause. Les mêmes modes de pensée sont toujours à l'œuvre.

La planification des investissements dans les transports publics se fait en regardant dans le rétroviseur au lieu de se projeter dans l'avenir

La prévision de la demande devient de plus en plus difficile à appréhender. Cette incertitude porte autant sur ses variations à court terme (jours de la semaine et horaires) que sur son évolution globale à long terme. Dans ces conditions, est-il raisonnable dans les grandes agglomérations de poursuivre, sans discernement, des investissements nécessitant des infrastructures lourdes (extensions de lignes de métro, nouvelles lignes de tramway vers des zones où la densité urbaine pourrait bien chuter) ou bien encore de remplacer à l'identique les flottes de bus pour un passage à l'électrique ou l'hydrogène? En effet, les budgets d'infrastructure à l'échelle des villes sont non négligeables. À titre d'exemple, la construction de la nouvelle ligne de métro de Toulouse coûte 2,7 milliards d'euros. Le remplacement d'une flotte de bus d'une ville de taille moyenne, pour la convertir aux énergies renouvelables par exemple, coûte en moyenne 65 millions d'euros.

Pour l'agglomération parisienne, le coût du prolongement de la ligne 14, récemment mise en service jusqu'à Mairie de Saint-Ouen, s'élève à 1,35 milliard d'euros (en valeur 2012) ou 1,5 milliard d'euros en valeur courante, pour 5,8 km de ligne et 4 stations. Le coût du prolongement du tramway ligne T3 entre Porte d'Asnières et Porte Dauphine, s'élève à 165 millions d'euros pour les travaux d'infrastructure qui viennent de commencer, et à 28 millions d'euros pour l'achat de 8 rames de tramway supplémentaires, pour une section de 3,2 km. Le coût du prolongement de la ligne 1 à Fontenay-aux-Roses a été valorisé à 1,4 milliard d'euros (en 2016) pour 7 km de ligne et 4 stations, hors achats de matériel roulant. Le coût du Grand Paris Express, métro automatique en construction, est chiffré entre 30 et 40 milliards

d'euros, pour 200 km de ligne et 54 stations. Par ailleurs, le projet de RER V (V comme vélo) initié en 2019 et portant sur 500 km de pistes cyclables pour un coût de 500 millions d'euros a été accepté à la suite du premier confinement en mai 2020.

Notons aussi que le dimensionnement des flottes de bus, qui sont a priori prévues pour l'électrification, correspond bien souvent à des lignes et des fréquences déjà obsolètes, dont la fréquentation (trop ou trop peu de passagers) témoigne d'une inadéquation au service attendu.

L'ampleur des investissements serait pleinement justifiée si les prévisions de demande correspondantes étaient connues. Or, ces prévisions sont issues des tendances passées sans intégrer les nombreuses incertitudes que nous avons détaillées. Il est nécessaire de revoir en profondeur comment la demande peut se répartir à partir d'une offre multimodale reconfigurée, et de définir le bon critère pour orienter l'ensemble des transports urbains.

Le covoiturage, une fausse bonne idée

Un des freins majeurs à l'abandon du véhicule particulier, facteur de congestion des centres-villes, provient de la perception du coût marginal de son utilisation (carburant). Ce raisonnement est fait en marginal par le conducteur du fait des autres usages que lui procure son véhicule particulier, usages pour lesquels les alternatives sont rares ou coûteuses (trajets dans les périphéries peu denses, mal desservies en transport en commun, déplacements familiaux, école, activités sportives et de loisir, courses dans les grandes surfaces alimentaires ou de bricolage, sorties du week-end et vacances).

Une des alternatives souvent proposées est celle du covoiturage. Cependant, son avenir et son effet sur la mobilité individuelle sont doubles. D'une part, le covoiturage a longtemps été considéré comme le Saint Graal de la décongestion, au même titre que d'autres

avantages financiers et environnementaux. D'autre part, la demande croissante de cette nouvelle solution de mobilité a été encouragée par des investissements publics considérables, tels que l'allocation de mobilité durable introduite par le gouvernement français (soutien financier au covoiturage, autopartage avec des véhicules électriques et en libre-service, réservation temporaire de voies pour le covoiturage sur l'A1 et l'A6A en Île-de-France et extension des voies réservées aux véhicules publics et aux taxis pour inclure le covoiturage) ou d'autres investissements comme la signalisation électronique sur les voies d'accès aux centres-villes de demandes de covoiturage à partir des parkings accessibles, l'indemnisation subventionnée du conducteur, etc. Par ailleurs, la pénétration rapide d'internet et des smartphones ainsi que les progrès technologiques (service de navigation, données en temps réel sur le trafic et cartographie) ont permis de mieux faire connaître le covoiturage et d'en faciliter l'utilisation. En revanche, mis à part la longue distance, le covoiturage n'a pas répondu aux attentes dans les villes, faute de garanties pour l'utilisateur à l'aller et encore plus au retour, et n'a trouvé de créneau que dans les trajets domicile-travail des collègues de bureau vivant à proximité les uns des autres (avec une incitation payée par l'entreprise). En outre, les risques actuels pour la santé et le fait que le télétravail ait entraîné une diminution des trajets domicile-travail à heures fixes n'améliorent pas cette situation, pas plus que la popularité croissante de la micromobilité en plein air et en solo (scooters et vélos électriques).

