



HAL
open science

Maglev (603 km/h), Hyperloop (1102 km/h). Vers un "retour sur terre" de la très grande vitesse ?

Yves Crozet

► **To cite this version:**

Yves Crozet. Maglev (603 km/h), Hyperloop (1102 km/h). Vers un "retour sur terre" de la très grande vitesse ?. *Transports : économie, politique, société*, 2015, 491, pp.5-15. halshs-01327296

HAL Id: halshs-01327296

<https://shs.hal.science/halshs-01327296>

Submitted on 6 Jun 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Maglev (603 km/h), Hyperloop (1 102 km/h)...

Vers un « retour sur terre » de la très grande vitesse ?

*par Yves Crozet, professeur à l'Université Lyon 2 et à Sciences Po Lyon,
membre du LET*

La vitesse physique de 603 km/h, atteinte par le Maglev le 21 avril 2015 au Japon – ou celle de 1 102 km/h qu'affiche le projet Hyperloop aux Etats-Unis –, deviendra peut-être une réalité pour le transport public et ses usagers. Malgré son coût en technologie, en construction et en exploitation, certains en font le pari. Mais ils semblent écarter un peu vite la question pourtant essentielle des conditions permettant la fréquentation des transports, et favorisant la mobilité sur un territoire donné. Plusieurs critères, tels la valeur du temps selon l'individu, la vitesse généralisée sociale qui intègre le salaire horaire du voyageur, ou le coût généralisé à partir duquel l'on peut dresser une comparaison entre modes de transport, entrent en ligne de compte. Ils aident à mieux évaluer la pertinence du coût social engendré par la mise en service d'une ligne à grande vitesse, et de fait à mieux appréhender le coût financier pour la collectivité. En effet, la très grande vitesse est loin d'être l'unique variable de décision des consommateurs et des pouvoirs publics. Outre les critères évoqués, de nouveaux usages du transport comme le covoiturage, sans parler de l'arrivée prochaine de l'autocar, contribuent à changer la donne.

Des TGV atteindront-ils un jour une vitesse commerciale de 500 ou de 600 km/h ? Lors d'une réunion de prospective organisée par la DATAR⁽¹⁾ à la fin des années 1990, la question avait été posée à Philippe Essig. Sa réponse avait été éclairante : cette vitesse existe déjà pour des TGV un peu spéciaux, ils ont deux ailes et s'appellent des avions ! Pour ce spécialiste du ferroviaire, ancien directeur général de la RATP puis président de la SNCF, l'affaire était entendue. Pour atteindre de très grandes vitesses de déplacement, il était préférable de prendre de l'altitude, ce qui réduit à la fois les frottements avec le sol et la résistance à l'air – ce n'est pas pour rien que les avions volent à 10 000 m d'altitude.

Cette vision des choses est-elle obsolète ? On peut se le demander alors que le Maglev japonais (*voir encadré p. 7*) vient d'atteindre les 603 km/h. Son promoteur, la Central Japan Railway (CJR) annonce qu'en 2027 ce « train » à sustentation magnétique nommé *Linear chuo Shinkansen* fera le trajet Tokyo-Nagoya à une vitesse commerciale de 500 km/h⁽²⁾. De l'autre côté de l'océan Pacifique, en Californie, le projet Hyperloop, version très améliorée du Swissmetro, serait capable d'atteindre dans quelques décennies les 1 100 km/h !

500 km/h en Maglev, cela vaut-il le « coût » ?

Ces perspectives changent-elles la

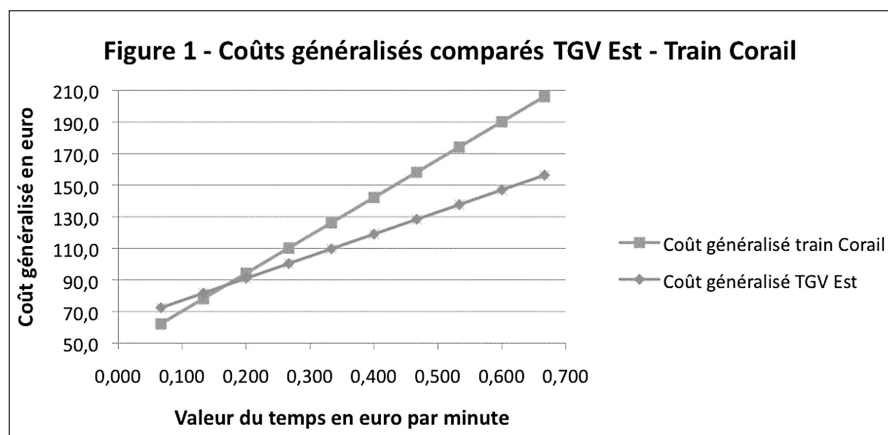
donne pour le transport terrestre face à la concurrence du transport aérien ? Ces nouvelles technologies s'épanouiront-elles au cours du XXI^e siècle ? Ne sont-elles pas d'emblée condamnées – notamment face au low cost aérien – par leur caractéristique majeure qui est à la fois leur point faible : un coût très élevé ? De fait, le choix de la CJR semble audacieux, voire présomptueux, à contre-courant des décisions prises dans d'autres pays. Rappelons que ceux qui ont renoncé au Maglev l'ont d'abord fait en tenant compte du bruit (essentiellement lié à la pénétration dans l'air), mais aussi et surtout de quelques facteurs-clés comme les coûts de construction, ceux d'exploitation liés à la consom-

Vitesse

mation élevée d'énergie ainsi que la difficulté de gérer les incidents d'exploitation. Laissons aux ingénieurs le soin de se prononcer sur les questions techniques posées par la très grande vitesse terrestre et concentrons-nous sur les questions économiques en recherchant les conditions du succès économique du Maglev. Les gains de temps substantiels suffisent-ils à justifier les 45 milliards d'euros d'investissement pour mettre en place les 288 km de la ligne nouvelle (70 milliards d'euros si la ligne est prolongée de Nagoya à Osaka)? Pour répondre à cette question, nous mettrons en balance les gains de temps et les coûts de l'accroissement de vitesse. Nous utiliserons, à cet effet, la notion de vitesse généralisée sociale, après en avoir rappelé l'origine et la définition. Les lecteurs familiers de cette notion peuvent directement lire la deuxième partie (page 8) qui répond à une question

Le Maglev japonais devrait mettre Tokyo à 40 minutes de Nagoya au lieu d'1h35. Mais cette argumentation à elle seule peut-elle justifier un projet ?

simple : 500 km/h en Maglev, cela vaut-il le « coût »? Notre réponse étant plutôt négative, nous procéderons dans une troisième partie à un autre « retour sur terre ». Dans les prochaines années, la plus grande modification des transports terrestres en France concernera le retour en grâce de l'autocar et d'une forme modernisée d'auto-stop rebaptisée covoiturage. Là encore, la notion de vitesse généralisée sociale nous permet de comprendre pourquoi, dans un monde où la croissance économique ralentit structurellement, la



demande de vitesse n'est pas celle que l'on croit.

Du coût à la vitesse généralisée : le rôle-clé de la valeur du temps

Les économistes ont depuis longtemps intégré le temps dans leurs raisonnements. Les économistes des transports, à la suite de Claude Abraham (1961) et de M. E. Beesley (1965) ont, à l'instar de leurs collègues généralistes comme Gary Becker (1965), considéré le temps de transport comme une grandeur que l'on pouvait convertir en monnaie sur la base d'un taux de change appelé valeur du temps. Nous allons dans un premier temps rappeler que cette notion aide à comprendre l'intérêt d'un gain de vitesse. Puis, à l'aide une notion proche, celle de vitesse généralisée (lire page 9), nous expliquerons pourquoi la hausse des revenus accroît tendanciellement la demande pour les modes de transport rapides.

