

Vitesse et mobilité : au-delà du désenchantement d'un "monde fini"

Yves Crozet

► **To cite this version:**

Yves Crozet. Vitesse et mobilité : au-delà du désenchantement d'un "monde fini". *Transports* (ISSN 0564-1373), 2016, N° spécial vitesse, hommage à Marc Wiel, pp.51-59. <halshs-01398654>

HAL Id: halshs-01398654

<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01398654>

Submitted on 17 Nov 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.

Vitesse et mobilité : au-delà du désenchantement d'un « monde fini »

Par Yves Crozet, professeur à l'Université de Lyon, Institut d'études politiques, Laboratoire Aménagement Économie Transports (LAET)

Dans les années 1950, l'an 2000 faisait rêver. Les bandes dessinées et les romans de science-fiction laissaient entrevoir un monde de mobilité en trois dimensions. Les « scooters volants » et autres « autoroutes virtuelles » n'étaient-ils pas la suite logique des gains de vitesse issus de la naissance des chemins de fer puis de la diffusion de l'automobile ? Soixante années plus tard, force est de constater que ces scénarios futuristes s'éloignent aussi sûrement que la ligne d'horizon, au point de provoquer un certain désenchantement. Une déception qui n'est pas étrangère au sentiment que nous n'aurons plus affaire dans les prochaines années qu'à des améliorations techniques incrémentales sur lesquelles nous ne pouvons plus fonder un quelconque espoir de progrès. Et pourtant...

La question du progrès est souvent abordée avec nostalgie. Tournant notre regard vers le passé, nous avons tendance à regretter l'époque des pionniers, des grandes inventions qui nous ont propulsés dans le monde moderne : le train, l'automobile, l'avion... Ces machines extraordinaires étaient porteuses de rêves, de conquête de liberté, alors qu'aujourd'hui nous devons supporter les contrôles tatillons dans les aéroports, piétiner dans les gares en attendant l'annonce de notre train, surveiller sans cesse le compteur de vitesse de notre automobile et payer pour la garer, voire pour circuler ! Face à ce désenchantement, on se prend à rêver d'innovations radicales, de nouveaux vecteurs pour la mobilité des personnes et des marchandises. On espère le retour de

cette période bénie où le progrès technique s'accélérait en même temps que la vitesse moyenne de déplacement. Mais la nostalgie est mauvaise conseillère, elle pousse à faire des erreurs de raisonnement, des parallèles douteux. Le cœur de notre désenchantement vient d'une relation d'équivalence implicite que nous établissons entre vitesse des modes de transport et vitesse du progrès technique. Les deux auraient été rapides au cours des deux siècles précédents et seraient irrémédiablement ralenties dans le siècle qui s'ouvre. L'économiste R. Gordon (2016), quand il ravive la thèse de la « stagnation séculaire », renforce cette idée que nous avons définitivement quitté l'âge d'or du progrès technique et de la croissance économique rapide.

→ Un couplage séculaire entre croissance économique et mobilité

Ce que nous voulons montrer dans cet article est que ce point de vue est biaisé, car il a tendance à associer le progrès technique et la croissance économique qui l'accompagne à l'accroissement de la vitesse de déplacement. Les 19^e et 20^e siècles nous ont conduits à faire cette assimilation. Comme nous allons le rappeler dans un premier temps, il existe effectivement un « couplage » séculaire entre croissance économique et mobilité. Plus le produit intérieur brut (PIB) augmente, et plus s'accroissent les distances parcourues par les voyageurs et les marchandises, essentiellement grâce à l'augmentation des vitesses de déplacement. Au point que nous pouvons parler d'hypermobilité. Mais ce phénomène connaît

des limites qui se manifestent aujourd'hui sous diverses formes, dans le transport de marchandises comme dans le transport de voyageurs. Nous les rappellerons dans une deuxième partie en nous fondant sur l'exemple de la courbe débit-vitesse. Nous serons ainsi conduits à nous interroger sur ce que signifient le progrès technique et la croissance économique dans un monde confronté au rendement décroissant des gains de vitesse, notamment, mais pas seulement, pour des raisons énergétiques et environnementales !

Progrès technique, vitesse et « hyper-mobilité »

La mobilité s'est beaucoup développée depuis les débuts de l'ère industrielle. Les révolutions industrielles successives ont offert aux voyageurs et aux marchandises de nouveaux vecteurs, plus rapides et relativement moins coûteux. Un contemporain de James Watt (1736-1819) ou de George Stephenson (1781-1848) qui reviendrait aujourd'hui en Grande-Bretagne, et plus largement en

La grande différence entre notre mobilité et celle de nos ancêtres est l'allongement de la portée de nos déplacements sans accroissement du budget temps de transport.

Europe, serait extrêmement surpris de l'incroyable agilité qui caractérise nos programmes d'activités. La grande différence entre notre mobilité et celle de nos ancêtres est l'allongement de la portée de nos déplacements sans accroissement du budget temps de transport. En voiture, mais plus encore en train ou en avion, nous pouvons aujourd'hui, en quel-

ques heures, franchir des distances de plusieurs centaines, voire de plusieurs milliers de kilomètres. Là où les déplacements internationaux, et *a fortiori* intercontinentaux demandaient des semaines, voire des mois, à l'époque de la diligence et de la marine à voile, nous comptons aujourd'hui en heures.