Changer la donne : intégrer les véhicules autonomes et les recettes publiques potentielles dans la réflexion sur l'offre de transport

Certes, les annonces d'arrivée sur le marché du véhicule autonome ont jusqu'à présent été régulièrement différées. Trop optimistes, elles font partie du jeu concurrentiel pour la préemption des ressources financières. Toutefois, la poursuite d'investissements massifs dans la mobilité autonome, notamment aux États-Unis³

mais aussi en Chine⁴ et en Russie⁵, combinés avec le développement de plateformes toujours plus réactives pour interfacer offre et demande (le cœur digital du MaaS, la «*Mobility as a Service*»)⁶, porte à croire que ces nouvelles offres compétitives, modulables et réactives aux demandes des usagers finiront bien, compte tenu de leur coût relatif, par s'inscrire opérationnellement dans le paysage, et en premier lieu dans les métropoles (voir Encadré 1).

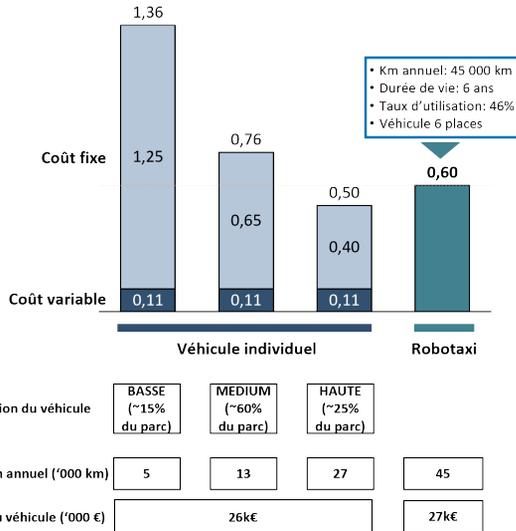
Intégrons dès aujourd'hui un futur, d'ici 7 à 10 ans, où seront disponibles sur le marché des navettes autonomes (disons 6 places pour des villes françaises) à motorisation électrique, offrant à chaque passager un espace individuel sécurisé face aux risques sanitaires et de délinquance, doté du confort d'une bulle acoustique et des commodités de connexion, dont les prévisions de temps de trajet d'un point à un autre seront fiables, et desservant de multiples points d'une vaste zone allant du centre-ville à la banlieue lointaine, à toute heure du jour et de la nuit. Si on ignore la demande future de déplacements, on aimerait cependant déjà savoir comment ces robotaxis se substitueraient aux modes de déplacements d'aujourd'hui. Une étude prospective réalisée par YKems avec Valeo et Keolis sur le grand Lyon en mobilisant une enquête ménages et déplacements avait montré en 2018 que pour des catégories socioprofessionnelles et des déplacements identiques, les robotaxis prendraient majoritairement la place des véhicules particuliers, tout en se substituant dans une moindre proportion aux transports en commun. Si la flotte se limite à Lyon-Villeurbanne, qui pourrait sembler la zone la plus attractive, elle capture selon cette étude 11,2 % des trajets, pendant que les transports en commun passent de 18 % à 15,8 % des déplacements, et les véhicules privés de 41,5 % à 35,5 %. Au final, dans ce scénario avec un mix de robotaxis «solos» (taux moyen d'occupation de 1,2) et «partagés» (taux passant à 3), le nombre de véhicules sur la route augmente de 5 %, de même que les Passagers Kilomètres Transportés (mobilité additionnelle débloquée). Pour obtenir un effet de décongestion significatif, il faut projeter un taux de partage moyen plus élevé pour les robotaxis

Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

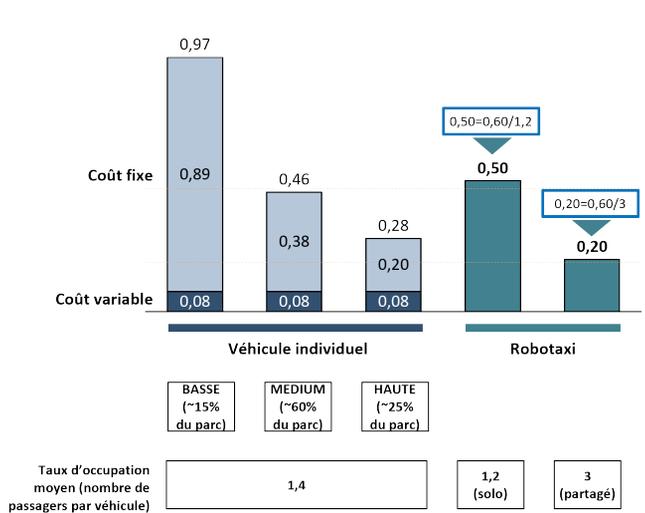
Encadré 1. Comparaison du coût en €/km entre le véhicule individuel et le robot taxi en fonction du nombre de passagers

Source : analyses Ykems

Coût annuel du robotaxi en 2030 comparé à la voiture particulière (la ville de Lyon, 2019), €/véhicule km



Coût annuel par passager du robotaxi comparé à la voiture particulière (la ville de Lyon, 2019), €/Passager km



et s'intéresser à des zones de déplacement incluant la périphérie lyonnaise. On peut alors espérer, toujours selon cette étude qui inclut la zone de Décines-Meyzieu et sa propre périphérie, capturer 25,2 % des déplacements et diminuer en conséquence le nombre de véhicules privés sur la route de 7 %⁷.

Il est probable que les expérimentations de robotaxis seront plus faciles à déclencher dans la périphérie que dans les centres-villes. Mais dans un objectif de décongestion des voies de circulation, principalement en centre-ville, c'est l'abandon des véhicules privés utilisés par les habitants de la périphérie lors de leurs déplacements en centre-ville qui doit être visé en priorité. Les robotaxis accessibles en périphérie et permettant de connecter les stations de tramway ou de métro, mais aussi de se rendre directement en centre-ville, pourraient rendre ce service avec un tarif subventionné. Des mesures complémentaires de dissuasion de l'accès au centre pour les véhicules privés (difficulté

ou coût élevé du stationnement par exemple) devraient accélérer la transition quand l'offre alternative des robotaxis sera généralisée à l'ensemble de la périphérie.

YKems a par exemple estimé le profit réalisé par notre opérateur en monopole dans un scénario 2030 où la flotte de robotaxis circule à la fois en centre-ville mais aussi dans une première zone de la périphérie de Lyon (autour de Décines-Meyzieu). Une subvention de 1 € par voyage, octroyée par la métropole, permettra à l'opérateur de baisser son tarif jusqu'à 2,5 € (dont seulement 1,5 € sera alors payé par l'utilisateur) par voyage initié dans cette zone moins dense, augmentant ainsi le taux d'occupation du robotaxi. Les profits annuels espérés de l'opérateur seraient de 342 M€ en centre-ville et de 62 M€ dans la zone périphérique retenue, zone où la subvention coûterait 36 M€ à la métropole.

Il y a donc de l'espace pour que la métropole, gestionnaire du bien commun qu'est la voirie, fasse payer une licence annuelle d'exploitation à l'opérateur qui serait sélectionné dans un processus de mise aux enchères pour le droit d'exploitation de flottes d'e-navettes autonomes. On aurait alors 10 500 robotaxis en circulation, dont 1 500 dans la zone périphérique, avec une cible future à 13 000 véhicules si l'ensemble de la périphérie était couverte. Dans ce scénario le plus ambitieux, de robotaxis partagés circulant à la fois dans le centre Lyon-Villeurbanne et toute la périphérie, tous problèmes d'adoption étant réglés, 71 % des trajets cannibalisés seraient les déplacements en voiture privée, dont la proportion passerait de 42 % à 25 %, les transports en commun perdant 4 %, de 18,7 à 14,7 %. La marche serait moins affectée (de 36,3 % à 33,8 %), de même que les autres nouvelles formes de mobilité (vélo, trottinette et scooter partagé majoritairement) qui ne représenteraient que 2 %. Au final, les robotaxis prendraient 25,2 % des déplacements.

Dans ce cas, la délivrance de licences d'exploitation pourrait rapporter jusqu'à 250 millions d'euros par an aux autorités organisatrices du transport en supposant une marge de l'ordre de 35 % pour l'opérateur (à comparer à une marge de 70 % dans une situation de monopole sans paiement de licence selon cette étude).