Vitesse et coût généralisé : l'exemple du TGV Est

Lorsque la SNCF a mis en exploitation le TGV Paris-Lyon, tous les usagers de cette origine-destination ont été gagnants. En septembre 1981, en effet, le prix de base du billet de seconde classe restait le même en empruntant le TGV que sur le train

classique utilisant la ligne PLM⁽³⁾. Le coût généralisé baissait donc pour tout le monde, puisque le temps de parcours diminuait.

Il n'en a pas été de même lors de l'ouverture du TGV Est, en juin 2007. La faible rentabilité annoncée de cette destination a incité la SNCF à récupérer une partie du surplus que les voyageurs tiraient du gain de temps. Entre Paris et Strasbourg, le temps de parcours a diminué d'1h40 (de 4h à 2h20), mais le prix du billet de seconde classe est passé de 46,20 € à 63 €. Comme le montre la figure 1, les usagers avec une faible valeur du temps (partie gauche du graphique) voyaient donc leur coût généralisé augmenter en passant du train Corail au TGV. Plus précisément, ceux qui avaient une valeur du temps inférieure ou égale à 0,17 euro par minute, soit 10,2 euros de l'heure, avaient un coût généralisé plus élevé avec le TGV. La hausse des prix était plus que compensée par les gains de temps seulement pour ceux dont la valeur du temps dépassait ce seuil. Cette situation a conduit, entre autres, à un rapport du conseil économique et social de la région Lorraine dénonçant la suppression des trains Corail⁽⁴⁾ et la hausse des prix avec le TGV.

Cette protestation n'a pas empêché la fréquentation de la ligne d'atteindre un niveau supérieur aux attentes,

Swissmetro, Magnetbahn, Maglev, Hyperloop...

Les ambitions contrariées de la très grande vitesse pour les modes terrestres

Depuis quelques années, la Central Japan Railway s'est lancée dans un pari audacieux : développer un nouveau mode de transport terrestre ultrarapide capable de réduire sensiblement les temps de parcours entre les grandes agglomérations de l'archipel. Ce mode de transport est un « train » à sustentation magnétique. Une large communauté internationale d'ingénieurs promeut cette technologie depuis plusieurs dizaines d'années. Avec des résultats techniques réels mais des succès commerciaux mitigés, puisque l'Allemagne, en pointe dans ce secteur avec le Magnetbahn, a abandonné la filière à la fin des années 1990. Même choix pour les ingénieurs suisses de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne qui, avec le Swissmetro, proposaient, dès les années 1980, d'utiliser la sustentation magnétique dans un tunnel sous vide d'air partiel afin de limiter la consommation d'énergie. Quant aux Chinois, tout en testant le Maglev pour la desserte de l'aéroport de Pudong depuis la périphérie de Shanghai, ils ont préféré développer un réseau de grande vitesse ferroviaire « classique » (plus de 5 000 km en dix ans!).

L'Hyperloop, qui nous vient de Californie, s'inscrit dans la longue liste des projets plus ou moins fantaisistes que nourrit, depuis quelques années, la croyance californienne en la toute-puissance de la technologie. C'est en juillet 2012 qu'Elon Musk a proposé Hyperloop comme un concurrent de l'avion et du TGV classique pour la relation San Francisco-Los Angeles. Elon Musk est connu pour avoir fait fortune avec Paypal et avoir lancé ensuite la voiture électrique haut de gamme Tesla et les lanceurs de satellite SpaceX, concurrents directs de la NASA ou d'Arianespace. Hyperloop reprend la technolo-

gie du Swissmetro. Train à sustentation magnétique, il ne circule pas dans un tunnel enterré mais dans un tube juché sur des piliers de béton, un peu comme le TGV coréen. Dans ce tube sous vide, l'Hyperloop serait projeté vers l'avant comme un avion par un propulseur arrière, créant une forte pression, alors qu'à l'avant du véhicule, on instaurerait au contraire une faible pression afin d'atteindre une vitesse simplement prodigieuse : 1 102 km/h de vitesse commerciale, soit 30 minutes pour parcourir les 551 km qui séparent les deux grandes villes californiennes.

Cerise sur le gâteau, le coût de réalisation de l'infrastructure ne dépasserait pas 6 milliards de dollars, soit près de 10 fois moins que le projet actuel de TGV (California High-Speed Rail). 10 millions de dollars le km contre plus de 25 millions d'euros pour la ligne SEA Tours-Bordeaux actuellement en construction... Si de tels chiffres étaient confirmés, la donne serait profondément modifiée. Mais des doutes subsistent sur le sérieux de tels chiffres. Dans le même ordre d'idées, n'oublions pas quelques lois de la physique. Si l'Hyperloop consomme peu d'énergie pour se mouvoir dans un tunnel sous vide d'air, il faudra par contre en dépenser beaucoup pour réduire la pression dans des tubes dont l'étanchéité devra être parfaite. Et quelle sera la capacité de chaque « capsule » projetée à 1 100 km/h ? Le gain de vitesse ne va-t-il pas se payer par une faible capacité, rendant exorbitant le prix au voyageur-km ? Beaucoup de questions donc pour un projet dont on se demande s'il ne vise pas d'abord à torpiller le projet de TGV californien, jugé par Elon Musk d'un coût catastrophique.

pour la simple raison (rappelée récemment par la Cour des comptes) que la clientèle des TGV est plutôt aisée, ce qui justifie a posteriori la stratégie tarifaire de la SNCF. Elle a permis en effet de réduire les subventions publiques déjà très importantes sur cette ligne, à la différence des LGV⁽⁵⁾ mises en exploitation précédemment. Le succès s'explique aussi par un coût généralisé ressenti par les individus inférieur au coût généralisé intégrant les coûts publics.

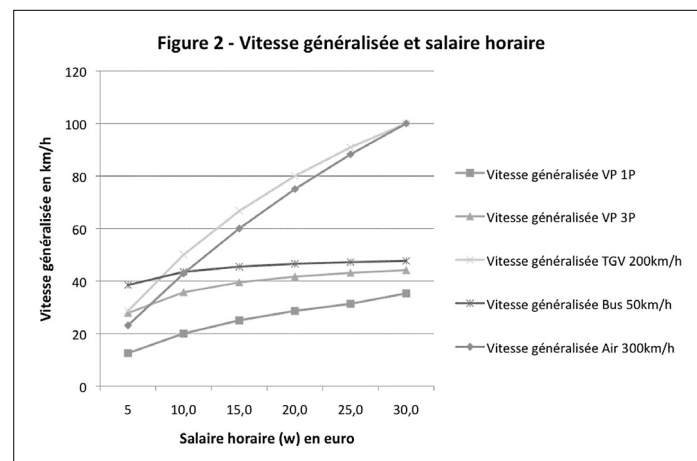
Ce mécanisme va se renouveler avec l'achèvement de la LGV Est entre la Lorraine et Strasbourg puisque les 2 milliards de coût de l'opération sont à 75 % couverts par des subventions publiques. Comme l'a rappelé la Cour des comptes (2014), on est en droit de questionner la légitimité des dépenses qui subventionnent les

gains de vitesse de clients par ailleurs solvables. Il est donc nécessaire de s'interroger sur la vitesse effective des modes de transport, ce que fait justement la vitesse généralisée.

Vitesse généralisée, croissance du revenu et valeur du temps

En appliquant la formule définie par Ivan Illich et Jean-Pierre Dupuy, on peut calculer que, lors de la mise en place du TGV Paris-Lyon, la vitesse généralisée est passée d'environ 50 à 65 km/h. La dif-

férence semble faible, mais, même si la vitesse moyenne avait été multipliée par 3 (375 km/h au lieu de 250), la vitesse généralisée n'aurait atteint que 69 km/h. Cette remarque est importante. Dans la mesure où les trajets effectués par les TGV sont



NB : vitesse généralisée VP 1P = vitesse généralisée véhicule particulier une place.

