

2010

Forum International des Transports 2010

TRANSPORT ET INNOVATION

Libérer le potentiel

6

DOCUMENTS DU FORUM



Forum
International
des Transports

**LES FORCES MOTRICES DE L'INNOVATION
DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS**

Yves CROZET



OCDE

Les opinions exprimées dans ce document sont celles des auteurs et ne devraient pas être interprétées comme celles du Forum International des Transports ou de ses membres.

Le Forum International des Transports est un laboratoire d'idées stratégiques pour le secteur des transports. Chaque année, il réunit des Ministres de plus de 50 pays, des décideurs politiques de haut niveau ainsi que des experts du secteur privé, de la société civile et de la recherche, dans le but d'aborder les questions primordiales du domaine des transports. En tant qu'organisation intergouvernementale au sein de l'OCDE, le Forum a pour objectif de dessiner les orientations de la politique des transports et d'assurer que celle-ci contribue à la croissance économique, à la protection de l'environnement, à l'inclusion sociale et à la préservation de la vie humaine et du bien-être social.

Ce document a été produit dans le cadre du Forum International des Transports 2010, qui aura lieu du 26 au 28 mai à Leipzig, en Allemagne, et qui portera sur le thème : «*Transport et Innovation : Libérer le Potentiel* ».

Pour plus d'informations, veuillez consulter :
www.internationaltransportforum.org/2010/indexfr.html.

Introduction générale

La croissance économique est la caractéristique majeure des économies et des sociétés développées. L'actuelle crise économique nous le rappelle à sa façon, brutale ! Dès que la croissance économique se tarit, les effets négatifs se multiplient tant pour les firmes que pour les ménages, au point que les Etats doivent intervenir massivement comme le montre la progression rapide des déficits publics. Aussi, le retour de la croissance économique est souhaité par tous et la nécessité d'une croissance durable ne renvoie pas seulement aux questions environnementales. Si la croissance doit être plus respectueuse des contraintes environnementales, elle doit aussi garantir une augmentation tendancielle des niveaux de production et de productivité.

Les gains de productivité sont la condition d'une croissance économique qui ne soit pas qu'extensive, consécutive au seul accroissement de la quantité des facteurs de production (Domar, Harrod, Kaldor). Le progrès technique, et les gains de productivité qu'il permet, joue donc un rôle crucial. D'abord car il assure la poursuite de l'enrichissement général. Ensuite car il contribue à répondre aux exigences environnementales d'une croissance économique qui doit réduire drastiquement ses impacts environnementaux. Enfin car par là même, il est la condition d'un traitement équitable des questions sociales qui forment la troisième composante du développement durable. Rappelons ici, d'emblée, que si le rapport Brundtland a tellement insisté sur le caractère indissociable des composantes économiques, écologiques et sociales du concept de durabilité, c'est pour se démarquer des thèses qui promouvaient dans les années 1970 la croissance zéro (Georgescu-Roegen 1979). Pour les mêmes raisons, nous devons nous défier de l'idée selon laquelle la décroissance serait à même de répondre à la triple exigence de la durabilité.

Cependant, réaffirmer le rôle clé de la croissance économique et du progrès technique n'est qu'une première étape, une façon d'évacuer quelques fausses pistes. Pour autant, gardons-nous d'en rester à un optimisme béat sur les capacités de la science et de la technologie. L'une et l'autre jouent déjà, et joueront encore un rôle clé dans les années à venir. Mais la façon dont elles vont, à travers les innovations, contribuer à soutenir et redéfinir la croissance n'est pas écrite. Le secteur des transports en est une illustration majeure. Comme nous allons le montrer dans les pages qui suivent, les innovations ont joué et jouent encore un rôle clé dans le secteur des transports. Mais notons immédiatement que parler de force motrice de l'innovation dans le secteur des transports renvoie à deux points de vue distincts même s'ils sont reliés entre eux.

- Le premier consiste à chercher en quoi le secteur des transports a été et sera un moteur du progrès technique et de la croissance, donc un facteur clé pour l'amélioration du bien-être des générations passées et futures.
- Le second vient en quelque sorte en amont du précédent. Si les progrès dans les transports jouent un rôle favorable à la croissance économique, alors, quels sont les mécanismes qui peuvent favoriser le progrès technique dans le secteur des transports ?
- Ces deux interrogations sont évidemment liées. Nous les aborderons donc conjointement mais en rappelant leur caractère distinct en suivant une approche chronologique mixant histoire et analyse économique (Crozet 1989).
- La première partie de ce papier s'intéressera donc à l'évolution du regard porté par les historiens et les économistes sur les forces motrices de l'innovation dans le secteur des transports. L'accélération des progrès techniques dans les transports au XIX^{ème} siècle a été si nette que beaucoup lui ont donné un rôle moteur dans le décollage économique

(Rostow). Les économistes notamment se sont longuement penchés sur le progrès technique, ses fondements et ses implications, jusqu'à lui donner, en seconde analyse, un statut endogène dans le processus de croissance économique. Une situation qui est sans doute à l'origine du sentiment selon lequel les grandes avancées techniques seraient, dans le secteur des transports, plutôt derrière nous que devant nous.

- Forts des enseignements de l'histoire et de l'analyse économique, mais circonspects sur ce que nous réservent les années et décennies à venir, nous nous interrogerons ensuite sur les formes et les contenus des innovations qui, au cours du XXI^{ème} siècle, pourraient caractériser le secteur des transports. Pour qu'il continue à jouer un rôle clé au service de la croissance économique, quelles sont les mesures les plus appropriées pour les politiques publiques ? Quelles innovations sont les plus probables, les plus nécessaires ? Comment aider à leur émergence ?

1. Le progrès technique et les transports, du génie des inventeurs au processus collectif d'innovation

Dans les années 1950-60, lorsque l'auteur de ces lignes était encore un enfant, l'an 2000 faisait rêver. Les bandes dessinées et les romans de science fiction nous laissaient entrevoir un monde d'hypermobilité en trois dimensions. Les « scooters volants » et autres « autoroutes virtuelles » nous étaient présentés comme la suite logique des progrès qui avaient marqué le XIX^{ème} et le premier XX^{ème} siècles. Cinquante 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 progrès techniques incrémentaux, sur lesquels nous ne pouvons plus fonder un quelconque espoir de progrès en général¹.

Ce que nous voulons montrer dans cette première partie est que ce point de vue reflète non pas la réalité mais une erreur d'analyse, ou plutôt une vision datée de ce qu'est le progrès technique. Sous l'influence des extraordinaires changements qu'a connus le XIX^{ème} siècle, notamment avec le développement des chemins de fer, nous continuons à considérer le progrès technique comme une affaire d'inventeurs et d'inventions, un phénomène exogène lié à des individus qui savent provoquer des ruptures (1.1). Or, la réalité qui prévaut aujourd'hui est celle des organisations où se développent de façon rationnelle, continue et endogène des innovations qui sont surtout le fruit de démarches collectives. Le progrès technique s'est institutionnalisé comme nous l'a appris Joseph Schumpeter, théoricien à la fois de la première et de seconde approche du progrès technique (1.2).