En première approximation, si on ne considère aucune externalité positive (évitement de dépense dans des modes « lourds » de transport en commun, gain d'efficacité, hausse de niveau de service, augmentation de la connaissance du marché pour les futures navettes autonomes et familiarisation des usagers à ce mode de transport partagé commandé par une application), une introduction de transport à la demande (TAD) subventionné entre 2 et 7 euros par course pour une flotte allant jusqu'à 4 000 véhicules pourrait alors être rentabilisée en 3 années de versement de licences de robotaxis si ces derniers étaient progressivement déployés à partir de 2031 pour atteindre cette flotte de 13 000 véhicules. En y intégrant l'économie

implicite de non-remplacement d'une partie de la flotte de bus diesel grâce notamment au déploiement des TAD et en attendant l'arrivée de robotaxis en région lyonnaise, le cash généré actualisé sur 20 ans dépasserait les 600 millions d'euros en considérant un taux de non-remplacement de bus de 20 % et un taux d'intérêt de 4,5 %. La valeur totale de cette opération à Lyon et sa banlieue se situerait aux alentours de 3 milliards d'euros, alors qu'un retard de démarrage des robotaxis coûterait environ 1 milliard d'euros par 5 ans de décalage (voir Encadré 2).

Cette valeur créée justifierait donc dès aujourd'hui de subventionner massivement les nouvelles mobilités qui favoriseront précisément cette transition, à condition de :

- Introduire rapidement des flottes de vans électriques subventionnés dans les zones périphériques en offrant des connexions aux stations de métros ou tramways en heure de pointe et des accès directs au centre-ville en heures creuses,
- Différer les investissements lourds dans des projets de tramways ou d'extension de lignes de métro en attendant de découvrir les nouvelles tendances sur les besoins de déplacement et la future adoption des robotaxis,
- Restructurer les lignes de bus à faible taux d'utilisation et ne rénover que la fraction de la flotte actuelle de bus diesel dont on ne saurait se passer à l'avenir,
- Tester progressivement l'impact sur la décongestion en centre-ville (abandon de véhicules particuliers solos compensés par des navettes TAD moins nombreuses),
- Combiner dès les premières expériences de robotaxis le transport de personnes et l'utilisation de ces véhicules pour des livraisons de paquets à des points relais en heure creuse, de façon à augmenter encore la compétitivité du véhicule (voir Encadré 3).

Les recettes attendues des futures licences d'exploitation des robotaxis permettraient également, si nécessaire, le rachat d'une partie des licences de taxi (premières victimes des robotaxis) et le financement des équipements

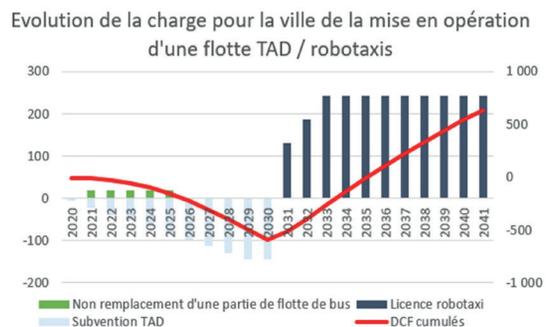
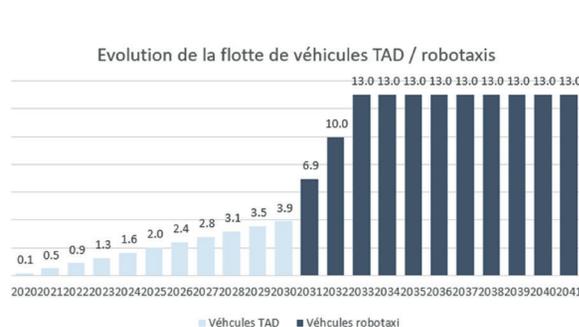
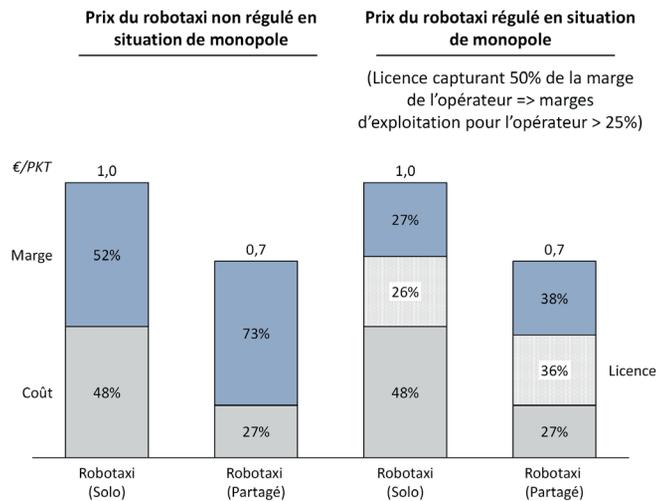
Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

connectés de voirie pour la sécurité des navettes autonomes.