Cette révolution des transports occupe un rôle majeur dans l'histoire économique des deux cents dernières années (Niveau et Crozet 2000), mais n'oublions pas le caractère graduel du phénomène. Entre la diligence et le train à grande vitesse, entre le clipper et l'avion à réaction, plus de deux cents ans se sont passés, pendant lesquels les progrès techniques se sont diffusés relativement lentement. Même des révolutions techniques majeures, comme le chemin de fer, l'automobile ou le transport aérien, ont pris plusieurs dizaines d'années pour se diffuser à l'ensemble de la population. Ainsi, la machine à vapeur apparaît dès le début du 18^e siècle avec les « machines à feu » de Newcomen. J. Watt ne dépose son brevet qu'en 1769, et ce n'est que soixante ans plus tard que Stephenson présente la « Golden Rocket », une locomotive qui atteindra les 50 km/h dès 1840. C'est donc une très lente percolation du progrès technique qui a conduit à une augmentation soudaine des vitesses au milieu du 19^e siècle (voir, dans ce numéro, l'article de M. Koning et alii). Il en a résulté une véritable explosion de la mobilité, des marchandises, comme des voyageurs. Les unes et les autres sont aujourd'hui des « hyper-mobiles ».

→ L'hyper-mobilité des marchandises

Selon les « comptes transport de la nation », le trafic domestique de marchandises en France en 2014 s'est élevé à 339,7 milliards de tonnes-

kilomètres. Sachant que l'année compte 365 jours, cela représente quotidiennement 930 millions de tonnes-kilomètres, soit, pour 65 millions d'habitants, près de 14 tonnes-kilomètres par jour et par personne. Comme chaque tonne chargée fait environ 100 km, on en déduit que chacun consomme en moyenne chaque jour 140 kg de marchandises faisant en moyenne 100 km !

Ce chiffre de 140 kg semble déraisonnable si l'on ne s'intéresse qu'à ce que consomme directement un ménage. Mais il n'y a pas que les consommations domestiques. En effet, n'oublions pas les énormes quantités de sable et de gravier, d'acier, de ciment, de verre et de matières premières de toutes sortes, dont nous avons besoin pour faire fonctionner nos villes, notre industrie, notre agriculture et... nos services. Si l'on ajoute à cela la quantité de déchets – un kilogramme par jour et par habitant pour les seuls déchets ménagers –, il n'est pas abusif de parler de société hyper-industrielle (P. Veltz) à laquelle est logiquement associée une hyper-mobilité des marchandises.

→ Une explosion des volumes transportés et consommés

L'expression déjà ancienne de société post-industrielle (A. Touraine, D. Bell) est trompeuse. Ce n'est pas parce que le nombre d'emplois dans l'industrie et l'agriculture a baissé que les tonnages de marchandises transportées ont diminué. Que seraient, en effet, nos services sans les biens industriels de plus en plus élaborés qu'ils exigent : avions, TGV, camions et voitures pour les transports ; bureaux et ordinateurs pour les banques et les assurances ; bâtiments et matériels ultra-modernes pour les hôpitaux ; piscines ou air conditionné pour les

hôtels, etc. Nous sommes plus que jamais ancrés dans la civilisation matérielle, dont F. Braudel (1979) a étudié l'émergence. Elle s'est même imposée dans des proportions inimaginables il y a quelques siècles.

Empruntons à cet auteur un exemple emblématique de cette explosion des volumes transportés et consommés. Le commerce de poivre était, au 16^e siècle, l'activité principale du port de Venise, qui était alors avec Lisbonne le plus grand port d'Europe. F. Braudel (1989) évalue à 2 000 tonnes par an la quantité de poivre qui entrait dans le port de Venise. En 2014, le port de Rotterdam, le plus grand d'Europe, a traité 440 millions de tonnes de marchandises. Les porte-conteneurs qui assurent les trafics intercontinentaux ont transporté, en 2014, 10 milliards de tonnes de marchandises, soit, par habitant de la planète, 1,3 tonne déplacée sur plusieurs milliers de kilomètres! Le fait de consommer de plus en plus de services n'implique pas une dématérialisation de nos modes de vie. Et comme les marchandises que nous consommons sont constituées de composants venus du monde entier, chaque objet que nous achetons a fait plusieurs milliers, et le plus souvent plusieurs dizaines de milliers de kilomètres avant d'arriver chez nous. Une hyper-mobilité qui touche aussi les voyageurs

→ *Vitesse et hypermobilité des voyageurs*

Selon l'économiste François Perroux (1961), la croissance économique se définit ainsi: l'accroissement d'un indicateur, comme le PIB, associé à des changements de structure. Ainsi, en période d'industrialisation, la productivité globale ne progresse que parce que des secteurs à forte productivité voient leur part relative augmenter dans le produit global. Il en va de même en matière de mobilité

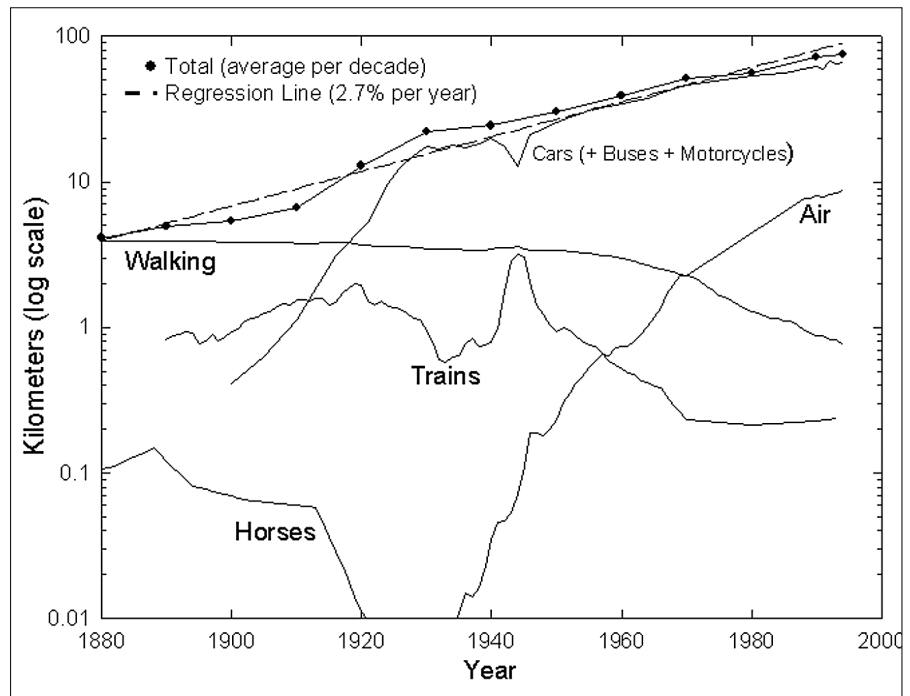


Figure 1: Evolution des distances parcourues en km par personne et par jour depuis 1800 aux Etats-Unis