1.1 Les premiers âges de l'innovation dans les transports (Schumpeter 1)

C'est en 1912 (*The Theory of Economic Development*) que Joseph Schumpeter développe sa première analyse de l'innovation dans laquelle il donne un rôle clé aux individus, aux entrepreneurs. Ces personnes dotées de charismes particuliers savent mettre en œuvre à la fois des produits nouveaux et de nouvelles combinaisons dans les processus productifs. Dans le même ouvrage il souligne le caractère discontinu de l'innovation qui se développe en grappes, dans la lignée d'une innovation originelle majeure. A la source de ces innovations majeures, on trouve des personnalités exceptionnelles qui, souvent, ont su combiner la fonction d'inventeur et celle d'entrepreneur, clairement distinguées par Schumpeter. Cette idée d'innovations majeures,

1. Notons que c'est ce désenchantement qui fonde le plus souvent les idées à la mode sur la décroissance, volontiers associée à l'idée que nous sommes dans un monde « fini », à tous les sens du terme, ce qui est bien sûr une erreur de perspective. En leur temps, David Ricardo, mais aussi Joan Robinson et bien d'autres célèbres économistes s'étaient laissé convaincre que nous allions arriver à l'état stationnaire. Pour être moins célèbre, essayons d'être plus perspicace !

exogènes et discontinues est largement répandue. Elle fonde les analyses historiques qui mettent en avant les grandes vagues que constituent les différentes révolutions industrielles et se prolonge dans l'idée que nous allons connaître, et pourquoi pas dans les transports, une nouvelle révolution industrielle !

Cette logique de révolution industrielle et d'accélération du progrès technique trouve sa concrétisation dans l'épopée qu'a constituée, au XIX^{ème} siècle, le développement des chemins de fer. Elle est proprement fascinante et mérite d'être rappelée, dans le contexte d'accélération générale du progrès technique qui a marqué cette période (1.1.1). Mais il faut interroger cette notion d'accélération, tout comme nous devons nous pencher sur ce qu'a été la contribution des transports à ce phénomène nouveau qu'a été une croissance économique durable (1.1.2).

1.1.1. *Transport terrestre et transport maritime, quelques inventions clés du XIX^{ème} siècle*

Les chemins de fer sont sans doute la plus belle illustration des thèses de « Schumpeter 1 », de leur caractère « romantique » propre à enflammer les imaginations. Le rôle décisif, voire génial, de quelques individus est ainsi illustré par George Stephenson et son fils. Le premier fait circuler dès 1814 une première locomotive (la *Rapid*) pour tirer les chariots dans les mines de Killingsworth. Dès 1825, il met en circulation la première ligne ferroviaire pour les passagers (Stockton-Darlington, 39km). Puis, avec son fils il met au point la *Rocket*, qui atteint les 47km/heure et équipe, dès 1830, la ligne Liverpool-Manchester. A eux deux, ils créeront une entreprise florissante et feront des émules dans l'ensemble du monde (J. Brasseur).

* Une accélération historique dans le secteur des transports

Le développement du réseau ferroviaire est une autre composante de l'épopée ferroviaire. En quelques dizaines d'années, plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de lignes ferroviaires sont construits en Grande-Bretagne, mais aussi en France, en Allemagne, aux Etats-Unis... Chaque pays s'est lancé dans un vaste programme de construction qui a absorbé dans certaines périodes 5 à 7% du revenu national, soit la moitié de l'investissement total ! Les dépenses consenties pour ouvrir des lignes ferroviaires ont été très supérieures à celles qui prévalaient dans la construction des routes. Le passage du train, voulu « à tout prix », a nécessité la construction de ponts, le percement de tunnels que l'on n'aurait jamais imaginés pour la route et les diligences. Au point qu'au kilomètre, une nouvelle ligne ferroviaire coûtait jusqu'à 15 fois plus qu'une route !

Mais le jeu en valait la chandelle. Dans les termes modernes de l'analyse économique, ceux qui ont été développés à la même époque par Jules Dupuit (1844), ces investissements massifs étaient justifiés par l'importance du surplus qui en résultait. Issu de l'extension des aires de marché provoquée par la hausse très sensible des vitesses moyennes de déplacement, des personnes et des marchandises, ce surplus nous rappelle un mécanisme essentiel, celui des rendements croissants. Ce que permet le développement des transports et l'extension des aires de marché qui en découle, c'est le changement d'échelle de la production. **La première force motrice des innovations développées dans le secteur des transports est d'ouvrir la voie à une logique de rendements d'échelle croissants.** C'est une thématique largement développée aujourd'hui par l'économie géographique (P. Krugman, M. Fujita, J. Thisse) qui se garde bien de faire des transports le facteur moteur de la croissance mais qui souligne les relations logiques qui unissent progrès dans les transports et croissance économique globale.

Au XIX^{ème} siècle, la concomitance des progrès est manifeste. Ainsi, lors des guerres napoléoniennes, qui précèdent de peu l'avènement du chemin de fer, la vitesse de déplacement des armées n'était pas très différente de celle que connaissaient les légions de Jules César. Si on pouvait avec des chevaux peu chargés atteindre les 15km/heure, les marchandises et les hommes allaient, au sens propre, au pas. Aussi, en passant d'une vitesse moyenne qui ne

dépassait pas 5km/heure à des valeurs qui seront assez rapidement 10 fois plus fortes, toute l'économie en était transformée. Les villes, pour se nourrir, pouvaient s'approvisionner bien au-delà des zones traditionnellement dévolues à ce rôle. Symétriquement, les agriculteurs d'une région pouvaient, dès que le chemin de fer s'était approché d'eux, accroître une production qui touchait désormais une clientèle plus importante. Le touriste qui chemine en Suisse, en Autriche ou en France, et apprécie tant le charme de la campagne et des villages qui la peuplent, oublie que la prospérité des zones rurales, celle qui a donné sa forme réputée immémoriale à l'habitat, est généralement postérieure, et non pas antérieure, à l'arrivée des chemins de fer.

Cette extension des aires de marché ne se limita pas au territoire national. Le transport maritime a, lui aussi, dans la même période, connu des innovations majeures. D'abord avec la marine à voile grâce à la création, par les chantiers navals américains, des *clippers*, qui vont jouer un rôle clé dans le développement des échanges transatlantiques (coton, textiles, machines...). Moins rapidement que le ferroviaire, mais aussi sûrement, la navigation profite des pouvoirs de la machine à vapeur. Dès 1807, Fulton teste sur l'Hudson la propulsion à vapeur. L'hélice, qui va améliorer sensiblement la performance des vaisseaux, est « inventée » en 1832. Dès 1850, se développent les navires à coque métallique. Les *Steamships* vont progressivement s'imposer et au début des années 1880, leur part relative dans le trafic a dépassé celle des bateaux à voile. Un trafic total qui ne cesse de progresser, au rythme de celui des échanges internationaux. Au point que le XIX^{ème} siècle est celui de la première mondialisation. Le taux d'ouverture de pays comme la France et la Grande-Bretagne était avant la Première Guerre mondiale proche de celui que nous avons retrouvé à la fin du XX^{ème} siècle lors de ce que nous pourrions appeler la seconde mondialisation.

* Le rôle clé de la vitesse

On comprend donc pourquoi les contemporains ont eux-mêmes parlé d'accélération. Le fait de multiplier par 5 ou 10 les vitesses moyennes de déplacement constitue à proprement parler une révolution qui débouchera d'abord sur une circulation accrue des marchandises, une croissance spectaculaire des volumes échangés et produits. A l'origine de l'extension des aires de marché et de la mise en œuvre des rendements croissants qu'elle autorise, les gains de vitesse sont ainsi un des premiers moteurs de l'innovation dans les transports, surtout si vitesse rime avec fiabilité, régularité, fréquence. Le fait que des trains, mais aussi des navires relativement rapides, se soient mis à circuler de façon systématique entre zones de production et de consommation a modifié l'échelle du monde. Nous devrions en prendre conscience chaque matin en prenant un thé ou un café, voire un jus d'orange dont la matière première a parcouru des milliers de kilomètres.