Au-delà de l'économie de l'investissement prévu pour l'électrification d'une partie de la flotte de bus, ce sont les investissements lourds évités dans le déploiement de tramways ou extensions de lignes de métro qui renforceront la pertinence de cette option de réallocation des ressources publiques. Dans un autre registre, toute externalité positive est ici négligée en matière de décongestion potentielle des

centres-villes via l'autolimitation de l'usage du véhicule solo, ou bien encore de la mobilité accrue pour les usagers aujourd'hui sans solution acceptable. Les plages de validité économique de cet arbitrage, pour les paramètres encore aujourd'hui incertains, notamment celui de la date à laquelle ces flottes autonomes seront réellement disponibles, semblent telles que le jeu pourrait bien en valoir la chandelle.

Encadré 2. Projection des prix de robotaxis et de l'évolution de la flotte et du cash-flow généré en fonction de la date future d'opérationnalisation d'une flotte de robotaxis



Quelle politique publique pour préparer l'avènement de cette nouvelle donne ?

Cette analyse débouche sur deux défis à relever pour une nouvelle politique publique. D'une part, préparer les usagers au transport partagé à la demande et révéler du même coup la demande latente pour ce nouveau type de transport. Et d'autre part, préparer l'ensemble des parties prenantes à l'arrivée dans l'espace public de véhicules autonomes, en promouvant le déploiement de droïdes logistiques et en imaginant les meilleurs cas d'usages pour mobiliser les futurs robotaxis inutilisés en heures creuses pour les livraisons de paquets aux points de collectes. La politique publique pourrait alors prendre la forme suivante :

1. Subventionner dès aujourd'hui et plus massivement le transport à la demande (navettes avec chauffeur)

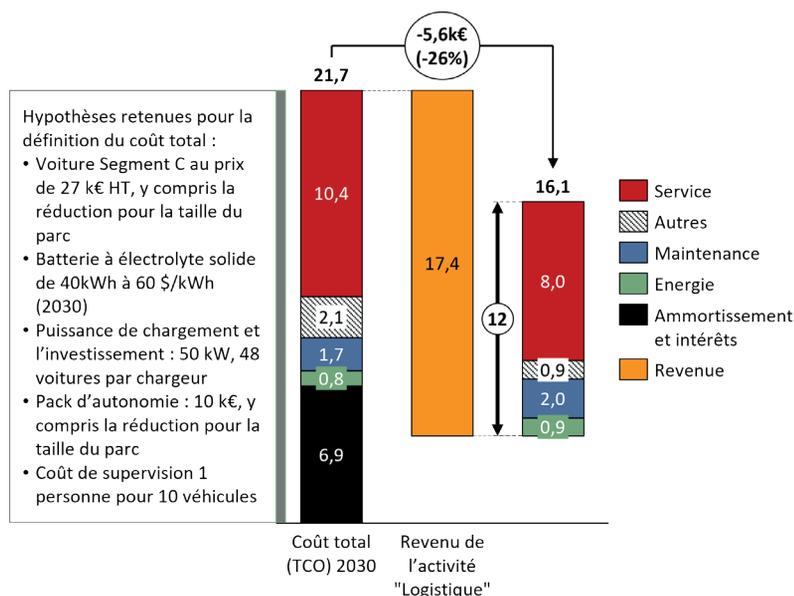
Selon la Community Transport Association, le transport à la demande (TAD) est défini comme «un moyen de transport de passagers orienté vers l'utilisateur, caractérisé par des itinéraires flexibles et des véhicules plus petits fonctionnant en mode partagé entre les lieux de prise en charge et de dépose en fonction des besoins des passagers» (définition britannique du TAD). Le TAD est donc un mode de transport alternatif aux voitures individuelles, aux taxis et aux transports en commun. Sa principale spécificité est qu'il est payant et qu'il ne fonctionne que sur réservation, de sorte qu'il modifie ses itinéraires en fonction d'une demande de transport particulière plutôt que

Encadré 3. L'utilisation des robotaxis pour les fins de livraison urbaine lors de leur temps d'inoccupation permet de réduire leur coût annuel de 5,6 k€, soit une baisse de 26 %

Sources : Ykems Analysis, Neopost, Valeo

L'effet de double utilisation des robotaxis sur leur coût total annuel

Coût total annuel (TCO), k€



Les coûts jouent un rôle déterminant dans le marché de la logistique en France :

- Les robotaxis sont supposés fournir le service au prix actuel du marché, soit ~1€/colis y compris les coûts supplémentaires de chargement et de déchargement
- Le revenu supplémentaire généré grâce à l'utilisation des robotaxis pour des fins de livraison automatisée des colis, lorsqu'ils ne sont pas occupés à transporter les passagers, est estimé à **17 K€** pour seulement 12 K€ de coûts additionnels

Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

d'utiliser un itinéraire ou un horaire fixe. Ce mode de transport est très flexible et peut être adapté à des situations inhabituelles et à une grande variété de personnes.