Source : AUSUBEL J.H. & ALII

comme le rappelle le graphique ci-dessus qui résume l'évolution de la mobilité quotidienne des Américains de 1880 à 2000. Nous y observons une croissance régulière des distances parcourues (+ 2,7 % par an), très proche de celle du PIB par habitant pour la même période. Un Américain faisait 4 km par jour en 1880 contre près de 80 km aujourd'hui (Schäfer 2009). Cette multiplication par 20 a été possible parce que les modes rapides se sont progressivement substitués aux modes lents.

La constance de la croissance des distances suppose donc des changements structurels permanents. Si la distance moyenne parcourue par chaque Américain a pu progresser régulièrement, c'est parce que l'automobile a progressivement remplacé la marche à pied et les voitures à cheval. La mise en place d'un vaste réseau routier, puis autoroutier, a joué dans ce sens un rôle clé. Il ne suffit pas que les voitures soient capables de rouler vite pour que la vitesse de déplace-

ment augmente, il est encore nécessaire que les infrastructures de transport soient adaptées aux nouvelles capacités des véhicules.

Dans ce changement de structure permanent, l'obsolescence relative qui a frappé les chemins de fer au début du 20^e siècle est peut-être en train de toucher l'automobile.

→ *Le transport, une succession de vagues technologiques ?*

Dans de nombreux pays développés, les distances parcourues en voiture particulière n'augmentent plus. Non pas parce que la mobilité totale a diminué, mais parce qu'une partie des déplacements s'est reportée sur des modes plus rapides comme les trains à grande vitesse (TGV) ou les avions. S'il faut continuellement développer les modes les plus rapides, alors l'histoire des modes de transport pourrait être représentée comme une succession de vagues technologiques. A chaque nouvelle vague, un mode de transport nouveau verrait croître sa part de mar-

ché au détriment de la part de marché des autres modes, plus lents. Puis, ayant atteint un certain niveau de développement, ce mode cèderait à son tour sa place à un autre, plus rapide. Cette vision des choses est

Nous sommes plus que jamais ancrés dans la civilisation matérielle, dont Fernand Braudel a étudié l'émergence.

pourtant remise en cause aujourd'hui dans les politiques comme dans les pratiques de mobilité, des voyageurs comme des marchandises.

Limitation des vitesses et désenchantement de la mobilité

Les records de vitesse ont marqué l'histoire des transports. Les trains, les automobiles, les avions ont sans cesse accru leur vitesse maximale. En 1960, aux Etats-Unis, une automobile équipée d'un moteur d'avion a franchi le mur du son. Dès les années 1950, des avions supersoniques ont été expérimentés et transformés en avions commerciaux. Le premier vol du Concorde date de 1969. De 1979 à 2006, la SNCF a régulièrement amélioré son propre record de vitesse sur rail : 370 km/h en 1978 sur la nouvelle ligne Paris-Lyon; et 574,8 km/h, en avril 2007, sur la nouvelle LGV-Est. Récemment le « Linear Chuo Shinkansen », en construction au Japon, a dépassé les 600 km/h, et un projet futuriste nous annonce en Californie un véhicule baptisé « Hyperloop » qui dépasserait les 1000 km/h (*Revue Transports n°491*). Cette recherche de vitesse semble prolonger les progrès qu'a connus, par le passé, le secteur des transports. Ils ont permis une hausse très sensi-

ble de la vitesse moyenne de nos déplacements et des distances parcourues. Le temps passé quotidiennement dans les transports est aujourd'hui d'environ une heure par jour, comme il y a un siècle. Mais la distance franchie est beaucoup plus importante. Il est pourtant peu probable que cette tendance continue dans les décennies à venir. Il est plus logique d'envisager une asymptote. La stabilisation progressive de la vitesse moyenne des déplacements des voyageurs et des marchandises, que nous allons décrire dans les lignes qui suivent, représente donc un changement radical, une source de désenchantement de la mobilité.

→ Vitesse routière : la fin du « toujours plus »

En matière de vitesse, l'automobile illustre bien les limites du toujours plus. Sa vitesse moyenne, l'un des atouts essentiels qui lui a permis de devenir le mode de transport dominant, est de plus en plus limitée. La première remise en cause de la vitesse routière vient des exigences de sécurité routière. Pour obtenir ce grand succès de politique publique qu'a été, depuis 2002, une division par 2,5 du nombre de morts sur les routes, la France a mis en avant la nécessaire baisse des vitesses maximales autorisées, et leur respect. En 2006, la direction des routes du ministère des Transports a organisé, à Paris, un colloque intitulé : « La route autrement : comment concevoir des routes incitant à une conduite apaisée ? » Tout un programme ! La deuxième remise en cause est le fruit du succès même du transport routier de voyageurs et de marchandises et de sa consommation d'espace. En France, le réseau routier compte 1 million de kilomètres sur lequel circulent 40 millions de véhi-

cules dont 34 millions d'automobiles (le réseau allemand ne fait que 600 000 kilomètres pour plus de 50 millions de véhicules). Cela représente donc 40 véhicules par km de voirie, soit 20 dans chaque sens, un véhicule tous les 50 mètres ! Mais, comme la majorité du trafic se fait sur 10 % du linéaire, la densité potentielle est très forte sur les axes majeurs. La voiture se heurte donc au fait qu'elle est une grande consommatrice d'espace pour rouler et pour stationner (*voir dans ce numéro l'article de F. Héran*). Comme la route est aussi de plus en plus nécessaire au transport de marchandises, tant en urbain qu'en interurbain, elle doit être partagée entre automobiles et véhicules utilitaires. Les automobilistes doivent de plus en plus caler leur vitesse sur les véhicules les plus lents !