Vitesse

relativement courts, des gains de vitesse apparemment élevés conduisent à de faibles gains de temps⁽⁶⁾. Si, en outre, les coûts de construction et d'exploitation de la ligne croissent de façon très nette, alors la question de la pertinence du gain de vitesse se pose. Il se pose aussi pour le Maglev, comme en France ou en Espagne

Depuis 2012 en Allemagne, l'innovation dans les transports ne relève pas de la grande vitesse mais de la libéralisation d'un mode de transport considéré comme dépassé : l'autocar.

pour de nombreuses LGV en projet. Du fait de cette hausse des coûts (*la variable k, cf. encadré page 9*), sur certains projets, les gains de vitesse commerciale ne se retrouvent pas dans la vitesse généralisée.

C'est ce qui a causé, en 2003, la fin probablement définitive de l'aviation commerciale supersonique. Un aller-retour Paris-New York en Concorde (vitesse moyenne : 2 000 km/h) coûtait, en 2001, environ 12 000 € pour 12 000 km, soit 1 euro le km. En termes de vitesse généralisée, pour un smicard qui gagnait alors environ 6 € nets de l'heure, cela revenait à une vitesse d'environ 6 km/h, guère plus que la marche à pied. C'est ce qu'Illich voulait démontrer : le smicard devait travailler 2 000 heures, soit plus d'une année, pour s'offrir l'aller-retour en Concorde ! Mais on ne pouvait en déduire une condamnation définitive de toutes les formes de gains de vitesse.

Pour ce même smicard, en effet, la vitesse généralisée d'un vol subsonique (vitesse moyenne : 800 km/h) qui valait 600 € aller-retour (0,05 € par km) était de 104 km/h. Pour le smicard de 2015, dont le salaire

horaire s'élève maintenant à 8 €, la vitesse généralisée atteint 133 km/h, puisque la vitesse physique et le prix du billet sont restés inchangés. La croissance de la vitesse généralisée du transport aérien subsonique explique son succès, lequel, dans cet exemple, résulte uniquement de la hausse du revenu, et donc de la baisse du ratio k/w . Dans la notion de vitesse généralisée, la variable clé n'est pas V mais le rapport k/w . Toute diminution de ce rapport, donc toute hausse de w s'accompagnant d'une moindre hausse ou d'une baisse de k , va déboucher sur une croissance de la vitesse généralisée (même si V est stable) et donc sur une demande de mobilité, comme le montre la figure 2.

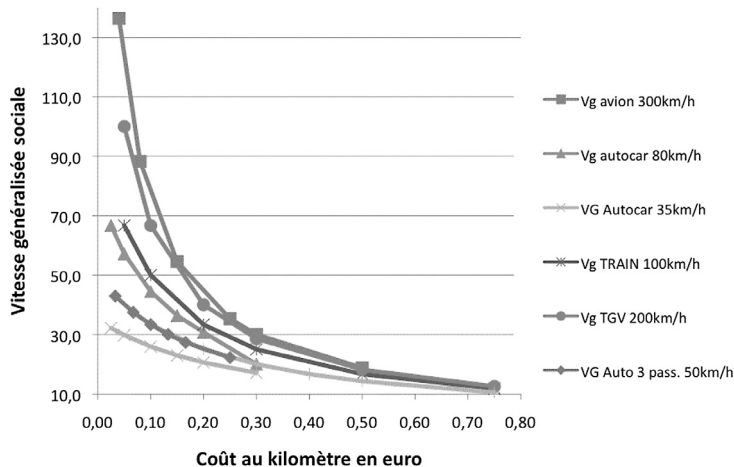
Pour des vitesses physiques (V) et des coûts au kilomètre (k) donnés, on observe que la vitesse généralisée augmente avec le revenu horaire ou, dans une logique proche, avec la valeur du temps. Ainsi, pour un revenu horaire faible (5 ou 10 €), la grande vitesse ferroviaire et l'avion⁽⁷⁾ sont moins « rapides », en termes de vitesse généralisée, qu'un bus roulant à 50 km/h ou même qu'une voiture avec trois occupants (*voir page 11*).

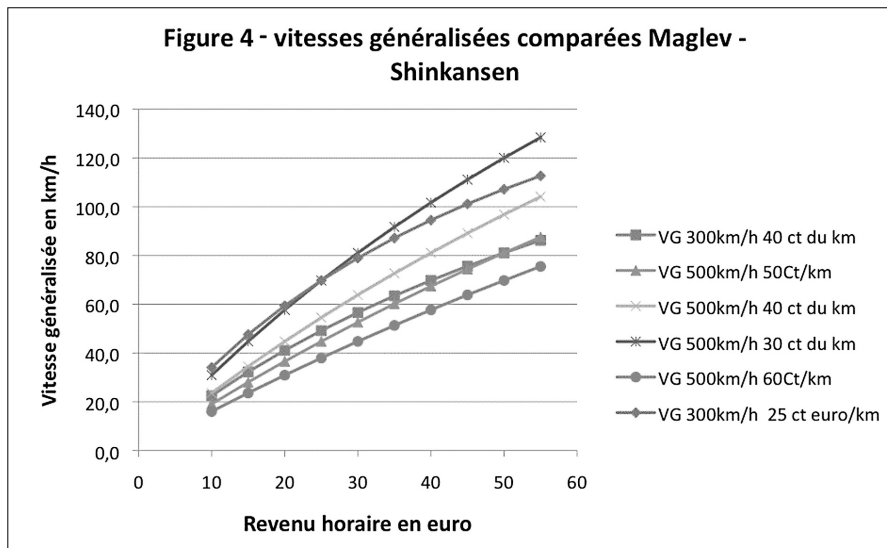
La demande de vitesse correspond donc à une demande de mobilité accrue destinée à accéder à des activités et des lieux nouveaux, conformément à ce que les économistes appellent la préférence pour la variété. Il n'est donc pas surprenant que la mobilité progresse peu ou prou comme notre revenu, car cette mobilité est la condition permissive du développement de « l'économie de la variété » (Gronau & Hamermesh, 2001)⁽⁸⁾. Le développement de la mobilité est un sous-produit logique de la hausse des revenus et donc de la vitesse généralisée. Cette fringale de vitesse se heurte cependant aux coûts monétaires qu'elle implique pour le voyageur, mais aussi pour la collectivité. C'est ce qu'illustre le projet de Maglev.

500 km/h en Maglev, cela vaut-il le coût ?

Le futur Maglev japonais devrait mettre Tokyo à 40 minutes de Nagoya, au lieu d'1h35 avec le Shinkansen. Mais peut-on se contenter de cette argumentation pour justifier un projet ? La notion de vitesse généralisée sociale révèle que les choses sont plus complexes. La vitesse physique

Figure 3 - Vitesses généralisées et coût social au km





n'est qu'une des trois variables-clés. Il doit aussi être tenu compte du coût kilométrique, privé et public, et du revenu horaire des clients.