Un exemple réussi d'expérience de TAD est celui de la Berliner Verkehrsbetriebe (BVG). L'agence de transport de Berlin s'est associée à ViaVan, la coentreprise entre Via et Mercedes-Benz Vans, pour lancer le plus grand déploiement de transport en commun à la demande du monde. L'objectif de ce projet pilote de deux ans est de réduire les embouteillages à Berlin et d'améliorer l'accès à la ville en proposant une option de mobilité partagée durable qui complète le service existant de la BVG. En septembre 2018, ViaVan a lancé BerlKönig, une option de TAD abordable qui s'adresse principalement aux personnes qui se déplacent à des heures ou à des endroits où les options de parcours fixes existantes sont limitées. BerlKönig a été considéré comme un succès, avec plus de 750 000 trajets effectués au cours des dix premiers mois, plus de 80 % des trajets BerlKönig transportant deux passagers ou plus dans le véhicule en même temps, et jusqu'à 97 % aux heures de pointe. Le service effectué déjà 25 000 trajets par semaine, avec un taux de satisfaction de la clientèle de 97 %. En juin 2019, le service a remporté le prestigieux prix de l'Union Internationale des Transports Publics (UITP) pour sa stratégie de transport public et urbain.

La mise en place progressive des navettes avec chauffeur offre plusieurs avantages : elle habitue l'usager au recours au transport à la demande, elle révèle l'amplitude et les circuits de cette demande, et permet la suppression des lignes de bus faiblement utilisées. Mais elle a aussi l'avantage de réduire considérablement les risques inhérents à l'introduction des véhicules autonomes : il n'y aura plus qu'à « automatiser » les véhicules, une fois le potentiel de demande révélé et l'accoutumance faite dans la population cliente.

Dès lors, l'entrée dans ce nouveau marché du transport en commun devrait se faire de façon large, en subventionnant d'entrée de

jeu le prix du trajet et en offrant une zone de desserte incluant l'accès au centre-ville et aux principaux pôles multimodaux (ou hubs de transport terrestre), plutôt que se limiter à des zones périphériques peu denses. L'optimisation des ressources inutilisées par ces flottes de TAD en période de montée en charge ne fera que renforcer l'intérêt de cette option de TAD subventionné (utilisation en heures creuses des véhicules et chauffeurs pour d'autres tâches moins prioritaires, par exemple livraisons, services à domicile, etc.).

La révélation de la demande de déplacements que permettra le TAD en dehors des lignes et horaires desservis par les transports en commun sera aussi et surtout une aide précieuse pour orienter les investissements futurs.

2. Expérimenter en parallèle l'autonomie par la livraison de marchandises : un autre levier à exploiter

L'apprentissage de la sécurité de la circulation de flottes autonomes peut débuter dès aujourd'hui pour des flottes de transport de biens et non de personnes, sur des itinéraires ou des zones géographiques présentant à cet égard des caractéristiques favorables.

La Chine par exemple n'est pas en reste dans le développement des véhicules autonomes de livraison, car la très forte croissance de demande de livraisons à domicile se combine avec une diminution du nombre d'employés de 0,1 % chaque année. Le cas de Neolix est exemplaire (voir Encadré 4).

De fait, un sujet récurrent pour les métropoles est celui du partage de la chaussée entre les livraisons et les déplacements, ce qui pourrait justifier un intérêt particulier pour la mise en place de véhicules autonomes de livraison. Notons cependant que les livraisons sont souvent organisées en dehors des heures de pointe de déplacements humains. Cependant, les opérations de livraisons/enlèvements peuvent occuper jusqu'à 30 % de la voirie au centre-ville, et entre 10 et 15 % à l'échelle de l'agglomération. Un tiers de ces

Encadré 4. La récente fièvre de la logistique autonome

Fondé en 2018, Néolix se concentre sur les véhicules commerciaux sans conducteur à partir du niveau d'autonomie 4* et propose actuellement trois scénarios d'utilisation : la distribution (principalement les repas collectifs), la vente au détail (vente de biens tels que la restauration rapide et le café) et la sécurité (collaboration avec les gouvernements locaux). 225 véhicules robotaxis Néolix ont été produits et vendus au cours des deux dernières années.

Depuis l'apparition du virus, la demande de véhicules sans pilote a augmenté en flèche. Pendant l'épidémie de Covid-19, Neolix disposait de 18 véhicules autonomes pour la distribution de matériel à Leishinshan et dans d'autres hôpitaux et communautés de Wuhan. S'y ajoutent 50 véhicules pour participer à la surveillance de la température, à la pulvérisation, la désinfection et la distribution de matériel dans d'autres villes.