L'autre changement majeur, pour lequel on peut parler d'accélération de l'histoire, est la mobilité des hommes. Comme pour les marchandises, l'amélioration de la vitesse, de la fiabilité et de la fréquence sont pour le transport de passagers les premiers moteurs de l'innovation. Qu'il s'agisse de l'exode rural, des migrations internationales ou de la colonisation, la nouvelle donne du système de transport bouleverse la répartition des hommes dans l'espace. De ce fait, en déplaçant la force de travail vers les zones et les activités les plus productives, les transports, par un effet de structure, contribuent aussi au développement de rendements d'échelle croissants. On retrouve là les enseignements de l'économie géographique mais aussi les recherches récentes qui tendent à privilégier les infrastructures de transport desservant les zones les plus denses, avec la plus haute productivité par tête (Venables)

Une mobilité facilitée pour les hommes ne change pas seulement les niveaux moyens de productivité. Elle signifie aussi une profonde mutation des modes de vie, à commencer par leur première composante, les niveaux de vie.

Car la particularité de cette période est que la croissance économique, c'est-à-dire la progression des quantités de biens et services disponibles par habitant, va devenir un phénomène durable. Les siècles antérieurs avaient connu des périodes fastes. Jean Gimpel n'a pas hésité à parler de révolution industrielle pour le Moyen-âge européen, dans les décennies qui ont précédé la grande peste du 14^{ème} siècle. Les périodes de réchauffement climatique, ou au contraire de refroidissement, avaient des impacts concrets sur l'état des récoltes et sur l'espérance de vie des populations (E. Leroy-Ladurie). Ce caractère réversible de l'enrichissement a disparu au XIX^{ème} siècle. La croissance est devenue un phénomène irréversible comme si un seuil avait été franchi. En étendant les zones de marché, en faisant passer la production du stade artisanal au stade industriel, les transports auraient joué un rôle clé dans ce phénomène permanent d'accélération. En ouvrant les horizons des hommes et des entreprises, grâce à la hausse des vitesses, les transports modernes, et notamment le chemin de fer, auraient créé un effet de cliquet. Une fois atteints certains niveaux de vie et de production, il devient très improbable de revenir en arrière. C'est même le contraire qui se manifeste sous forme d'un effet d'entraînement permanent. La croissance appelle la croissance car les progrès se répondent les uns les autres.

Ainsi, il est facile de mettre en relation le développement des chemins de fer et celui de l'industrie sidérurgique et métallurgique. A une époque où il fallait changer les rails tous les deux ans environ, le ferroviaire devient un marché qui va susciter des progrès sensibles dans la production de fonte (déjà 54kg par an et par habitant en Grande-Bretagne en 1840 !) mais surtout d'acier (le convertisseur Bessemer, le laminoir...). Cela a des répercussions également sur la production de charbon, laquelle est rappelons le à l'origine des premières locomotives, mais aussi des premières machines à vapeur comme celle de Newcomen, qui a précédé de plusieurs dizaines d'années celle de James Watt.

1.1.2. L'innovation dans les transports : un facteur majeur de croissance ?

Les économistes et les historiens ont développé de nombreuses explications de l'accélération observée au XIX^{ème} siècle, notamment avec l'avènement des chemins de fer. Il faut d'abord se rappeler que les années qui suivent les guerres napoléoniennes ne sont pas très favorables à la croissance économique. C'est à cette période que Ricardo développe son idée d'état stationnaire. L'activité ayant été artificiellement stimulée par les dépenses liées à la guerre, la loi d'airain des rendements décroissants allait reprendre ses droits, et ainsi limiter les possibilités de progression démographique. Une idée que développera un autre économiste classique « pessimiste », un certain Thomas Malthus. Les facteurs de production étaient dans cette optique inscrits dans un monde fini. Pourtant, au même moment, un autre économiste classique, le Lyonnais Jean-Baptiste Say, se montrait plus optimiste sur les possibilités d'une croissance durable, c'est à lui que le XIX^{ème} siècle a donné raison.

*** Les cliométriciens sèment le trouble**

Mais que s'est-il donc passé aux alentours des années 1820-1830 pour que l'on franchisse ce seuil qui conduit à faire de la croissance économique un phénomène irréversible et continu (ce qui ne veut pas dire régulier) ? Les interprétations varient. Certains mettent en avant le développement du commerce international, qui aurait été un puissant facteur d'accroissement des niveaux de production. D'autres insistent sur les progrès techniques et sur le rôle moteur des transports et notamment du chemin de fer (F. Caron). Une telle insistance à mettre en avant un facteur clé a évidemment interpellé les cliométriciens, ces économistes qui veulent faire de l'histoire économique une discipline essentiellement gouvernée par les catégories de l'analyse économique et la possibilité de tests statistiques sur des bases de données.

Ils se sont ainsi intéressés, pour la rejeter, à l'hypothèse du rôle clé du commerce extérieur. Pour eux, qui raisonnent plutôt dans un cadre de rendements constants, cela n'aurait été possible que si l'on se trouvait alors en situation chronique de sous-utilisation des capacités de production ce qui n'était pas le cas dans un monde encore largement marqué par la pénurie. Dans le même ordre d'idées le chef de file des cliométriciens, Robert Fogel (Prix Nobel d'économie) s'est attaqué à la thèse du rôle moteur des transports et notamment des chemins de fer. Développant une logique d'histoire « contre-factuelle », il s'est efforcé de modéliser ce qu'aurait pu être la croissance économique du XIX^{ème} siècle s'il n'y avait pas eu G. Stephenson et ses émules. Il l'a fait en mobilisant les méthodes par ailleurs éprouvées de la mesure des contributions des différents secteurs d'activité à la croissance économique. Ainsi, que se serait-il passé si nous n'avions pas eu les baisses de prix relatifs et la hausse des vitesses permises par la révolution des chemins de fer ? En termes économiques modernes, que se serait-il passé au XIX^{ème} siècle si les coûts généralisés de transport étaient restés au niveau alors autorisés par la route, la navigation intérieure et la marine à voile ?

La réponse apportée par R. Fogel a été simple mais inattendue. Pour lui, le rôle des chemins de fer est finalement marginal. Sans eux, la croissance économique n'aurait pas été très différente. Les marchandises se seraient déplacées plus lentement, les progrès des niveaux de vie n'auraient sans doute pas été répartis dans l'espace de la même façon. Mais cela n'aurait été que secondaire. L'essentiel de sa démarche visait à montrer que les chemins de fer sont essentiellement un facilitateur mais qu'ils ne peuvent expliquer le phénomène clé : l'accroissement des capacités de production dans l'agriculture et l'industrie. Rapprocher les zones de production des zones de marché ne change pas fondamentalement la donne si les capacités de production ne progressent pas. Fidèles à une analyse économique tournée vers l'offre, les cliométriciens ont voulu montrer que l'offre de chemin de fer n'est qu'une part modeste de la révolution globale de l'offre qu'a connue le XIX^{ème} siècle.

C'est peu dire que le travail de R. Fogel a défrayé la chronique. De nombreux historiens et économistes (P. Chaunu, B. Rosier, P. Dockès) se sont élevés contre le principe même d'une histoire contre-factuelle. Des hypothèses de travail aussi irréalistes que la disparition dans la modélisation d'un acteur clé du XIX^{ème} siècle, les chemins de fer, a fini de sceller la brouille entre économistes (cliométriciens ?) et historiens.

*** Sortir du fétichisme de l'innovation**

D'une certaine façon, les résultats de R. Fogel constituent aussi un défi pour nous. En attribuant un rôle secondaire aux chemins de fer au cours du XIX^{ème} siècle, ne remettent-ils pas en cause l'intérêt même qu'il y aurait à rechercher les forces motrices de l'innovation dans les transports. Si ces innovations n'ont finalement qu'un impact mineur, pourquoi s'en soucier ? La question est d'importance, non pas parce qu'elle rend inutile notre travail, mais parce qu'elle nous aide à le mettre sur de bonnes voies.