→ La relation paradoxale entre vitesse et débit

Il en résulte une congestion croissante sur les routes, notamment en milieu urbain. Il ne faut pas chercher ailleurs le fait que les élus des grandes villes, toutes tendances politiques confondues, sont aujourd'hui inquiets des effets pervers de toute nouvelle infrastructure routière en zone urbaine. Mais la congestion routière sévit aussi dans les déplacements interurbains. La France est peu marquée par ce phénomène, mais il est massif en Grande-Bretagne, aux Pays-Bas et en Allemagne. Il s'est développé récemment en Chine¹. Et cela alors même que le programme de construction de routes et d'autoroutes donnera bientôt à la partie Est de ce pays la même densité en infrastructures routières que celle qui prévaut en Californie ! La troisième remise en cause de la vitesse nous vient des ingénieurs de trafic qui ont, depuis plusieurs

années, montré qu'il existait une relation paradoxale entre vitesse et débit. La courbe débit-vitesse (voir figure 2) révèle une relation non linéaire entre ces deux variables. En partant d'une vitesse initiale très élevée, à droite du graphique, l'accroissement du débit suppose de réduire la vitesse. Puis, une fois un certain seuil franchi, la vitesse et le débit diminuent de concert. A l'extrême gauche de la figure, la densité est maximale mais le débit est nul. Ce n'est plus une route, mais un parking! Ainsi, plus il y a de véhicules sur une route, plus il faut réduire la vitesse pour faire passer le flux. La vitesse optimale n'est pas la vitesse maximale sur l'infrastructure ni même la vitesse maximale autorisée. Ainsi, sur une autoroute à deux fois deux voies, le débit maximal correspond à une vitesse d'environ 70 km/h. C'est la raison pour laquelle une régulation des vitesses est de plus en plus souvent pratiquée en période de pointe. L'intérêt général (maximiser le flux) ne coïncide donc pas avec l'intérêt particulier (accroître la vitesse), ce qui contribue fortement au désenchantement de l'auto-mobilité. Le conducteur, qui dispose d'un véhicule capable de rouler à 180 ou à 200 km/h (compteur), est d'abord contraint par une vitesse maximale autorisée de 130, 110 ou 90 km/h (sécurité) et ensuite soumis à une règle de 70 km/h qui maximise le débit (congestion) quand il n'est pas limité à 20 ou à 25 km/h parce qu'il est en zone urbaine ou en heure de pointe. La démocratisation de l'automobile rend inaccessible le rêve d'un accroissement de la vitesse. Lorsque la grande majorité des ménages est équipée d'une voiture, ou plus, la vitesse routière diminue mécaniquement. A ces raisons techniques, peuvent aussi s'ajouter des raisons éner-

gétiques et environnementales, car la consommation de carburant augmente plus vite que la vitesse. Il existe là aussi une vitesse optimale, celle qui correspond à la plus faible consommation de carburant, et donc aux plus faibles émissions polluantes. Cette vitesse optimale est, pour les voitures, d'environ 80 km/h pour les moteurs à essence et de 90 km/h pour les diesels. Les périodes de pic de pollution obligent donc à réduire les vitesses autorisées.

→ L'émergence du «slow streaming»

Ces exigences écologiques rejoignent les contraintes économiques, surtout lorsque le prix des carburants augmente. C'est ainsi que de nombreux transporteurs routiers de marchandises ont réduit la vitesse maximale de leurs camions à 80 ou à 90 km/h afin de réduire les coûts de l'énergie. Cette optimisation ne change pas beaucoup les temps de parcours et donc ne réduit pas la pertinence des transports routiers de marchandises. Pour une distance de 100 km (la distance moyenne d'un transport par camion), une baisse des vitesses de quelques km/h ne change que de quelques minutes le temps de parcours. Ce qui

signifie, symétriquement, que la hausse des vitesses produit des gains modestes, alors que les coûts en carburant augmentent sensiblement. Le même raisonnement a été appliqué par les compagnies maritimes qui transportent les conteneurs d'un continent à l'autre. Il y a quelques années, l'objectif affiché pour la vitesse de ces mastodontes des mers était de 25 nœuds. Pour cela, des progrès étaient nécessaires sur les motorisations et les hélices (plus de 10 m de diamètre), les deux éléments les plus coûteux des porte-conteneurs. Suite à la soudaine baisse des trafics de la fin de l'année 2008, s'est ainsi développé le «slow streaming». La vitesse moyenne a été ramenée à 18 nœuds, car cela divise par deux la consommation de carburant et évite les surcoûts qu'impliqueraient la présence de deux moteurs et de deux hélices. Au grand dam des ingénieurs, les économistes ont pointé du doigt le coût de la vitesse. Ils ont été entendus. Le temps de transport entre l'Asie et l'Europe a ainsi augmenté de quelques jours mais, avec l'accroissement de la taille des navires, le «slow streaming» a permis de baisser de plus de 20% le coût du transport d'un conteneur de la Chine à