Depuis le début de la crise de Covid-19, la nécessaire limitation des risques de contagion du personnel opérant dans la manutention, le transport et le stockage a déjà dopé l'expérimentation puis l'utilisation opérationnelle de robots dans la logistique interne des sites industriels fermés. Les investissements financiers récents dans ce domaine, tels le rachat de Zoox par Amazon en juin 2020 (1,2 milliard de dollars US) ou les importantes levées de fonds de Nuro, témoignent de l'intérêt des grands opérateurs de logistique pour ces futures livraisons autonomes, qui plaident également pour des expérimentations de l'autonomie plus rapides et à plus large échelle dans le cas du transport de biens que dans celui du transport de personnes.⁸

*. 5 niveaux d'autonomie des véhicules sont communément définis :

Niveau 1. Le conducteur bénéficie d'une assistance à la conduite.

Niveau 2. Autonomie partielle de la voiture avec certaines tâches automatisées.

Niveau 3. Certaines phases de conduite sont totalement autonomes.

Niveau 4. Une conduite automatisée dans certaines conditions (autoroute...).

Niveau 5. Un véhicule entièrement automatique.

véhicules seulement est en circulation, tandis que les deux tiers restants sont en stationnement. Il est important de souligner que 80 % des arrêts de livraison, justement parce qu'ils sont brefs (60 % des livraisons durent moins de 5 minutes), s'effectuent sur des emplacements illicites, pouvant encombrer la voie.

Dans une logique de convergence, l'autonomie doit être testée en poussant au maximum les droïdes de livraison et véhicules de marchandise autonomes. Les enjeux et risques sont moins importants dans ce cadre que pour le déplacement humain et cela peut permettre de poursuivre le développement des véhicules autonomes en environnement réel.

Les livraisons par droïdes peuvent s'avérer plus compétitives que les livraisons traditionnelles et prétendre à terme à une part de marché significative. Dans ces conditions, elles pourraient de fait contribuer à la congestion si aucune régulation sur les plages horaires n'est mise en place. Des analyses fines doivent donc être réalisées. La livraison du dernier kilomètre par droïdes à vitesse lente peut par exemple se faire en ayant accès aux trottoirs lorsqu'ils sont peu fréquentés. On aurait alors un gain important en matière de congestion sur les voies de circulation.



Figure 1. Livraison de colis par robotaxi

Source : <https://www.theverge.com/2018/6/28/17509856/kroger-nuro-self-driving-car-delivery-partnership>

La mobilité urbaine : vers un nouvel enjeu politique

À l'heure où la pandémie de Covid-19 a changé dans les grandes villes les habitudes de déplacement, favorisant un retour aux options de voyage individuel, et l'autopartage urbain n'ayant pas répondu aux attentes, deux politiques publiques se dessinent :

- Il s'agit tout d'abord de la promotion de services de transport à la demande subventionnés, qui répondent davantage aux besoins des utilisateurs que les bus à certains horaires et pour les trajets au départ ou à destination de la périphérie. Cette politique ira de pair avec un « plan robotaxis » visant à accélérer les expérimentations. Le financement de cette subvention se justifiera par les économies faites dans les modes de transport en commun traditionnels (transports lourds très capitalistiques et peu flexibles face aux futures nouvelles tendances de mobilité, redimensionnement des flottes de bus à l'occasion du passage à l'électrique), mais aussi face à la perspective de recettes dans les futures cessions de licences aux

opérateurs de flottes de robotaxis qui bénéficieront du « défrichage » fait par le TAD.

- Le lancement plus systématique d'expérimentations de flottes de véhicules autonomes devrait compléter cette tendance, pour raccourcir le délai de mise au point et d'acceptation réglementaire en commençant *a minima* par le transport autonome de biens présentant moins de risques associés tout en étant un facteur important de congestion.

Le coût d'exploitation réduit des véhicules autonomes est à l'origine des ressources considérables que les villes pourraient tirer de la mise aux enchères de droits de circulation pour les opérateurs de ces flottes. Cette perspective devrait stimuler les investissements dans ces expérimentations comme dans les infrastructures urbaines qui faciliteront la gestion et la performance de ces services autonomes.

Enfin, la crise a montré que le pouvoir politique avait les moyens d'intervenir massivement, de faire bouger les lignes, et dégager des ressources quand l'urgence l'exigeait. L'enjeu

de la relance de l'économie s'est affirmé au fil de la pandémie : venir au secours des secteurs qui souffrent particulièrement certes, mais surtout accélérer la transition en subventionnant ceux qui sont porteurs d'avenir, notamment vis-à-vis du défi du développement durable et du risque climatique. Dans ce contexte, les enjeux de la mobilité urbaine sont apparus en tête de l'agenda politique des collectivités locales lors des élections régionales. Le prochain challenge de la mobilité autonome sera de prouver son impact climatique positif en dépit des flux de données qu'elle ne manquera pas de générer.