La vitesse généralisée sociale

Revenons à Illich qui écrivait : « Passé un certain seuil, la production de l'industrie du transport coûte à la société plus de temps qu'elle lui en épargne ». Nous sommes ici invités à tenir compte de la dimension sociale de la rareté du temps. Avec la notion de vitesse généralisée sociale, nous intégrons dans le raisonnement cette dimension collective en remplaçant dans la définition de la vitesse généralisée la variable k par K_s qui représente le coût kilométrique pour la société, en ajoutant au coût privé les coûts externes et les dépenses publiques engagées et non supportées par les usagers. On obtient ainsi un indicateur de « vitesse généralisée sociale » (V_{gs}) qui se définit ainsi.

$$V_{gs} = \frac{1}{\left(\frac{1}{V}\right) + \left(\frac{K_s}{w}\right)}$$

En appliquant cette formule à certains projets coûteux de LGV en France, on trouve que les coûts d'infrastructure peuvent conduire à une médiocre vitesse généralisée

sociale⁽⁹⁾. La valeur du coût kilométrique du TGV, celle que ressent l'usa-

ger, est aujourd'hui d'environ 0,15 € par kilomètre. Mais s'il fallait verser par voyageur-kilomètre 0,30 € de subvention pour les infrastructures et éventuellement l'exploitation, alors le coût kilométrique social deviendrait 0,45 € par km et un peu plus (environ 0,50 €/km) avec les coûts externes (bruit, émissions de polluants, etc.). Dans ce cas, la vitesse généralisée pour l'individu qui gagne un salaire horaire de 10 € reste de 50 km/h (voir figure 1, page 6), mais la vitesse généralisée sociale est seulement de 23 km/h pour un coût social au km de 0,5 € et un revenu horaire moyen de 13 €. Cette valeur de

Vitesse généralisée : fondements idéologiques et méthodologiques

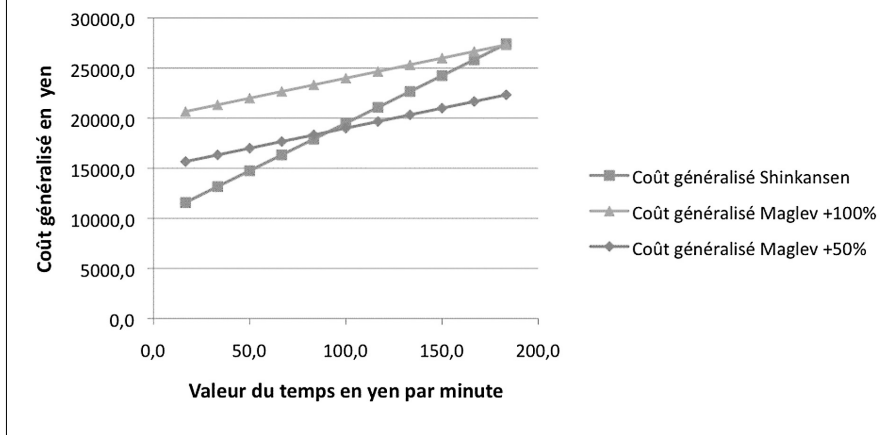
Dans un ouvrage intitulé *Energie et Équité* (1973), Ivan Illich affirmait : « Il est temps de prendre conscience qu'il existe, dans le domaine des transports, des seuils de vitesse à ne pas dépasser. Faute de quoi, non seulement l'environnement physique continuera d'être saccagé, mais encore le corps social continuera d'être menacé par la multiplication des écarts sociaux creusés en lui et miné chaque jour par l'usure du temps des individus » (pp. 41-42). Pour étayer ce point de vue critique sur la modernité, Ivan Illich et Jean-Pierre Dupuy (Heran, 2009) ont développé le concept de vitesse généralisée, qui prolonge la notion de coût généralisé. Cette dernière s'établit en monnaie, en additionnant le coût monétaire du déplacement et le coût du temps consacré au déplacement, ce qui est possible puisque, selon l'adage : « Le temps, c'est de l'argent ». Mais si on convertit le temps en argent, on peut faire l'inverse et changer les unités calculant le « temps généralisé », qui totalise le temps de transport et le temps de travail nécessaire pour payer le coût monétaire du déplacement. Avec la même logique, en rapportant la distance parcourue à ce temps généralisé, la conversion dans une autre unité de compte est possible : la vitesse. La vitesse généralisée (V_g) se définit donc ainsi :

$$V_g = \frac{1}{\left(\frac{1}{V}\right) + \left(\frac{k}{W}\right)}$$

Il s'agit d'une moyenne harmonique où entre en jeu la vitesse physique de déplacement (V) mais aussi le pouvoir d'achat du salaire horaire (w) en termes de km ($k =$ coût kilométrique). Sur cette base méthodologique, Illich fonde une approche idéologique qu'il résume ainsi : « Passé un certain seuil, la production de l'industrie du transport coûte à la société plus de temps qu'elle lui en épargne » (p.30); « A présent, les gens travaillent une bonne partie de la journée pour payer les déplacements nécessaires pour se rendre à leur travail. Le temps dévolu au transport croît dans une société en fonction de la vitesse de pointe des transports publics. »

Nous avons déjà montré dans cette revue (*Transports*, n°481, septembre-octobre 2013) qu'une telle conclusion n'était pas acceptable, car elle généralisait un constat valide seulement dans certains cas. Mais une fois « désidéologisée », la notion de vitesse généralisée aide à comprendre à la fois notre fringale pour la vitesse et ses limites.

Figure 5 - Coûts généralisés comparés du Shinkansen et du Maglev



23 km/h est à rapprocher de ce que peut coûter pour une même destination un train régional (TER) ou un autocar (Crozet, 2014a).

Ce que fait la figure 3 (page 8) en montrant les variations de la vitesse généralisée sociale (V_{gs} , axe des ordonnées) en fonction du coût social kilométrique. Pour un même coût social kilométrique, l'avion et le TGV, du fait de leur vitesse physique porte-à-porte (respectivement 300 et 200 km/h) sont plus rapides que tous les autres modes. Mais lorsque le coût social augmente à un niveau de 50 centimes le kilomètre, alors des modes concurrents comme le train conventionnel, l'autocar ou la voiture particulière avec trois passagers (covoiturage) deviennent des options alternatives plus « rapides » et donc moins coûteuses pour la collectivité. Un autocar qui transporte 30 personnes présente un coût kilométrique social ne dépassant pas 0,10 €⁽¹⁰⁾ par passager-km. Si sa vitesse physique de déplacement est de 85 km/h, alors la vitesse généralisée sociale, pour un salaire horaire de 10 €, est de 44 km/h. Par comparaison, un TGV gourmand en subventions publiques ($K_s = 0,5$ €/km) a une vitesse généralisée inférieure à 20 km/h. Pour ce différentiel de coût social (0,1 vs

0,5 € au km), la vitesse généralisée du TGV (200 km/h) ne dépasse celle de l'autocar (85 km/h) que lorsque le revenu horaire dépasse 30 €, environ 4000 euros par mois. Ce qui confirme le diagnostic de la Cour des comptes (2014) à propos des utilisateurs du TGV. Pour un projet comme le Maglev, c'est sur les mêmes bases qu'il faut s'interroger. Quelle est la vitesse généralisée sociale du Maglev comparée à celle du Shinkansen ?