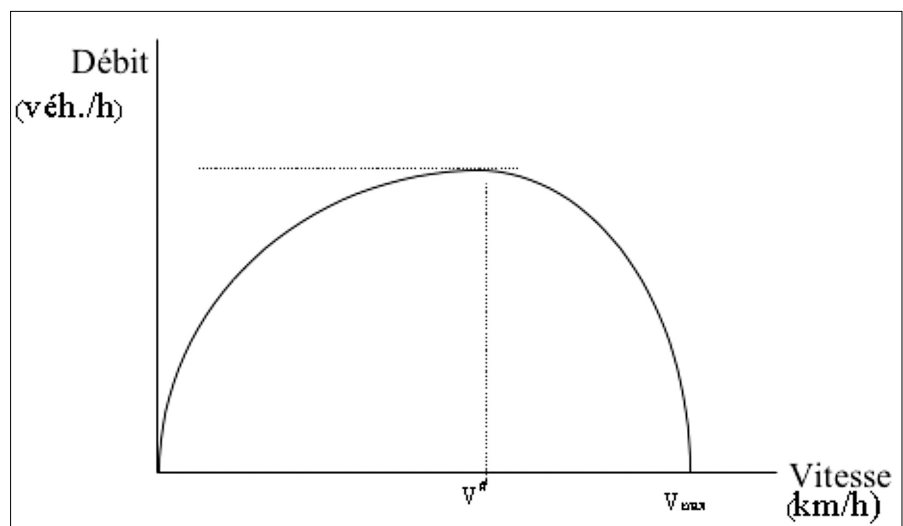


Figure 2 : La courbe débit-vitesse

l'Europe. Là aussi, il existe donc une vitesse optimale, celle qui minimise les coûts. A partir d'un certain seuil, les gains de vitesse se font à coûts croissants. C'est aussi le cas pour les modes rapides.

→ Les limites de la très grande vitesse aérienne et ferroviaire

Le dernier vol du Concorde a eu lieu le 24 octobre 2003. Était-ce la fin de l'ère supersonique pour l'aviation commerciale? Certains ingénieurs et entrepreneurs pensent que non, notamment des firmes comme « Aerion » et « Spike » qui souhaitent relancer cette activité. Lors de la rencontre annuelle « Aviation 2014 », organisée chaque année par l'American Institute of Aeronautics and Astronautics, la NASA a ainsi présenté des projets montrant que les vols supersoniques commerciaux pourraient reprendre dans les quinze prochaines années².

Le problème avec ce type d'annonce est qu'elle est une sorte de « marronnier » pour reprendre une expression du monde des médias. Un sujet qui revient à date fixe, mais qui constitue plutôt un leurre qu'une information. Outre la question du bruit lié au franchissement du mur du son, le renouveau du transport supersonique se heurte, en effet, à un problème simple : son coût généralisé est infiniment supérieur au coût généralisé de l'aviation subsonique, sauf pour des valeurs du temps très élevées. C'est ce que montre la figure 2. En 2003, un aller-retour en Concorde de Paris à New York coûtait 11000 euros, soit au moins 15 fois plus cher qu'un vol classique pour une durée seulement deux fois moindre. Comme on le voit ci-dessous, le coût généralisé du vol supersonique ne devenait inférieur à celui du vol subsonique que pour une valeur du temps de 50 euros par

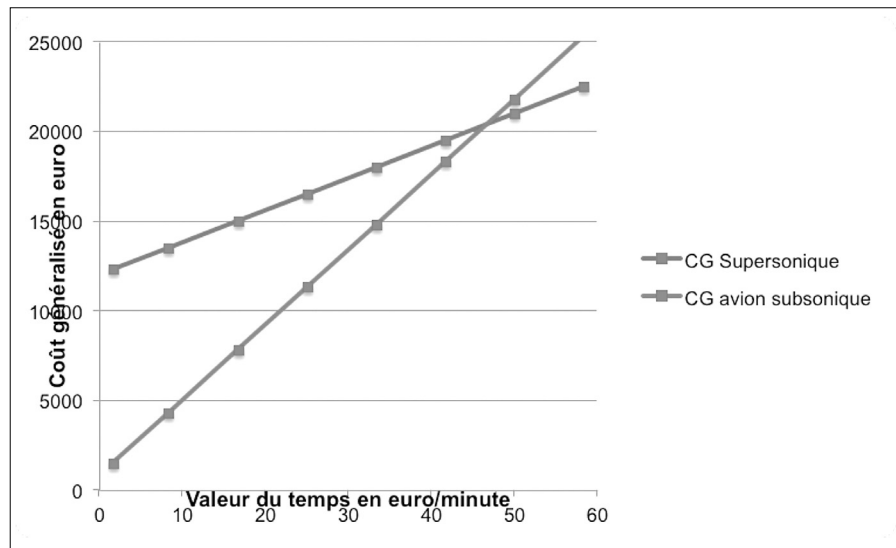


Figure 3 : Vitesse physique et vitesse généralisée en fonction de W/ks

minute, 3000 euros de l'heure! De ce fait, l'aviation commerciale supersonique ne peut intéresser qu'une infime minorité de clients, sauf à réduire très fortement le différentiel de prix.

Comme pour les porte-conteneurs, les gains de vitesse des avions sont techniquement possibles, mais la consommation d'énergie augmente plus vite que la vitesse, et les coûts atteignent vite des niveaux exorbitants. Il est donc possible que l'aviation supersonique soit relancée, mais elle restera une activité de niche, car le transport aérien, comme l'automobile, s'est démocratisé. Le phénomène low cost est beaucoup plus important que le retour éventuel de vols supersoniques commerciaux. Il ne faut pas confondre le fait qu'une technique fonctionne et sa large diffusion.