NOTES

1. Rapport mondial sur les transports en commun 2020 du 26/01/2021 publié par Moovit, l'application de mobilité urbaine n° 1 au monde, leader des solutions MaaS ("*Mobility as a Service*").
2. Voir la publicité télévisée pour les automobiles exclusivement consacrée aux véhicules hybrides et électriques.
3. Voir <https://theconversation.com/robot-take-the-wheel-waymo-has-launched-a-self-driving-taxi-service-147908>.
4. Guangzhou (Chine) a déjà réussi à développer un service de robotaxi avec WeRide grâce à un partenariat capitalistique préexistant entre la métropole et une compagnie de taxi locale : <https://www.caixinglobal.com/2020-07-10/weride-to-test-fully-autonomous-vehicles-in-guangzhou-101578309.html>.
5. Pour la Russie, le projet a été lancé en 2017 et les premiers tests ont commencé dès décembre 2017. Yandex Self Driving Group, créé pour gérer le projet, bénéficie le 4 septembre 2020 d'un investissement de 150 millions de dollars US de la part de la société mère Yandex (50 et 100 millions de dollars US respectivement en obligations convertibles et en *equity*). Yandex compte 130 voitures autonomes (3 septembre 2020) et d'ici à la fin de l'année annonce atteindre les 200 voitures en partenariat avec Hyundai Mobis. Ses voitures autonomes ont parcouru plus de 6 millions de km en Russie, aux États-Unis et en Israël. Yandex Self Driving Group est détenu à 73 % par Yandex, à 19 % par Uber et à 8 % par les employés de Yandex SDG.
6. Voir en mars 2020 la levée de fonds réussie de l'opérateur Via : <https://en.globes.co.il/en/article-smart-ridesharing-co-via-raises-400m-1001323953>.
7. Dans cette étude, les tarifs des robotaxis sont déterminés par une compagnie en situation de monopole qui observe

les tarifs des modes de transport existants et les coûts des véhicules privés.

8. À titre d'exemple, Nuro est l'entreprise la plus rapide au monde à commercialiser l'exploitation de robotaxis. Le ministère américain des Transports (DOT) et l'administration nationale de la sécurité routière (NHTSA) ont approuvé les voitures à conduite autonome de Nuro pour le premier, et actuellement unique, permis fédéral début 2020. Nuro est également la première entreprise à tester une voiture entièrement sans conducteur sur les routes ouvertes de Californie. La plupart des membres clés de Nuro sont issus de l'équipe de Google spécialisée dans les voitures sans conducteur. Sur le plan du capital, Nuro a été la société de voitures autonomes la plus recherchée depuis sa création, avec un financement cumulé de plus de 1,5 milliard de dollars US. Dans les zones peu peuplées des États-Unis, le modèle de Nuro a permis de résoudre le problème des coûts de main-d'œuvre élevés, en concluant rapidement des partenariats avec de grandes marques de vente au détail, dont CVS, Walmart, Delta Pizza, Kroger et d'autres, pour assurer la livraison de produits pharmaceutiques et d'autres articles essentiels aux communautés concernées. En Arizona, et en partenariat avec les supermarchés Kroger, Nuro a lancé des essais commerciaux fin 2018. Les résidents passent leurs commandes en ligne et les livraisons sont effectuées en auto-commande, avec des livraisons le jour même ou le lendemain, sept jours sur sept.

Nous remercions Philippe Zarlowski (professeur à l'ESCP Europe) et ses étudiants pour leur actualisation des enquêtes et approfondissements de certains cas, ainsi qu'Irina Pascutto qui a largement contribué à l'étude d'YKems citée en référence. Nous remercions aussi les relecteurs de *La Revue de l'Énergie* pour leurs remarques et suggestions sur une première version. Cet article a bénéficié du soutien financier partiel de la chaire Énergie et Prospérité sous l'égide de la Fondation du Risque.

Quel futur post-Covid pour la mobilité dans les métropoles ?

À lire également dans *La Revue de l'Énergie*

- Le véhicule électrique : un atout pour un mix « optimal » bas carbone?, *Quentin Maitre (n° 648, janvier-février 2020)*
- La sobriété énergétique, une notion disruptive de plus en plus étudiée, *Edouard Toulouse (n° 649, mars-avril 2020)*
- Conséquences et perspectives de la Covid-19 : reprise, diversité et résilience, *Conseil Mondial de l'Énergie (n° 655, mars-avril 2021)*
- Voitures électriques : un avenir « borné », *Laurent Benzoni (n° 658, septembre-octobre 2021)*

À retrouver sur www.larevuedelenergie.com.