429 km/h au lieu de 261 km/h : les conditions de succès du « Linear chuo Shinkansen »

Entre Tokyo et Nagoya, le Shinkansen actuel met 1h35 pour parcourir 366 km, soit une vitesse moyenne de 261 km/h entre le départ et l'arrivée. Avec le Linear chuo Shinkansen, qui va utiliser un itinéraire plus direct grâce à des tunnels, le temps de trajet sera ramené à 40 minutes pour parcourir 286 km⁽¹¹⁾, soit une vitesse moyenne point à point de 429 km/h. Mais quel sera le coût, privé et public, de ces gains de temps ? Calculer la vitesse généralisée sociale des différents modes en concurrence nous permet de répondre à cette question. La figure 4 indique comment évoluent les vitesses généralisées comparées du Shinkansen et du Maglev

sur le parcours Tokyo-Nagoya en fonction du niveau de revenu horaire. Chaque courbe représente la vitesse généralisée pour des vitesses moyennes respectives de 261 km/h pour le Shinkansen et de 429 km/h pour le Maglev. Pour en rester à l'affichage de la vitesse commerciale, elles sont notées respectivement 300 et 500 km/h. Aujourd'hui, un trajet entre Tokyo et Nagoya coûte 10 000 yens⁽¹²⁾ (¥), soit environ 30 ¥ (0,225 €) le km. La vitesse généralisée du Shinkansen pour un revenu horaire de 20 € (environ 40 000 € par an) est donc d'environ 67 km/h et de seulement 36,5 km/h pour un revenu de 10 € de l'heure, mais de 136 km/h pour un revenu horaire de 50 € (environ 100 000 € par an). On retrouve ici la forte sensibilité de la vitesse généralisée à la valeur du temps et donc au niveau de revenu.

Cette sensibilité vaut aussi pour le Maglev. Compte tenu du coût de construction d'une part, 45 Md€ estimés pour 286 km (6 fois plus au km que la ligne TGV Tours-Bordeaux!) et du coût d'exploitation d'autre part, le coût au km par passager sera plus élevé que celui du Shinkansen. La figure 4 montre que pour offrir à peu près la même vitesse généralisée que le Shinkansen, le coût au passager/km ne doit pas croître dans la même proportion que la vitesse. Même pour des revenus élevés de 50 € de l'heure, la vitesse généralisée du Maglev à 50 centimes du km n'est que de 81 km/h, contre 113 km/h pour le Shinkansen à 25 centimes du kilomètre. Le *Linear chuo Shinkansen* n'est plus « rapide » que le Shinkansen que si le coût social au km ne dépasse pas 30 ct. C'est ce que montre la courbe la plus haute de la figure 4. Pour tous les autres

cas, le Shinkansen, avec son coût actuel, qui ne bénéficie d'aucune subvention publique, est plus « rapide » que le *Linear chuo Shinkansen*.

Les conditions de succès commercial du Maglev sont donc simples. Si, ce qui est fort probable, son coût pour les passagers devait être deux fois supérieur à celui du Shinkansen (50 centimes du km au lieu de 25), il serait à l'origine de pertes pour la collectivité ou la Central Japan Railway faute d'un nombre suffisant de clients. On peut le montrer en recourant au schéma classique faisant varier le coût généralisé avec la valeur du temps. Si le prix du billet du *Linear chuo Shinkansen* atteint 20 000 ¥, au lieu de 10 000 pour le Shinkansen (+100 %), alors les coûts généralisés comparés évoluent comme sur la figure 5. Le coût généralisé du Shinkansen classique est toujours inférieur au coût généralisé du *Linear chuo Shinkansen*, sauf quand la valeur du temps atteint 180 ¥ par minute, soit 11 000 ¥ de l'heure (environ 90 €). Il y a certainement des clients avec une telle valeur du temps au Japon, prêts à payer 10 000 ¥ de plus pour gagner 55 minutes de trajet. Mais ils ne sont probablement pas assez nombreux pour rentabiliser un

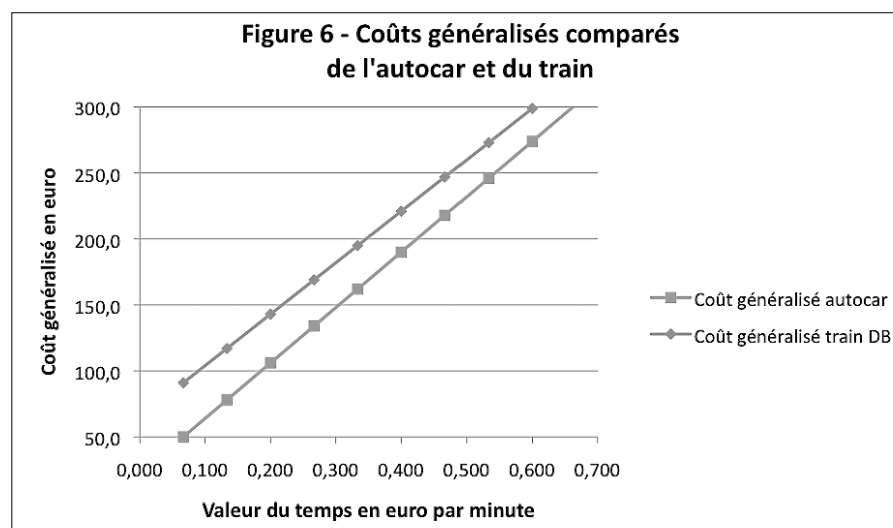
investissement de 45 Md€ et des coûts de fonctionnement très élevés. Pour attirer des voyageurs, il faudrait par exemple que le prix du trajet en Maglev n'excède pas de plus de 50 % celui du Shinkansen. La figure 5 montre que, dans ce cas, le coût généralisé du Maglev est inférieur à celui du Shinkansen pour une valeur du temps égale ou supérieure à 100 ¥ la minute, soit environ 50 € de l'heure, ce qui est déjà très élevé. Il y a donc fort à parier que, contrairement à ce qu'elle affirme, la CJR ne pourra pas financer seule ce projet. Elle va probablement se tourner vers les pouvoirs publics pour demander des subventions pour l'investissement et/ou pour l'exploitation. C'est là que la vitesse généralisée sociale est importante, car le coût social au kilomètre risque d'être *in fine* très supérieur à 50 centimes. Surtout quand on se souvient que, depuis l'accident de Fukushima, le Japon dépend très fortement de l'extérieur pour son approvisionnement énergétique.

Il est donc surprenant que le gouvernement laisse se développer un projet qui va se révéler coûteux en subventions publiques et très gourmand en électricité. La fascination pour la vitesse ne peut pas tout justifier. La

crise de langueur économique, que traverse le Japon depuis plusieurs années, appelle le développement des investissements. Faute de croissance démographique, seul le progrès technique est et sera source de croissance. Mais le progrès technique, pour engendrer de réels gains de productivité, ne doit pas être un gouffre financier. Les investissements dans les infrastructures ne peuvent se faire « à tout prix ».

Autocar, covoiturage... l'autre « retour sur terre »

Depuis 2012 en Allemagne, et bientôt en France après le vote de la loi Macron, l'innovation dans les transports ne relève pas de la grande vitesse mais de la libéralisation d'un mode de transport considéré comme dépassé : l'autocar. Cette « nouvelle » offre de service de transport va venir s'ajouter à une autre qui connaît depuis quelques années un succès croissant : le covoiturage, forme sécurisée et monétarisée de l'auto-stop. Quelles sont les potentialités de ces deux « nouvelles » façons de se déplacer ? Dans un récent article, Alain Sauvant (2015) indique qu'en cumulant ces deux types d'offre pourraient atteindre 15 à 18 % du marché des déplacements à moyenne et longue distance. Si de tels chiffres étaient vérifiés, ce serait une menace importante pour le transport ferroviaire. La SNCF comme les autorités organisatrices devraient affronter une baisse des taux de remplissage sur certaines lignes. Pour en avoir le cœur net, comparons les coûts et vitesses généralisées des anciens et nouveaux modes. Après l'avoir fait pour les moyennes et longues distances, nous regarderons aussi ce qu'il en est pour la mobilité de courte distance.



Vitesse

Les autocars sur autoroute : un succès inévitable ?