→ La recherche de vitesse, une source d'inégalités

Comme nous l'avons déjà expliqué dans cette revue (*Revue Transports n°491*), la hausse des vitesses physiques est problématique lorsqu'elle se traduit par une baisse de la vitesse généralisée du fait de la hausse des coûts. La pertinence d'un mode de transport et ses potentialités de développement ne dépendent que

très partiellement de la vitesse. Ce qui importe est l'évolution du coût du transport par rapport à l'évolution du revenu. Il n'est pas possible d'affirmer, comme le faisait I. Illich (1973), que la recherche de vitesse est toujours une source de coût et d'inégalités sociales. Mais il avait raison de dire qu'il existe toujours un seuil à partir duquel les gains de vitesse ne peuvent profiter qu'à une minorité.

Repenser la relation entre progrès technique et mobilité

C'est d'autant plus vrai lorsque l'on raisonne en termes de vitesse généralisée sociale, en intégrant les coûts des nuisances et les dépenses publiques nécessaires au développement de la très grande vitesse. Sans même parler de projets futuristes comme « Hyperloop », nous avons ainsi montré pourquoi certains projets de lignes à grande vitesse (LGV) ne sont pas souhaitables du fait du haut niveau de subventions qu'ils supposent. Pour évaluer la pertinence des gains de vitesse, il faut donc se concentrer non pas sur l'aspect technique des choses, mais sur les variables économiques.

L'idée que nous entrons dans un

monde fini a dominé la scène à la fin de l'année 2015, lors de la tenue, à Paris, de la COP 21. La transition écologique et énergétique nous annonce que nous allons devoir réduire de façon significative notre empreinte sur l'environnement et nos prélèvements sur les énergies fossiles. Face à cette exigence, et afin de ne pas inquiéter, est souvent développée l'idée d'une « croissance verte ». Une telle expression se veut teintée d'optimisme, mais un minimum de réflexion révèle que les choses ne sont pas si simples. La croissance verte suppose, en effet, de multiplier les investissements destinés, entre autres, à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à produire des énergies renouvelables, à diminuer les nuisances que constituent la pollution de l'air, le bruit, la production de déchets, etc. Mais tout cela a un coût. De même que les gains de vitesse ne peuvent se faire « à tout prix », la transition énergétique ne doit pas conduire à un trop fort alourdissement du processus productif. Prenons l'énergie : le développement du solaire et de l'éolien, sources intermittentes et aléatoires, suppose qu'un double investissement soit opéré. D'autres centrales énergétiques doivent être construites ou entretenues pour les périodes sans vent et/ou sans soleil. Cela signifie que l'énergie va coûter de plus en plus cher. Le meilleur investissement réside dans les économies d'énergie, pas dans la multiplication des centrales. Le niveau actuel très faible des prix du pétrole ne doit pas nous induire en erreur. Les coûts de l'énergie vont croître dans les années à venir, plus vite que le revenu. Un tel scénario renvoie aux débats actuels sur la « stagnation séculaire ». Que signifie cette hypothèse dans le champ de la mobilité ? En quoi sommes-nous entrés dans un monde fini ?

→ **Vitesse généralisée et ralentissement de la croissance économique**

L'intérêt de la notion de vitesse généralisée (F. Héran 2009, Y. Crozet 2013) est de montrer que la recherche de vitesse physique conduit à un résultat négatif si le coût de la vitesse augmente plus vite que le revenu. Plus précisément, même si la vitesse est infinie, la vitesse généralisée évolue comme l'inverse du rapport k/W , le coût du kilomètre rapporté au revenu horaire. Le rapport clé est donc W/k . En passant à la vitesse généralisée sociale, on substitue au coût privé (k) le coût social (ks) qui prend en compte, en sus des coûts privés, les coûts externes et les subventions publiques. Sur cette base, il est possible, comme dans la figure 3, de montrer comment évolue la vitesse généralisée par rapport à la vitesse physique, en fonction de l'évolution du rapport W/Ks , l'indicateur du pouvoir d'achat de la collectivité pour un km à une vitesse donnée.

L'intérêt de cette figure réside dans la première bissectrice. Elle montre que pour que la vitesse généralisée sociale varie dans la même proportion que la vitesse physique, W/ks , le pouvoir d'achat de la vitesse, doit croître au même rythme que cette dernière. Or la croissance économique connaît un ralentissement tendanciel dans les économies industrialisées auquel il n'est pas possible d'échapper du fait justement de l'alourdissement du processus de production (de plus en plus de capital est nécessaire pour une production donnée). Il est donc très peu probable qu'à terme nous suivions la trajectoire de la première bissectrice. C'est encore plus évident pour les deux droites situées au-dessus de la première bissectrice. Elles correspondent au rêve de ceux qui pensent que nous

pourrons tous, un jour, nous déplacer à 500 ou à 1 000 km/h. Mais ce rêve se heurte au coût croissant de la mobilité : infrastructures, énergie, nuisances, sécurité et sûreté... Les coûts sociaux de la vitesse rendent très improbable le scénario d'une hyper-mobilité fondée sur la très grande vitesse pour tous. Compte tenu des contraintes rappelées ci-dessus, nous sommes à la fin d'une époque, celle où les gains de vitesse

L'obsolescence relative qui a frappé les chemins de fer au début du 20^e siècle est peut-être en train de toucher l'automobile.

pouvaient s'accompagner d'une hausse tendancielle du pouvoir d'acheter de la vitesse.