Pour le comprendre, il faut non pas évacuer, mais relativiser le rôle des chemins de fer. Il suffit pour cela de se reporter à ce qui s'est passé dans la période précédente, le XVIII^{ème} siècle, où là aussi, les innovations n'ont pas manqué, notamment dans les transports. L'épopée des chemins de fer ne doit pas masquer les importantes mutations des décennies précédentes, notamment en Grande-Bretagne. A une époque où, selon la formule des historiens, « l'eau rapprochait et la terre éloignait », le développement des canaux a été très rapide. Plusieurs milliers de kilomètres ont été ouverts en Grande-Bretagne mais aussi en France, en Belgique, aux Pays-Bas. Les contemporains (A. Young) notaient combien cela avait déjà changé la donne pour l'écoulement des marchandises, et notamment des céréales. N'oublions pas aussi que le XVIII^{ème} siècle a vu fleurir en Grande-Bretagne des milliers de kilomètres de routes privées à péage. Même si Adam Smith en soulignait la mauvaise qualité, à comparer à un prix souvent élevé (déjà la méfiance à l'égard des monopoles !), il n'en demeure pas moins que ces routes

avaient également sensiblement modifié les horizons des producteurs et des consommateurs. Un progrès dans les moyens de transport avait donc déjà eu lieu, avant le ferroviaire, ce qui montre le rôle important des transports en général mais aussi le fait chemin de fer n'est qu'un mode parmi d'autres.

Dans la présentation qu'en font les historiens (J. Brasseul), nous retrouvons pour cette période les mêmes constats que ceux qui ont prévalu pour les chemins de fer. Les améliorations dans les transports jouent un rôle clé dans le développement de la révolution agraire et la mobilisation des terres agricoles que permit le mouvement des enclosures, sur lequel Karl Marx a tant insisté. Un tel constat nous aide à comprendre ce qu'est, pour notre réflexion sur les forces motrices de l'innovation dans les transports, le message de R. Fogel. Sans entrer dans les débats méthodologiques sur la légitimité ou non de l'histoire contre-factuelle, ce que nous pouvons dire est que **la croissance économique est un phénomène global qui ne doit pas être lié de façon trop mécanique à un facteur, fut-ce une révolution aussi marquante que le ferroviaire.**

Il y a en effet un risque de fétichisme, ou à tout le moins de simplisme, lorsque l'on aborde la question des impacts bénéfiques des innovations dans les transports. Un fétichisme qu'il faut rattacher à une vision traditionnelle du progrès technique (Schumpeter 1), celle où domine la discontinuité, le rôle des inventeurs, capables de donner une impulsion exogène. La forme moderne de ce simplisme se retrouve dans la notion trop souvent mobilisée d'effet structurant. Par le miracle du « désenclavement » que permettrait une nouvelle autoroute ou un TGV, d'aucuns annoncent que la production et l'emploi vont se développer, et que l'on pourrait même mesurer les gains de PIB que l'on est en droit d'attendre (J. Poulit) ! Ce type de démarche est sujet à caution. Transformer le système de transport en corne d'abondance potentielle est une erreur, celle qu'a voulu dénoncer R. Fogel en faisant de façon caricaturale l'opération symétrique, la disparition de la corne d'abondance supposée !

Il est donc clair que notre objectif n'est pas de chercher dans le secteur des transports la baguette magique qui pourrait demain nous donner le regain de croissance que beaucoup recherchent. **Nous ne cherchons pas les forces motrices de l'innovation dans les transports pour dénicher on ne sait quel miracle technologique.** Nous allons simplement nous intéresser à la façon dont le progrès technique dans les transports s'inscrit dans un mouvement général qu'il nous faut maintenant analyser

1.2 Du progrès technique à l'innovation : l'endogénéisation du progrès technique (Schumpeter 2)

En 1942, Joseph Schumpeter publie « Capitalisme, socialisme et démocratie ». Trois ans auparavant, il avait publié sa théorie du « cycle des affaires ». Ces deux ouvrages offrent du progrès technique et de l'innovation une analyse sensiblement différente de celle de 1912. Une analyse qui est aujourd'hui assez largement partagée, notamment par le courant évolutionniste (C. Freeman, G. Dosi, D. Foray) et fait de l'innovation un processus collectif, endogène et continu (ce qui ne veut pas dire régulier) comme le souligne le glissement sémantique qui nous conduit de l'invention à l'innovation, de l'inventeur au laboratoire de recherche. Nous allons illustrer cette évolution avec quelques unes des innombrables innovations qu'a connues le secteur des transports au cours du XX^{ème} siècle. Nous verrons au passage que les « innovations de produits » (la locomotive, l'automobile...) ne sont pas les seules. Elles doivent être associées à des « innovations d'organisation » (1.2.1). Sur ces bases, nous soulignerons le rôle devenu central des organisations (entreprises) mais aussi du droit et des institutions qui peuvent avoir des effets ambivalents sur le processus d'innovation (1.2.2).

1.2.1. *Les innovations dans les transports au XX^{ème} siècle : multidimensionnelles et incrémentales*

Le fait d'associer révolution dans les transports et révolution industrielle ne vaut pas que pour le XIX^{ème} siècle. Les progrès techniques ne se sont pas arrêtés avec le chemin de fer. Dès le début XX^{ème} siècle, ce dernier a en effet été concurrencé par la route (l'automobile mais aussi, dès l'origine, le véhicule utilitaire) puis plus tard par le transport aérien. Dans l'un et l'autre cas, nous retrouvons un des facteurs moteurs de l'innovation dans les transports, l'accroissement de la vitesse, mais aussi la fiabilité, la fréquence. Mais en matière de force motrice de l'innovation, le siècle de l'avènement de l'automobile et de l'avion n'est pas seulement celui de la poursuite des gains tendanciels de vitesse. **Il est aussi celui où le progrès technique devient une production sociale complexe, où un moyen de transport se présente comme un assemblage de composants relevant de champs techniques et scientifiques de plus en plus variés.** Aussi, en nous intéressant à quelques produits phares de l'innovation dans les transports au XIX^{ème} siècle, nous allons rechercher ce qui se passe en amont de l'innovation elle-même. Comment elle émerge dans un monde où se multiplient les interdépendances techniques et scientifiques.

* Innovation et mode de vie : vitesse et enrichissement des programmes d'activités

Une innovation décisive de l'automobile explique son succès et le déclin symétrique du chemin de fer : sa capacité à assurer un déplacement « porte à porte ». Nous sommes donc toujours dans la catégorie de la vitesse de déplacement et plus précisément du coût généralisé, lequel prend en compte ici le coût de la présence éventuelle d'une rupture de charge. Du point de vue de l'usager, l'automobile représente une révolution majeure car elle répond à l'immense variété des besoins de déplacements individuels en offrant, sans rupture de charge, une vitesse porte à porte inconnue jusqu'alors. Si le ferroviaire permettait de gagner du temps sur certains types de destination, une grande partie des déplacements quotidiens se faisait encore, dans la première moitié du XX^{ème} siècle, au rythme du pas de l'homme ou du cheval. La généralisation de l'automobile et le développement d'un réseau routier maillé, et goudronné², a profondément modifié les modes de vie en zone urbaine et rurale. Pour la simple raison qu'à la différence du chemin de fer, la route offre aux usagers une vitesse à peu près égale à celle du train pour un éventail à 360 degrés³. Ainsi, ce sont presque tous les déplacements de la vie quotidienne pour lesquels la vitesse moyenne a été multipliée par 5, 10 ou plus.