Le transport routier a été fortement encadré dans l'entre-deux-guerres en Europe. Afin de protéger de la concurrence les entreprises ferroviaires, le transport routier a été étroitement réglementé, aussi bien pour les voyageurs que pour les marchandises⁽¹³⁾. Mais si la déréglementation a été effective pour les marchandises dans les années 1980, il n'en a pas été de

Le covoiturage offre des opportunités de mobilité qui n'existaient pas auparavant. C'est une des raisons de son succès. Mais peut-il en être de même pour le covoiturage en zone urbaine ?

même en France ni en Allemagne pour les voyageurs, à la différence de la Grande-Bretagne où Margaret Thatcher, *horresco referens*, a entièrement libéralisé cette activité. Comme elle ne reçoit aucune subvention, les effets sur le bien-être sont favorables. C'est ce qu'ont montré Preston et Almutairi dans un papier stimulant (2013) : n'ayant impliqué aucune subvention, la déréglementation du transport par autocar y a été très favorable au bien-être social, à la différence de la déréglementation du transport ferroviaire, très gourmande en argent public.

Les contraintes budgétaires pesant aujourd'hui lourdement sur les décisions publiques, il n'est pas surprenant qu'en 2012, l'Allemagne ait opté pour une déréglementation de ce secteur. Les acteurs privés sont libres de créer des lignes régulières d'autocar. Pour éviter de concurrencer les transports urbains, il doit y avoir au moins 50 km entre chaque arrêt. Le succès ne s'est pas fait attendre. Partant d'un niveau de tra-

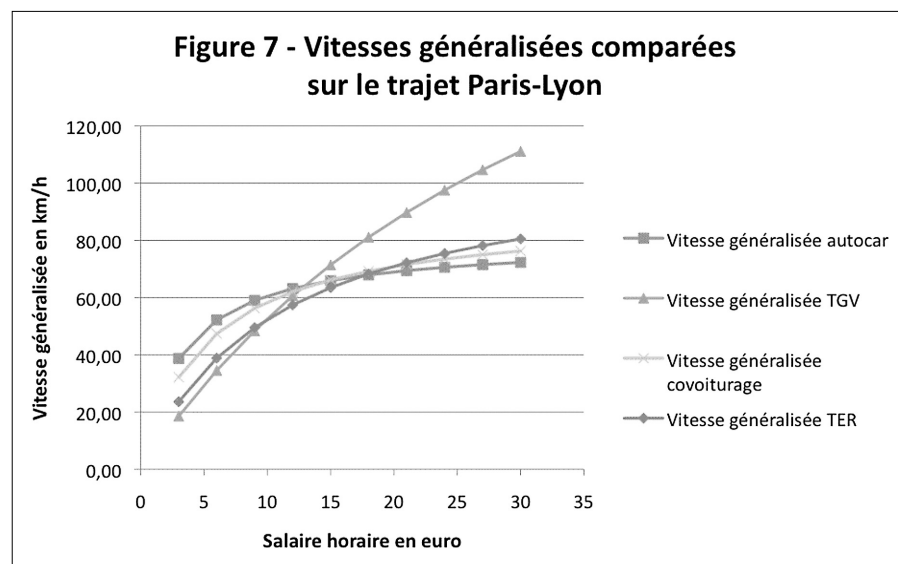
fic de 3 millions de passagers en 2012, le transport par autocar est passé à 8 millions en 2013, puis à 19 millions en 2014, accompagnant un rapide développement de l'offre. Un exemple suffit à expliquer pourquoi la demande a rapidement saisi ces opportunités nouvelles : un trajet Berlin- Munich revient à 22 € en autocar et à 65 € en train⁽¹⁴⁾ pour des temps de parcours relativement proches.

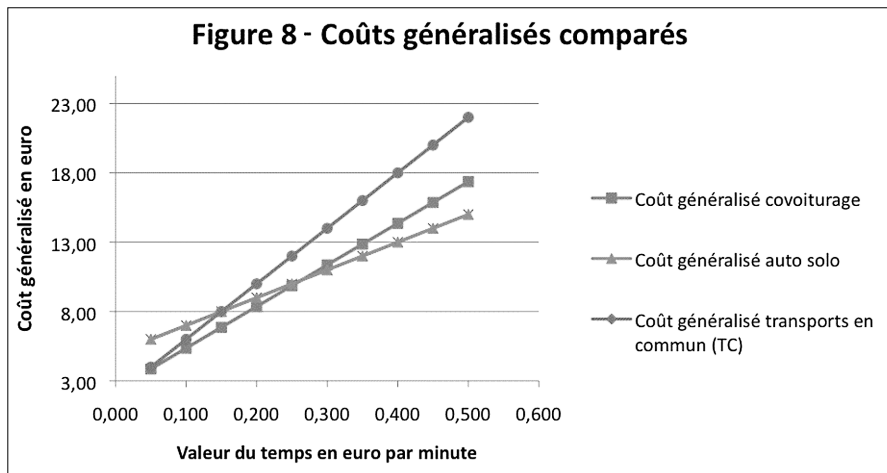
La figure 6 (page 11) montre que le coût généralisé de l'autocar est, pour l'utilisateur, toujours inférieur à celui du train. Même si on peut moduler ces chiffres pour tenir compte du confort, on comprend pourquoi en Allemagne, en 2014, la DB a perdu plusieurs millions de passagers au profit des autocars. Environ 30 % des usagers de l'autocar viendraient du train, 20 % de la voiture particulière, le reste correspondant à un trafic induit issu d'une demande qui n'était pas satisfaite, car les modes disponibles étaient trop coûteux.

Compte tenu de la rareté des fonds publics⁽¹⁵⁾, plus importante encore en France qu'en Allemagne, notre pays, avec la loi Macron, s'est à son tour converti à la déréglementation du transport par autocar. Il le fait à sa

façon, plus conservatrice (100 km, voire 200, entre chaque arrêt) et en évitant d'aborder frontalement les implications d'une concurrence accrue avec le transport ferroviaire. Cependant, la loi Macron se présente comme une mesure sociale débouchant sur une démocratisation de la mobilité à moyenne et longue distance. Une démocratisation qui ne coûte rien à la collectivité, car ces autocars, qui effectueront une grande partie de leur trajet sur autoroute, couvriront leurs coûts externes par les péages et les taxes sur les carburants. Ainsi, leur vitesse généralisée sociale est très proche de la vitesse généralisée privée. Pour l'usager qui utilise l'autocar, le coût direct est de 3 à 5 centimes au km. Avec un salaire horaire moyen de 13 €, la vitesse généralisée sociale est de 36 km/h si l'autocar circule à 50 km/h de moyenne. Soit beaucoup plus qu'un TER et même dans certains cas qu'un TGV. La figure 7 indique les vitesses généralisées comparées du TGV, du train classique et de l'autocar sur le trajet Paris-Lyon. Pour que la comparaison soit la plus complète possible, nous avons aussi indiqué la vitesse généralisée du covoiturage.

Les résultats sont clairs et rejoignent





le diagnostic d'Alain Sauvant. Pour tous ceux dont la valeur horaire du temps est inférieure à 12 €, l'autocar et le covoiturage sont bien plus « rapides » que les transports ferrés, même en tenant compte du fait que, sur ces itinéraires, les subventions publiques sont faibles (TER) ou inexistantes (TGV). Le TGV ne prend l'avantage que pour des salaires horaires égaux ou supérieurs à 20 € (environ 3000 € par mois). L'autre enseignement de ce graphique est que les écarts restent relativement faibles entre les vitesses généralisées des différents modes pour les niveaux de revenu les plus répandus (entre 10 et 15 € de l'heure). C'est pourquoi il n'y a pas de mode qui élimine les autres.