→ **Une baisse du pouvoir d'achat de la mobilité ?**

Avec une croissance économique ralentie, les prochaines décennies vont plutôt se caractériser, d'une part, par une faible croissance de W/ks , car le coût de la mobilité (au dénominateur) va augmenter et, d'autre part, car le numérateur, comme le revenu national, progressera peu. Nous pourrions même être confrontés dans certains secteurs à une baisse du pouvoir d'achat de la mobilité et donc à une baisse de la vitesse généralisée, comme le montre la droite située tout en bas de l'éventail des évolutions possibles. Plus probablement, nous allons connaître une stabilité ou une croissance modeste du rapport W/ks . Les gains de vitesse physique sont alors difficilement traduits en amélioration de la vitesse généralisée. C'est pour cela que des services de transport comme l'autocar ou le covoitu-

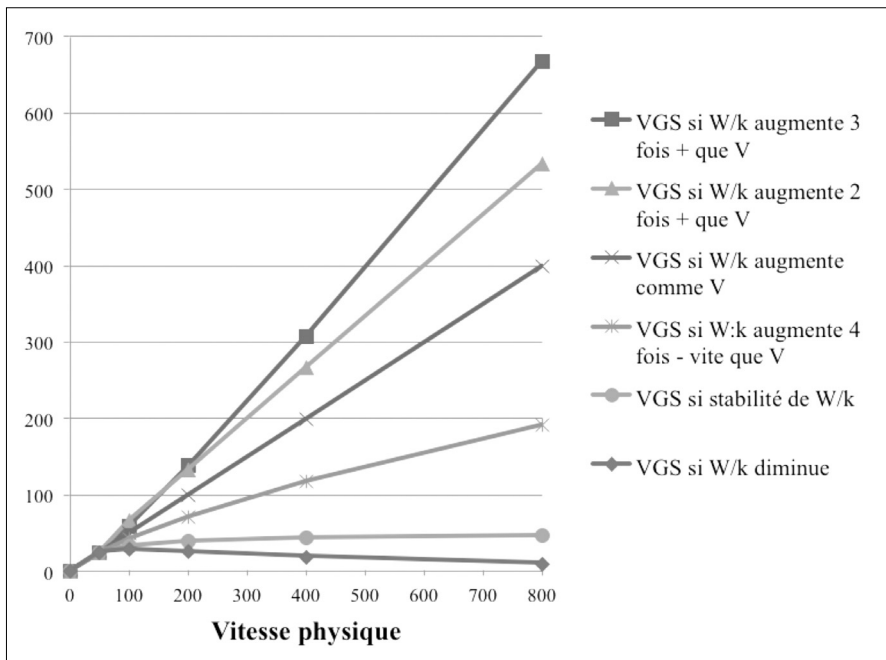


Figure 4 : Vitesse généralisée sociale en fonction de la vitesse physique et de W/k

rage, beaucoup plus lents que l'avion et le TGV, connaissent un retour en grâce (Y. Crozet 2015).

→ Ne pas confondre vitesse et progrès technique

Voilà donc ce que signifie un monde fini. Non pas, comme on l'entend parfois, un monde de pénurie, celui de la « dernière goutte de pétrole » ou de l'épuisement des ressources naturelles et autres terres rares. Mais, plus simplement, comme les économistes l'ont expliqué depuis deux siècles : un monde qui doit affronter, génération après génération, la question des rendements décroissants.

Or, sur ce thème, ces mêmes économistes, et les plus brillants, se sont souvent trompés par excès de pessimisme. Le grand David Ricardo lui-même craignait que le boom économique britannique lié aux guerres napoléoniennes ne débouchât très vite sur un état stationnaire. Pendant la crise des années 1930, Alvin Hansen évoquait un inévitable ralentissement de la croissance, car le progrès technique s'épuisait. Les Trente Glorieuses

nous ont fait oublier que la grande inquiétude de nombreux économistes au sortir de la guerre était, déjà, la « stagnation séculaire » et le retour au chômage de masse (Sweezy 1943).

→ La « stagnation séculaire », une menace potentielle

Défions-nous de ceux qui tiennent aujourd'hui le même type de discours. Le ralentissement de la croissance économique est une tendance logique dans les économies industrialisées. La Chine l'illustre aujourd'hui après trente années de boom économique. Le Japon a connu la même évolution il y a quelques décennies. La « stagnation séculaire » est une menace potentielle. Ce n'est pas le seul scénario possible ni même le plus probable si l'on prend soin de favoriser les progrès techniques qui augmentent la productivité plutôt que ceux qui alourdissent le processus de production. La demande potentielle reste gigantesque à l'échelle mondiale. S'il est extrêmement naïf de croire que nous allons revenir aux Trente Glorieuses³, il n'en

reste pas moins que les gains de productivité restent une réalité. Mais ils ne gisent pas que dans les véhicules et leur vitesse.

Dans la comptabilité nationale, la branche des transports se trouve dans la catégorie des services. Or, quand nous parlons des transports, nous pensons surtout aux biens, qu'il s'agisse des objets transportés mais surtout des véhicules de transport. Ce biais explique les raisons pour lesquelles les recherches sur l'innovation dans les transports s'intéressent d'abord au vecteur : le train, le camion ou l'avion. Ceux-ci ont connu des progrès décisifs, et ils en connaissent encore, mais ils portent sur des dimensions oubliées.

Prenons un exemple. Une automobile de 2015 comporte, par rapport à une automobile des années 1980, des innovations extrêmement nombreuses et radicales qui se sont traduites par une baisse tendancielle des coûts des véhicules, laquelle n'a pas empêché l'amélioration continue de la qualité. Qu'il s'agisse de la motorisation, du freinage, de l'électronique embarquée, de la sécurité, des accessoires, etc., les progrès accomplis sont spectaculaires. Ils ont mobilisé des milliers de chercheurs et ont provoqué le dépôt de milliers de brevets.