Il en a résulté des mutations majeures dans les usages du temps et de l'espace. Les villes se sont étalées, les localisations des lieux de résidence, de loisirs, de distribution et de production des marchandises, se sont en partie affranchies des anciennes contraintes de la densité urbaine. Alors qu'au début du XIX^{ème} siècle, un Américain parcourait environ 4 km par jour, il en fait aujourd'hui 15 fois plus (dont plus de 85% en voiture) ce qui lui a permis d'enrichir considérablement son programme d'activités. Cette réalité est fondamentale, elle caractérise les modes de vie modernes. Une lecture simpliste de la conjecture de Zahavi, celle qui rappelle que les budgets temps de transport sont relativement stables dans le temps, pourrait nous inciter à penser que les gains de vitesse n'ont rien changé à nos modes de vie. Puisque le temps gagné par la vitesse a été réinvesti en distance supplémentaire le jeu serait à somme nulle ! Pourtant, ces distances ne sont pas parcourues par hasard. **L'éloignement croissant et la**

-
2. Un des grands obstacles au développement de l'automobile a été pendant plusieurs années la question de la poussière générée par les automobiles sur les anciennes routes empierrées. Conducteurs et riverains étaient aveuglés par le nuage de poussière soulevé par chaque passage de voiture.
 3. A titre d'exemple, le réseau routier en France s'étend aujourd'hui sur 1 million de kilomètres alors que le réseau ferroviaire se limite à 30 000km.

diversification de la destination de nos déplacements conduisent, grâce à la vitesse, à des programmes d'activités plus variés, plus riches qui deviennent une des forces motrices de la demande d'innovation dans les transports.

N'oublions pas aussi toutes ces innovations qui ont modifié la perception que nous avons du temps de déplacement, en lui donnant une utilité propre. L'autoradio, le GPS ou le téléphone portable (équipé d'un kit « mains libres » !) ne sont pas des innovations propres au monde des transports, mais elles ont réduit l'évaluation que nous faisons du coût d'un déplacement. Nous avons là un premier exemple du caractère multidimensionnel et incrémental de l'innovation pour les usagers, une première idée de ce que seront sans doute les besoins nouveaux dans les années à venir. Il ne s'agira peut-être pas tant de faire des gains de vitesse, lesquels seront de plus en plus coûteux, que de proposer une optimisation de l'usage de cette ressource rare qu'est le temps⁴.

*** Innovation et production : les transports dans la norme commune**

Ainsi la question de la transformation des modes de vie est centrale pour comprendre le rôle clé de l'innovation dans les transports. Mais il faut aussi voir que **la civilisation de l'automobile révèle, en amont du produit automobile lui-même, une logique différente de l'innovation dans la production, qui devient elle aussi multidimensionnelle et incrémentale.** Il suffit pour s'en convaincre de comparer la postérité de Stephenson (pères et fils) et celle de Ford (père et fils). En apparence, à presque 100 ans d'intervalle, nous avons deux types idéaux d'inventeurs, de la locomotive dans un cas, de la Ford T dans l'autre. La différence est pourtant de taille. Henry Ford n'a pas « inventé » le produit automobile. Il a par contre développé deux « innovations d'organisation », majeures et complémentaires : la chaîne de montage d'une part et la voiture relativement bon marché de l'autre. C'est une illustration typique de l'innovation considérée comme un processus complexe, où les consommateurs jouent un rôle tout comme les ingénieurs et les chercheurs.

Cette nouvelle dynamique, complexe, multidimensionnelle et incrémentale de l'innovation n'est pas le propre du secteur des transports en général et de l'automobile en particulier. Dans ce processus, l'automobile ne se distingue pas vraiment des autres secteurs d'activités. Elle a, comme les autres, besoin de techniciens, d'ingénieurs et de chercheurs de plus en plus nombreux et spécialisés qui ont profondément transformé l'automobile en quelques décennies. Même si les usages restent les mêmes, que de changements entre la Ford T des années 1920 et les modèles qui sortent aujourd'hui des usines Ford. L'automobile est devenue une industrie d'assemblage. Le rôle croissant de l'électronique et de l'informatique, la diversification des matériaux, la spécialisation croissante des lignes de production propres à chaque composant ont même laissé croire que nous aurions un jour des constructeurs automobiles sans usines, se contentant d'apposer leur marque sur des véhicules montés et même conçus par d'autres. Nous n'en sommes pas là, mais il n'en demeure pas moins **que l'innovation est devenue, comme la production, une activité parcellisée. Les sous-traitants jouent aujourd'hui un rôle important pour aider les producteurs automobiles à innover.** Ces innovations concernent des domaines aussi variés que les essuie-glaces, la climatisation, la motorisation, l'aérodynamique, les pneumatiques, la carrosserie etc.

4. Un des mécanismes qui conduit aujourd'hui à une certaine obsolescence de l'automobile et à un retour en grâce de certains transports en commun est le fait que le temps passé dans ces derniers peut être plus profitable quand on peut utiliser un ordinateur ou un téléphone portables.

Mais personne n'a retenu le nom des hommes et des femmes à l'origine de ces innovations qui sont devenues des productions collectives et donc impersonnelles. La rationalisation et l'institutionnalisation des processus d'innovation sont devenues la règle commune. C'est la condition de la pérennisation des innovations, de leur caractère continu au cœur de la croissance économique en général et du secteur des transports en particulier.

Avec un certain décalage dans le temps par rapport à l'automobile, les mécanismes sont les mêmes pour le transport aérien. Dans l'un comme dans l'autre cas on est passé en quelques décennies de l'ère des pionniers, des inventeurs individuels, à celle des développeurs collectifs. Qui connaît aujourd'hui le nom des ingénieurs et chercheurs qui ont développé le Boeing 747 ou l'Airbus A 380 ? La postérité retiendra le nom de Neil Armstrong, le premier homme à avoir marché sur la lune. Mais cette mission était un succès de la Nasa, une organisation, pas un individu.

Une autre façon de montrer cette supériorité du collectif et de l'incrémental sur l'aventure individuelle et la rupture technologique consiste à comparer le sort qui a été réservé en France au projet d'aérotrain⁵ de l'ingénieur Bertin et le développement du train à grande vitesse. Le premier a bénéficié d'une large publicité dans les années 60 et 70. Il était présenté comme le mode de transport du futur. Tout cela n'a pas résisté aux exigences d'un transport de masse sur grande distance, chose que le TGV est capable d'assurer tout en utilisant les voies ferroviaires classiques pour les parcours initiaux et terminaux.

Cet exemple nous rappelle aussi un phénomène important du processus d'innovation que les spécialistes désignent comme la dépendance du sentier (*path dependency*). Plus l'histoire des innovations s'enrichit, plus elle nous inscrit dans une certaine direction. Une fois installé, un procédé technologique, ou un mode de déplacement, ne disparaît pas aisément. C'est une des raisons majeures du caractère souvent incrémental des innovations. Comme il est difficile de faire table rase dans un secteur où les dépenses d'infrastructures pèsent lourdement sur les budgets, la recherche se porte sur la meilleure façon d'améliorer l'existant. Le succès du TGV, au moins dans certains pays, est lié à sa capacité à utiliser les lignes nouvelles, à grande vitesse, et les lignes classiques, notamment pour entrer dans les centres villes. *A contrario*, c'est une des difficultés que rencontre le développement du train à sustentation magnétique. Les coûts de développement sont énormes et l'espace disponible pour son déploiement est devenu rare ou inexistant.