Selon la disponibilité de tel ou tel mode, en fonction de la plus ou moins grande sensibilité au confort ou à l'incertitude sur le temps de trajet, les personnes qui se déplacent entre Paris et Lyon adaptent leur choix à la nature de chaque trajet, notamment la destination précise, plus ou moins proche de la gare. Il n'est pas rare de voir des voyageurs utiliser sur ce trajet alternativement le TGV, le TER ou le covoiturage. Il n'en va pas de même sur d'autres trajets, moins bien desservis par les transports publics. Le covoiturage offre alors des opportunités de mobilité qui n'existaient pas auparavant.

C'est une des raisons de son succès⁽¹⁶⁾. Peut-on envisager qu'il en ira de même pour le covoiturage dynamique qui commence à se mettre en place en zone urbaine ?

Le covoiturage dynamique : concurrent ou partenaire des transports collectifs urbains ?

Parmi les nombreux défis qu'affrontent les transports collectifs urbains, la question du financement des transports collectifs progresse de plus en plus dans l'agenda des politiques publiques. En France, depuis une vingtaine d'années, les autorités organisatrices ont beaucoup développé et diversifié l'offre, obtenant souvent des succès certains en termes de fréquentation ou de rénovation urbaine. Etendre ces politiques dans les zones moins denses, où la pertinence des transports collectifs est faible, est devenu impossible à cause des contraintes budgétaires présentes et futures. Une évidence revient donc sur le devant de la scène. En période de pointe, les transports collectifs étant saturés et les routes congestionnées, l'offre ne peut être améliorée sauf au prix d'investissements parfois pharaoniques. Il existe pourtant des marges de capacité sur les routes du fait du faible taux de remplissage des véhicules particuliers qui ne transportent pas plus de 1,3 per-

sonne, alors que la plupart des automobiles offrent 4 places assises. Pourrait-on alors transformer la voiture individuelle en mode de transport collectif en généralisant le covoiturage ?

Simple en apparence (si on double le taux de remplissage, on divise par deux le nombre de véhicules), cette solution est loin d'être évidente, car sa mise en œuvre implique un coût pour les utilisateurs, que l'on pourrait regrouper sous le terme générique de coût de transaction. Pour appairer les conducteurs et les passagers sur des trajets relativement courts, il faut disposer d'un outil informatique puissant, capable d'informer en temps réel les uns et les autres sur les origines et destinations, les points de rendez-vous possibles, les critères de reconnaissance... Il est aussi nécessaire de définir un mode de paiement rapide et sécurisé, sans risque de surenchère ou de défaut de paiement. Le covoiturage en milieu urbain ne peut donc voir le jour qu'en présence d'un système dynamique associant la puissance des nouveaux outils informatiques avec la volonté des participants d'entrer dans une logique collaborative.

C'est justement le projet d'une start-up lancée il y a quelques années et que la RATP a choisie pour mettre en place une telle logique collaborative pendant l'été 2015, lors de la fermeture pour travaux du RER A. En créant un partenariat avec cette petite entreprise, dénommée Sharette (voir encadré page 14), la RATP présente le covoiturage comme complémentaire des transports collectifs. Mais si l'opération est un succès, c'est-à-dire si plusieurs dizaines de milliers de Franciliens entrent dans ce jeu, alors le covoiturage peut devenir un substitut au transport collectif, non pas sur des axes lourds comme le RER A, mais

Sharette : un modèle innovant de mobilité urbaine

Sharette est une application mobile (iOS et Android) qui met en relation conducteurs et passagers pour des trajets de courte distance en Ile-de-France. L'application propose des itinéraires combinant covoiturages et transports en commun afin d'optimiser les trajets de chacun. Les passagers voient leurs trajets simplifiés et optimisés pour les conduire à destination le plus rapidement possible. Les conducteurs rendent service aux Franciliens en difficulté tout en amortissant les frais d'utilisation de leur voiture. L'application innove grâce à sa fonctionnalité multimodale. Elle intègre en effet dans son calcul d'itinéraire le temps de parcours des trajets de covoiturages et leurs connexions avec les lignes de transports en commun existantes.

Sharette se présente comme économique, écologique et conviviale. Son offre permet aux passagers de se déplacer pour 2 € quelle que soit la distance parcourue (auxquels s'ajoutent 0,36 € de frais de réservation). Ces 2 € sont reversés directement au conducteur via l'application.

Partenariat avec la RATP en 2015

Sharette a signé un partenariat avec la RATP dans le cadre de la fermeture du RER A, du 25 juillet au 23 août. L'application est la solution de covoiturage alternative mise en avant par la RATP pour pallier les perturbations consécutives aux travaux sur la ligne A, une des plus fréquentées d'Europe (1 million de trajets quotidiens). Concrètement, ce partenariat technologique permet d'intégrer les trajets de covoiturage Sharette dans le calcul d'itinéraires de l'application mobile RATP, mise à jour à l'occasion des travaux. Forte de ce partenariat, Sharette vise à créer une communauté de 75 000 inscrits dès cet été. Mais, sa mission dépasse les frontières de l'Ile-de-France : Sharette travaille depuis plus de deux ans à repenser la voiture comme un nouveau transport en commun, modèle pouvant s'implanter dans de nombreuses villes françaises et européennes.

sur des origines-destinations où la réalisation d'une ou plusieurs correspondances péjorent le coût généralisé du transport collectif.

Conditions du succès

La figure 8 (page 13) indique, avec quelques hypothèses simples, les conditions économiques de succès du covoiturage en milieu urbain. Nous supposons que le trajet en auto solo prend 20 minutes, contre 30 pour le covoiturage et 40 pour les transports collectifs. Le coût de ce dernier est de 2 €, contre 2,36 € pour le covoiturage (*lire encadré ci-dessus*) et 5 € pour l'auto solo. Alors, on remarque que l'auto solo a le coût généralisé le plus faible pour des valeurs du temps supérieures à 0,3 € la minute, soit 18 € de l'heure. Pour les valeurs du temps inférieures, le covoiturage est toujours moins ou aussi coûteux que les transports collectifs.

Mais le lecteur aura compris que cette situation dépend d'hypothèses favorables : un coût du covoiturage proche de celui des transports en commun et un temps de parcours inférieur de 25 %. Aussi, l'avantage relatif du covoiturage est fragile. Il n'a de chances de se développer face à l'auto solo que si le coût de cette dernière augmente via la mise en place d'un péage et/ou une hausse des prix des carburants non compensée par la réduction des consommations unitaires. Face aux transports collectifs, ses chances résident soit dans la complémentarité d'une offre de transport collectif volontairement réduite, soit en ce qu'il serait un bon substitut pour des origines-destinations spécifiques. Ainsi, ce nouveau service de mobilité, fruit de l'initiative privée, aura besoin pour se renforcer d'un fort accompagnement des politiques publiques, non pas

sous la forme de lourdes subventions publiques ou de grands projets d'infrastructures, mais de changements de réglementations, de déréglementations pour libérer l'entrée dans certaines professions, mais aussi de nouvelles réglementations sur l'usage des voiries afin de donner un avantage comparatif aux différentes formes d'économie collaborative dans l'usage de l'automobile.

Conclusion : revenir sur terre...

Quelle sera la révolution majeure des transports terrestres dans les prochaines décennies ? Faut-il croire aux projets de rupture (Maglev, Hyperloop) ? Au prix d'innovations à confirmer et de coûts sans doute très élevés, ces projets nous promettent que l'humanité va poursuivre avec des modes terrestres son rêve séculaire d'accélération de la vitesse des déplacements. Problème : ces promesses se heurtent, comme l'aviation commerciale supersonique, non seulement au mur du son mais au mur de la vitesse généralisée et de la vitesse généralisée sociale, lesquelles n'évoluent pas comme la vitesse physique. Cette dernière peut bien augmenter avec les nouvelles technologies si, dans le même temps, ne diminue pas le ratio Ks/W . Alors la vitesse généralisée sociale ne progressera que très faiblement, voire régressera. Les gains de vitesse ne peuvent se démocratiser que s'il y a hausse du pouvoir d'achat de la mobilité. Or, le ralentissement de la croissance économique, qui détermine W d'une part, et d'autre part la hausse des coûts de l'énergie et des infrastructures, nous révèle que la vitesse généralisée se rapproche d'une asymptote horizontale.