L'automobile a connu plus d'innovations au cours des trente dernières années que dans le demi-siècle précédent. Pourtant, l'idée reçue circule selon laquelle l'automobile d'aujourd'hui a finalement peu changé en cinquante ans. Ce sentiment fallacieux est à rattacher au fait que la vitesse des véhicules, la maximale affichée au compteur, comme la moyenne, affichée sur l'ordinateur de bord (encore une innovation !) a peu changé. La seconde ayant même un peu diminué au cours des dernières années.

→ **Permanence et rapidité
de diffusion de l'innovation**

Cette polarisation sur la vitesse est une erreur de perspective. Chaque mode, pour les raisons que nous avons détaillées, est doté d'une vitesse maximale, ou plutôt optimale, qu'il ne peut pas repousser beaucoup dans les conditions d'usage commercial. Les avions de ligne ne peuvent s'approcher trop près du mur du son. La vitesse de croisière des TGV ne dépassera sans doute pas, ou peu, les 350 km/heure. Les vitesses sur les routes et sur les autoroutes ne sont pas appelées à augmenter. Les gains de vitesse, aujourd'hui, ne se font donc pas à l'intérieur d'un mode, mais par substitution d'un mode rapide à

un mode plus lent. On peut bien sûr souhaiter que de nouveaux modes plus rapides apparaissent : train à sustentation magnétique, avion hypersonique, navette spatiale touristique... Nos petits-enfants ou leurs descendants verront peut-être cela et décriront ces nouvelles épopées semblables à celles du chemin de fer. Mais croire que c'est là que résidera l'essentiel de l'innovation dans les transports relève du fétichisme technique attaché à la vitesse.

Les innovations majeures dans les transports sont aujourd'hui celles qui vont améliorer non pas tant la vitesse de déplacement que la qualité et la régularité du service, tout en en réduisant le coût. Dans un

monde fini, les innovations doivent d'abord viser cet objectif, réduire les coûts individuels et collectifs de la mobilité. C'est pourquoi les compagnies aériennes low cost, le covoiturage ou les autocars sur autoroutes font plus pour échapper à la stagnation séculaire que les projets futuristes du type « Hyperloop ». Il y a donc bien une permanence de l'innovation dans les transports et une rapidité de diffusion très supérieure à celle des siècles passés. Mais il faut, pour le comprendre, ne pas se polariser sur les seuls gains de vitesse. Comme nous sommes déjà à un point haut, nous ne pouvons espérer de progrès notables pour la majorité de nos déplacements. Du fait de la démocratisation de modes de transport comme l'automobile ou l'avion et d'une mobilité qui se fait de plus en plus en zone dense, nous sommes même confrontés à des innovations importunes. Réglementaires, tarifaires ou fiscales, elles sont un des facteurs du désenchantement. Mais elles n'en constituent pas moins des innovations opportunes, celles dont nous avons besoin pour que l'accès aux moyens modernes de déplacement ne soit pas un rêve, mais une réalité pour les milliards d'humains qui peuplent la Terre. ■

(1) *Il y a quarante ans, Joe Dassin chantait : « Ils ont tout pavé pour faire le grand parking. On peut se garer, des quais de Quimper jusqu'en Chine. »*

(2) <http://www.gizmag.com/supersonic-passenger-aircraft-revival/32600/>

(3) K. Berger et V. Rabaut, « Les Trente Glorieuses sont devant nous » (Fayard, 2011). Le contenu comme la couverture (un avant de DS Citroën !) renvoient plus aux mythologies de R. Barthes qu'à un véritable exercice de prospective.

Bibliographie

- AUSUBEL J.H., C. MARCHETTI, P.S. MEYER, (1998), *Toward green mobility: the evolution of transport*, European Review, Vol. 6, N. 2, pp.137-156.
- BELL D., 1974, *The Coming of Post-Industrial Society*. New York: Harper Colophon Books.
- BRAUDEL F., 1979, *Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe- XVIIIe siècle*. – Paris, Armand Colin, 3 volumes .
- BRAUDEL F., 1989, *Le modèle italien*, 1989, Arthaud.
- Commission des Comptes des transports de la nation, 2015.
- CROZET Y., 2015, « Maglev (603 km/h), Hyperloop (1100 km/h)... Vers un « retour sur terre » de la très grande vitesse ? » in revue Transport n°491, Mai-Juin, pp 5-15.
- CROZET Y. 2014, *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, 222p.
- CROZET Y. ; 2013, *Mobilité 21 : à la recherche des fondements méthodologiques des nouvelles priorités de la politique des transports*, in revue Transport n°481, Septembre-Octobre, pp 5-14.
- GORDON R.J., 2016, *The rise and fall of American growth: the US standard of living since the Civil War*, Princeton NJ and Oxford, Princeton University Press.
- HANSEN A.H., 1939, *Economic progress and declining population growth*, American Economic Review, 29, March n°1, 1-15.
- HERAN F., 2009, *A propos de la vitesse généralisée des transports, un concept d'Ivan Illich revisité*, Revue d'économie régionale et urbaine, A. Colin, 2009-3, Juillet, pp.449-470.
- ILLICH I., 1973, *Energie et équité*, Le Seuil, 60 pp.
- NIVEAU M. & CROZET Y., 2007, *Histoire des faits économiques*, Paris, PUF.
- PERROUX F., 1961, *L'économie du XXe siècle*, Presses Universitaires de Grenoble, 814 pages.
- SCHÄFER A., HEYWOOD J., JACOBY H., WAITZ I. (2009): *Transportation in a Climate-Constrained world*, MIT Press, 329 p.
- SWEEZY A., 1943, "Secular stagnation?" in S.E. Harris (Ed.), *Post-War economic problems*, New York and London, McGraw-Hill, 67-82.
- TOURAINE A., 1969, *La société post-industrielle. Naissance d'une société*, Denoël, Paris.
- VELTZ P., 2015, *La société hyperindustrielle et ses territoires*, Revue Futuribles n°409, Décembre.