1.2.2. *Le rôle clé des organisations dans la maturation et la diffusion du progrès technique*

L'innovation à la fin du XX^{ème} siècle ne peut donc se concevoir comme si nous étions encore dans un monde relativement peu peuplé et presque vierge de progrès techniques. Nous devons tenir compte de l'héritage que nous ont légué deux siècles d'innovations majeures. Pour cela, il est nécessaire, comme nous y invite Schumpeter, de concentrer notre attention sur les firmes, notamment les plus grandes qui sont aujourd'hui au cœur du processus d'innovation, de recherche et développement. Les entreprises jouent le rôle de passeur entre les progrès passés et les innovations futures, elles peuvent accélérer ou ralentir le tempo, ouvrir ou fermer certaines voies de l'innovation.

*** Le temps, la taille et la structure des marchés.**

5. Il s'agissait d'un véhicule circulant, sur coussin d'air et sur un monorail en béton. Comme le Concorde, développé à la même époque, il ne pouvait pas emporter plus d'une centaine de passagers. Le mode de propulsion était le même que celui des hydroglisseurs.

S'intéresser aux entreprises suppose de les replacer dans le contexte où elles évoluent en tenant compte du temps, de la taille et de la structure des marchés. Pour cela, nous ne devons pas considérer la firme comme une « boîte noire » (Rosenberg), une simple fonction de production associant le travail et le capital en puisant des idées dans un vivier de recettes techniques qui seraient en quelque sorte « disponibles sur étagère ». Le propre de l'innovation, au cœur de la firme, est justement la capacité à créer des produits nouveaux ou des combinaisons nouvelles des facteurs de production, qui vont placer la firme, au moins pour un temps, dans une situation de quasi-monopole.

Le transport aérien nous donne une illustration de ce type d'innovation. Lorsque, face à la déréglementation du transport aérien, quelques compagnies se sont lancées dans la logique « *hub and spokes* », elles n'ont pas innové dans le produit que représente l'avion. Mais en optimisant les correspondances, en massifiant les arrivées et les départs sur des plates-formes d'interconnexion bien situées, elles ont contribué à développer le transport aérien, se donnant un avantage comparatif, au moins de façon transitoire⁶. On pourrait faire le même raisonnement avec les compagnies « *low cost* » dont le succès est en partie lié aux limites du *hubbing* pratiqué par les compagnies major. Mais ce qui est intéressant dans ces deux cas est la relation entre l'innovation et le temps. Une fois lancée avec succès par un pionnier (la fonction n'a pas disparu !), l'innovation donne à la firme un temps d'avance sur les autres qui lui garantit l'équivalent d'un profit de monopole.

C'est alors que la logique moderne de la firme entre en action car ce temps d'avance va se prolonger tout au long de la courbe d'apprentissage (*learning curve*). Si elle sait conserver l'esprit d'innovation, et développer les équipes que cela demande, la firme va pouvoir conserver, au moins pour un temps son avance. Ce sera d'autant plus facile pour elle que la structure du marché est plus ou moins monopolistique. Mais ce sera aussi plus ou moins bénéfique pour la collectivité. Car le revers de la médaille d'un processus d'innovation porté par des firmes monopolistiques ou oligopolistiques est la disparition de l'incitation que constitue l'entrée de nouveaux compétiteurs. Aussi, ce que nous dit l'analyse schumpétérienne de l'innovation par des firmes en situation de quasi-monopole ne doit pas masquer les éventuels effets pervers qui peuvent en résulter. La vie tranquille, « *quiet life* » selon la formule de J. Hicks n'est-elle pas l'objectif inavoué des monopoles !

La vague de déréglementation qui, depuis la fin des années 1970, a touché le secteur des transports, et les industries de réseau en général, s'inscrit donc dans une logique d'incitation à l'innovation. Mais cette incitation ne peut se faire dans le cadre de la concurrence pure et parfaite d'un marché où les firmes, comme les consommateurs, sont des sosies nombreux et sans pouvoir de marché. Au contraire, l'efficacité globale du système exige la présence de grandes firmes caractérisées par des rendements croissants, des monopoles naturels donc. C'est évident dans le transport aérien mais aussi dans le transport ferroviaire et maritime. Partout, l'ouverture de la concurrence a donné naissance à de grandes entités, voire à des alliances, qui dominent les marchés. Cette structure très concentrée des marchés est évidemment un risque, mais elle est la condition de leur grande taille et des rendements croissants qui lui sont attachés. La question de l'innovation se pose alors de façon nouvelle. Il ne s'agit plus de s'intéresser à un produit, ni même à une organisation, mais à un système et à son évolution temporelle.

* Vers un cycle de l'innovation ?

6. Rappelons que le *hubbing* dans le transport aérien a d'abord été mis en place pour le fret, par le fondateur de Fedex, M. Levy, dont les idées étaient apparues saugrenues à ses professeurs lorsqu'il leur avait présentées. Il y a donc toujours de la place pour les pionniers !

En évoquant la nécessité d'une approche systémique de l'innovation, nous souhaitons remettre en cause une vision trop linéaire. Comme nous l'avons déjà rappelé plusieurs fois, le caractère continu du progrès technique ne signifie pas que le processus est régulier. Si l'on en croit les travaux d'Utterback et Atternaty (1978, cités par Le Bas 1995), ils passent plutôt par des phases qui sont directement liées à la structure des marchés et aux phénomènes de domination. Selon ces auteurs, on peut distinguer trois phases que le secteur des transports illustre assez bien.

- La phase 1 est celle de la fluidité (*uncoordinated stage*). La concurrence est une réalité dans cette phase, les processus de production ne sont pas encore standardisés. Les innovations de produits dominent. Elles sont nombreuses, mais comme la demande et l'offre sont peu importantes, les processus organisationnels optimaux restent encore incertains. C'est typiquement dans ce type situation que se trouve aujourd'hui la production de voiture électrique. Beaucoup d'incertitudes demeurent sur l'étendue du marché, la technologie des batteries, les formes de commercialisation, la distribution et la facturation de l'énergie etc. Il s'agit d'une situation instable où l'incertitude domine. L'innovation est souvent alors un pari, qui peut être perdu.
- La seconde phase, dite de segmentation (*segmental stage*) voit quelques produits émerger sur le marché. La production de masse peut alors commencer et les rendements croissants se déployer tout comme une certaine diversification du produit pour se distinguer des concurrents. Progressivement, ce sont les innovations de procédé qui dominent, car le produit est maintenant stabilisé. Avec ses véhicules hybrides, Toyota essaie précisément, depuis quelques années, d'adopter cette démarche qui, malgré ses difficultés actuelles, lui donne potentiellement un temps d'avance sur ses concurrents (courbe d'apprentissage) et la possibilité de profiter des rendements croissants liés à une vaste aire de marché.
- La troisième phase est dite systémique, la standardisation atteint un stade avancé ce qui limite la probabilité de voir des innovations (et donc des concurrents) modifier sensiblement la donne. Le marché est d'une certaine façon verrouillé pour quelques années. Il en a été ainsi avec les innovations liées à la production de la Ford T. Le transport aérien a aussi connu ce type de situation, une première fois avec le DC3 dont les choix technologiques se sont ensuite diffusés à tout le secteur. La phase trois présente bien sûr un risque pour la collectivité, sous forme de ralentissement tant des innovations de produit que de procédé.