Pour les modes terrestres notam-

ment, le coût de l'infrastructure au sol est réhibitoire, sauf si les trafics sont élevés et permettent d'amortir les flux importants. C'est ainsi que se définissent les zones de (non-)pertinence de la grande vitesse ferroviaire. C'est aussi ce qui explique l'avantage comparatif du transport aérien : ses coûts d'infrastructure sont beaucoup plus faibles que ceux du ferroviaire. Nous devons donc « revenir sur terre » et abandonner nos rêves de quasi-ubiquité que permettrait la très grande vitesse. Nos déplacements terrestres ne vont pas être plus rapides (Crozet, 2014b). Ils vont au contraire s'inscrire dans une logique où la recherche d'une meilleure vitesse généralisée va redonner de la pertinence à des modes hier apparemment obsolètes, comme l'autocar ou l'auto-stop redéfini en covoiturage. Ce paradoxe est à l'origine des initiatives proposées par des entrepreneurs aussi différents que les voitures de tourisme avec chauffeur (VTC), Uber ou Sharette. Reste aux

politiques publiques à accompagner le mouvement en comprenant que toujours plus d'infrastructures n'est pas la solution. En revanche, des changements de réglementation sont indispensables afin de soutenir l'arrivée de nouveaux acteurs économes en fonds publics. ■

(1) Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale (ndlr).

(2) 500 km/h sera la vitesse commerciale, 603 km/h est un record surtout destiné à marquer les esprits et à dépasser celui du TGV français : 574,8 km/h en 2007.

(3) Ligne de Paris-Lyon à Marseille-Saint-Charles, baptisée d'après la compagnie Paris-Lyon Méditerranée (nom courant de la « Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée », ndlr).

(4) Nous avons établi la comparaison avec le train Corail, elle aurait été un peu plus favorable au TGV si nous avions fait la comparaison avec les tarifs des trains Téo, plus confortables mais plus chers (51,6 €) pour un temps de parcours de 4 h.

(5) Lignes à grande vitesse (ndlr).

(6) Même si la vitesse moyenne atteignait 375 km/h entre Paris et Lyon (soit une vitesse commerciale de plus de 400 km/h), le temps de parcours passerait seulement de 2 h à 1h20.

(7) Dans cet exemple, nous avons retenu une

vitesse de l'avion intégrant les temps « porte à porte », en tenant compte du temps d'accès à l'aéroport pour un trajet en Europe, beaucoup plus court que pour un trajet transatlantique. Pour le TGV aussi, nous avons retenu la vitesse porte à porte.

(8) La progression de la mobilité des marchandises s'inscrit aussi dans la logique de l'économie de variété. Quotidiennement, la situation la plus fréquente n'est pas que les voyageurs se déplacent pour consommer tel ou tel bien ou service. Ce sont plutôt les marchandises qui se rapprochent des consommateurs grâce à une mobilité qui n'est pas moindre !

(9) Crozet Yves (2013), « Mobilité 21 : à la recherche des fondements méthodologiques des nouvelles priorités de la politique des transports », Transports, n° 481, septembre-octobre, pp 5-14.

(10) Seulement 0,20 € s'il y a 100 personnes à bord et 0,80 € s'il n'y a que 25 personnes à bord. Pour le TGV, nous avons supposé que le taux de remplissage est élevé (85 %) ; si ce n'est pas le cas, la vitesse généralisée sociale est encore plus faible, elle peut tomber à 12 km/h si le taux de remplissage est de 40 % ! Ce qui explique les tensions entre les élus de certaines agglomérations du Sud-Ouest et la SNCF, qui ne veut pas accroître les fréquences de desserte lors de la mise en exploitation de la LGV Tours-Bordeaux.

(11) Il est à noter que la ligne du Linear chuo Shinkansen ne desservira pas la gare centrale de Tokyo mais la gare de Shinagawa, distante de 6 km de la gare centrale.

(12) Il s'agit du prix avec réservation, voir le site web de la CJR http://english.jr-central.co.jp/info/fare/_pdf/fare.pdf

(13) Distance maximale autorisée (150 km), poids maximal en charge, tarification routière obligatoire, licences contingentées pour limiter le nombre de poids lourds.

(14) Le prix officiel du billet de train est de 142 € en 2^{de} classe. Mais sur son site web, la DB propose des rabais. Nous avons donc choisi le prix le plus bas : 65 €. Le temps de parcours est de quelque 7 h en autocar et d'environ 6h30 en train.

(15) Le récent rapport Duron « 2 » a rappelé que, sur la ligne Lyon-Bordeaux, un des trains d'équilibre du territoire (TET) passé en revue par cette commission, la faiblesse du trafic et les coûts élevés font que chaque passager reçoit l'équivalent d'une subvention de 275 € par voyage !

(16) Blablacar revendique 1 million de clients mensuels en France. En faisant une hypothèse basse selon laquelle 30 % de ces personnes viendraient du train, cela signifie pour la SNCF 300 000 voyageurs perdus par mois (10 000 par jour), l'équivalent de 25 rames de TGV de 500 places remplies à 80 %. On comprend pourquoi Guillaume Pepy considère le covoiturage comme un concurrent sérieux.

Bibliographie

- Abraham Claude (1961), «La répartition du trafic entre itinéraires concurrents : réflexions sur le comportement des usagers, application au calcul des péages», *Revue générale des routes et aérodromes*, n° 357, octobre, 39 p.
- Becker Gary (1965), «Time and Household production : a theory of the allocation of time», *Economic Journal*, n° 75, septembre, pp. 493-517.
- Beesley M. E. (1965), «The Value of Time Spent in Travelling : Some New Evidence», *Economica*, n° 126 (32), mai, 174-185.
- Cour des comptes (2014), «La grande vitesse ferroviaire, un modèle porté au-delà de sa pertinence», rapport public thématique, 172 p., www.comptes.fr
- Crozet Yves (2014a), «High Speed Rail performance in France : from appraisal methodologies to ex-post evaluations», The economics of Investment in High Speed Rail, Round table report #155, ITF-OCDE, pages 73-105.
- Crozet Yves (2014b), «Mobilité et vitesses des déplacements : vers une remise en cause de la tendance séculaire aux gains de temps?», in

M. Flonneau, L. Laborie, A. Passalacqua (dir.), *Les transports de la démocratie, approche historique des enjeux politiques de la mobilité*, Presses universitaires de Rennes, 222 p.

● Gronau Reuben, Hamermesh Daniel (2001), *The Demand for Variety Transportation : a Household Production Perspective*, National Bureau of Economic Research, working paper n° 8509.

● Illich Ivan (1973), *Energie et équité*, Seuil, 60 p. Ce petit opuscule reprenait des articles publiés précédemment dans le journal *Le Monde*.

● Heran Frédéric (2009), «A propos de la vitesse généralisée des transports, un concept d'Ivan Illich revisité», *Revue d'économie régionale et urbaine*, 2009-3, juillet, A. Colin, pp. 449-470.

● Preston John, Almutairi Talal (2013), «Evaluating the long term impacts of transport policy : An initial assessment of bus deregulation», *Research in Transportation Economics*, vol. 39 (1), Elsevier, mars, pp 208-214.

● Sauvart Alain (2015), «Ride-sharing piles on the competitive pressure», *Railway Gazette*, mars, pp. 34-37.