Mais ce risque est aussi une chance, car le ralentissement de la force d'innovation des organisations ouvre des perspectives pour de nouveaux acteurs. La question qui se pose, du point de vue de l'intérêt général, est alors simple. **Pour que le processus d'innovation se poursuive dans les transports, sur quels leviers faut-il peser pour maintenir les firmes dans une situation où ne s'effaceraient ni l'ardente obligation d'innover ni la capacité à le faire ?**

2. Transport et innovation du XX^{ème} au XXI^{ème} siècle : entre ambitions des organisations et contraintes de l'abondance

La notion de cycle de l'innovation nous aide à comprendre la situation actuelle. Ce qui caractérise aujourd'hui le progrès technique en général et le secteur des transports en particulier, est la coexistence de diverses phases dans le cycle de l'innovation.

- Certains domaines en sont encore au stade de la fluidité, du design industriel, où dominent l'incertitude et l'innovation de produit (la voiture électrique).

- D'autres sont au contraire arrivés à l'étape systémique ce qui, par inertie, leur garantit encore de nombreux débouchés, mais leur donne en même temps un parfum d'obsolescence. C'est le cas de l'automobile à moteur thermique et tout particulièrement de celles qui se produisent aux Etats-Unis comme en témoigne à sa façon la crise traversée par General Motors ou Chrysler.
- Quant aux activités qui se trouvent dans la phase de segmentation, où l'innovation de procédé prend le pas sur les innovations de produit, on les rencontre plus difficilement ce qui est à l'origine du sentiment selon lequel le progrès technique dans les transports serait dans une phase de ralentissement.

De façon plus générale, nous pourrions analyser l'innovation dans le secteur des transports comme les conjoncturistes anticipent, avec les indicateurs avancés, les phases de croissance, crise ou reprise. Pour cela, ils observent la situation relative des différentes branches d'activités et, en lien avec leur position dans la chaîne de production, sont en mesure d'annoncer la tendance des trimestres à venir. Pouvons-nous procéder de façon analogue ? Pouvons-nous par exemple affirmer que le ralentissement de l'innovation est patent si de nombreuses composantes du secteur des transports en sont plutôt à la troisième phase ? Si les produits phares des secteurs ferroviaires, automobiles, maritimes et aériens ne sont pas destinés à changer significativement dans les années à venir, alors nous nous rapprochons d'un monde fini.

Mais rien ne nous interdit de regarder du côté des nouveaux produits et des nouveaux besoins dans le secteur des transports, pour voir émerger non pas une situation asymptotique du progrès technique, mais sa capacité à répondre de façon nouvelle à des demandes individuelles et sociales qui ne seront pas le décalque celles des décennies précédentes. Nous le montrerons dans un premier temps en nous intéressant à la façon dont les politiques publiques peuvent, de façon générique et, pour les transports de façon spécifique, encourager la recherche et l'innovation (2.1). Puis, en nous concentrant sur le secteur des transports, nous prendrons le risque de donner quelques indications sur ce que pourraient être, dans les années et décennies à venir, les innovations majeures (2.2).

2.1. Le rôle des politiques publiques : ambitions et contraintes

Un des changements majeurs qui distingue notre époque de celle qui a vu naître les chemins de fer est le rôle central désormais attribué à l'Etat. Qu'il s'agisse de conjoncture ou de structure, les pouvoirs publics sont sur tous les fronts. La vague de déréglementation des années 80 et 90 n'a pas changé cette situation bien que cela ait été un de ses objectifs. Dans le domaine de l'innovation, comme dans beaucoup d'autres, l'action publique continue à jouer un rôle clé (2.1.1), que les nouvelles contraintes du développement durable ne font que renforcer (2.1.2).

2.1.1. La palette des politiques publiques et leur articulation avec la recherche privée

Le progrès technique et les innovations ne tombent pas du ciel. Comme nous l'avons vu, ils résultent d'efforts méthodiques des organisations, et notamment des firmes, lesquelles s'appuient de plus en plus sur des laboratoires de recherche, du fait de la technicité croissante des produits et des processus de production. On peut ainsi mesurer l'effort réalisé en vue de l'innovation et mettre en œuvre les politiques publiques adéquates, tant aux niveaux macro que méso et microéconomiques.

*** Du progrès technique endogène à la croissance endogène**

Le fait que le progrès technique soit considéré comme endogène à logiquement poussé les économistes à considérer que la croissance économique elle-même était endogène. Ainsi, la croissance dépend des gains de productivité lesquels découlent du progrès technique et ces derniers peuvent être reliés étroitement aux dépenses de recherche et développement, mais pas seulement. Un des pionniers de la notion de croissance endogène, P. Romer, a ainsi montré que les dépenses d'éducation étaient un facteur favorable à la croissance économique. De nombreux travaux économétriques se sont penchés sur la question et ont montré qu'il existait effectivement une relation directe entre croissance économique et niveau des dépenses de recherche ou d'éducation.

Se sont ainsi trouvées relancées des notions clés de l'économie publique comme les effets externes, les biens collectifs, mais aussi les rendements croissants. Ces catégories caractéristiques des échecs du marché (*market failures*) sont donc autant d'appel à l'intervention publique. Si les administrations publiques ne prennent pas en charge certaines dépenses de recherche et d'éducation, les acteurs privés, firmes ou ménages, ne les mettront pas en œuvre car il s'agit de biens collectifs dont chacun peut profiter sans avoir en supporter le coût. Il en va ainsi par exemple de la recherche fondamentale et d'une partie de la recherche appliquée.

Il n'est donc pas surprenant de constater que les pays industrialisés, qui souhaitent entretenir cette croissance endogène, se soient donné des objectifs en ce qui concerne la part des dépenses de recherche dans le PIB, ou la proportion de chercheurs dans la population active. On parle en Europe du processus de Lisbonne, ville où les pays européens se sont engagés pour mettre la croissance européenne sur les rails de l'économie de la connaissance. Mais le caractère endogène du progrès technique et de la croissance ne garantit ni leur automaticité ni leur importance relative. Les politiques publiques se sont donc intéressées non seulement aux grandes masses d'argent public et privé consacrées à la recherche et à l'éducation, mais aussi à la façon dont fonctionnent ces organisations particulières que sont, par exemple, les universités. Le processus de Bologne, a ainsi normalisé les cursus universitaires. Un peu partout en Europe le fonctionnement des centres de recherche se normalise. Des évaluations régulières ont lieu, tant pour les individus que pour les institutions. Les fonds sont de moins en moins distribués de façon récurrente aux laboratoires de recherche. Ils doivent se financer en répondant à des appels d'offre d'agences nationales dont les priorités sont fixées politiquement.

Les transports constituent une de ces priorités et les fonds publics y sont assez largement engagés dans le soutien à la recherche. A l'échelle européenne, les fonds dédiés aux transports dans le cadre des PCRD successifs représentent des milliards d'euros. Il existe aussi souvent, au moins dans les grands pays européens, des programmes nationaux dédiés au transport. Ainsi, en France, le PREDIT est doté de près de 400 millions d'euros pour la période 2008-2012. Aux Etats-Unis, l'Etat de Californie développe son propre programme (CALTRANS). Partout, l'effet de levier de l'argent public est systématiquement recherché en associant financement privé et financement public de la recherche. Car les entreprises ne sont pas oubliées, elles sont même au centre du jeu.

*** La firme et de son environnement**

Les firmes innovantes ne procèdent pas de la génération spontanée. Elles apparaissent dans un milieu favorable. Depuis les travaux pionniers d'A. Marshall sur les « clusters », on sait que le contexte économique, mais aussi institutionnel, culturel, fiscal ou scientifique joue un rôle clé dans l'émergence des firmes innovantes. L'économie de l'innovation est ainsi devenue une branche active de l'analyse économique (Le Bas) en se penchant notamment sur les mécanismes porteurs d'innovations et sur les indicateurs à retenir pour caractériser les situations plus ou moins favorables.

Les angles d'attaque ont été nombreux. Beaucoup de travaux ont porté sur l'évolution comparée du nombre de brevets déposés par secteurs d'activité ou par zones. D'autres ont cherché à définir et mesurer précisément les dépenses de recherche et développement (R&D), de façon plus ou moins extensive, pour tester ensuite économétriquement les relations constatées entre niveau des dépenses de R&D et la taille des firmes par exemple. La question de la taille est ainsi réapparue comme centrale. Non pas parce que les petites et moyennes entreprises ne peuvent faire des dépenses de recherche. Dans certains secteurs dynamiques comme l'informatique, elles le font même de façon importante. Mais dans de nombreux cas, et notamment dans le secteur des transports, une taille critique est indispensable pour engager dans la recherche les sommes énormes dont elle a besoin.

Pôles de compétitivité, Grand Emprunt, réforme des universités, fiscalité...

La France fait feu de tout bois !

Pour illustrer la course à connaissance à laquelle se livrent les grands pays industrialisés, observons quelques-unes des mesures prises en France au cours des dernières années.

- En 2005, étaient lancés les pôles de compétitivité destinés à stimuler à l'échelle locale les synergies entre le monde de l'industrie, de la recherche et des collectivités territoriales. Après un processus national de sélection, régulièrement actualisé par des évaluations, plusieurs dizaines ont vu le jour dont plusieurs traitent des transports.
- En 2005 également était lancée l'Agence nationale de la recherche qui généralisait en France le financement public sur programme et non par des financements récurrents. Mais il existe toujours des fonctionnaires au CNRS (25 000 personnes) et dans les Universités, publiques dans leur immense majorité.
- En 2007, une réforme fiscale était engagée permettant aux entreprises de réduire sensiblement leurs impôts par le biais des dépenses de recherche.
- En 2007 également une loi réformait le fonctionnement des Universités pour accroître leur autonomie, notamment en vue de la recherche de financements privés mais aussi, et surtout en leur donnant des marges de manœuvre importantes dans les recrutements, les niveaux de rémunération etc. Une logique de concurrence a été ainsi, progressivement, mise en place
- En 2009, était lancé un débat national autour d'un projet de Grand Emprunt (30 à 35 milliards d'euros) destiné à financer des investissements capables d'assurer une croissance économique de long terme. Ce qui importe ici n'est pas l'idée d'emprunter (l'Etat emprunte déjà près d'un milliard d'euros par jour sur les marchés financiers !), mais le fait de lancer une réflexion collective pour déterminer politiquement les priorités des dépenses publiques de recherche. **Une commission co-présidée par deux anciens premiers ministres fut appelée à définir les priorités. Il est significatif que cette commission ait écarté les infrastructures de transport de son champ. Elle a décidé d'utiliser près du tiers de la somme pour doter en capital certains campus universitaires. Les dépenses de recherche dédiées aux transports, au sens strict (véhicule décarboné, nouvelle motorisation des avions...) n'émargent que pour un milliard d'euros. Mais autre fait significatif, les transports sont présents indirectement à travers les dépenses de recherche engagées dans les domaines de l'énergie, des nouveaux matériaux etc.**

Les politiques publiques de soutien à la recherche ne sont donc pas seulement des politiques d'accompagnement visant à réduire la fiscalité ou moderniser les campus universitaires. Elles ont aussi à voir avec qu'on appelait il y a quelques années les politiques industrielles. Comme on l'a vu aux Etats-Unis avec la nationalisation de General Motors (2009), en France avec la recapitalisation d'Alstom (2003) ou en Allemagne avec les aides publiques généreusement annoncées en faveur d'Opel, les grands Etats savent bien que leur potentiel de recherche est aussi dépendant de leur contingent d'entreprises de grandes tailles dans les secteurs porteurs. Mais le transport est-il encore un secteur porteur ?

2.1.2 *Les contraintes environnementales : vers l'émergence d'innovations importunes ?*

La question des infrastructures de transport, que nous avons déjà évoquée, est emblématique de la situation nouvelle à laquelle se trouve aujourd'hui confronté le secteur des transports. Ce qui lui est demandé en effet n'est pas seulement d'innover, de façon générale, mais d'innover pour réduire ses impacts sur l'environnement. **Là où les ingénieurs voudraient promouvoir les effets externes positifs de l'innovation dans les transports, les citoyens et les électeurs répondent de plus en plus en demandant aux innovations de réduire les coûts externes du transport. Sans toujours se rendre compte du caractère parfois importun des innovations ainsi souhaitées.** Les projets de nouvelles autoroutes, de lignes ferroviaires à grande vitesse ne font plus rêver. Ils sont plutôt présentés comme un mal nécessaire et font généralement face à des opposants de plus en plus déterminés. Dans cette perspective, l'innovation prend un sens nouveau, celui qui se cache, car cela n'est pas très clair, derrière la notion de « croissance verte ». Et par le fait même l'innovation dans les transports n'a pas la même puissance attractive que l'innovation dans les nouvelles technologies de l'information et de la communication.

*** Innovation et « Croissance verte » : vers un « effet Ricardo » ?**

Toutes les grandes entreprises, et notamment dans le secteur des transports, se sont dotées d'une direction du développement durable. Toutes mettent en avant leur volonté de promouvoir une croissance durable, une énergie durable, une mobilité durable etc. Au point que cette rengaine semble parfois suspecte et invite le regard critique à parler de « *green washing* ». Il en va de même à l'échelle des Etats et des organisations internationales, gouvernementales ou non gouvernementales. Le développement durable, les transports durables sont en première ligne sur l'agenda national et international. Le sommet de Copenhague, malgré son quasi-échec, ou peut-être à cause de cela, a marqué une étape clé, une prise de conscience qui a fait peur, jusqu'à se dérober devant l'obstacle. Mais le fait que les chefs d'Etat et de gouvernement n'aient pas réussi à s'entendre sur un programme crédible n'enlève rien à la nécessité des changements qui nous attendent. Des (r)évolutions qui sont difficiles à mettre en place car la notion volontairement édulcorée de « croissance verte » masque des réalités qui donnent à l'innovation un visage qui n'est pas forcément sympathique.

Pour « vendre » la notion de croissance verte, on présente généralement ses effets positifs. Sur l'emploi au premier chef puisque de nouveaux métiers vont apparaître. Sur l'environnement bien sûr puisque les sols, les nappes phréatiques, l'air que l'on respire... seront protégés ou régénérés. Sur la santé aussi puisque les nuisances seront limitées. Mais on passe sous silence les autres aspects, qui ressemblent plutôt à des contraintes.

- La plus visible est celle de la fiscalité et de la tarification. Le principe pollueur-payeur n'est pas d'application simple, et lors de sa mise en œuvre, l'acceptabilité ne va pas de soi. Le film d'Al Gore a été largement salué, mais combien sont les partisans d'une taxe carbone ?

- La seconde est bien connue des chefs d'entreprise comme des particuliers. Elle oblige à changer les habitudes, à adopter de nouveaux comportements, plus responsables mais aussi plus contraignants. Elle se manifeste par toutes les contraintes réglementaires qui s'imposent déjà et qui vont s'accroître. Face aux contraintes environnementales globales, tout se passe comme si nous devions à chaque instant de notre vie nous soucier des possibles effets externes négatifs de nos choix. Il est loin le temps de la main invisible, quand Adam Smith pouvait benoîtement affirmer que l'intérêt général était satisfait si son boucher se contentait de rechercher son intérêt particulier. L'océan d'effets externes dans lequel nous nous mouvons ne pouvait pas se limiter à quelques mesures lointaines d'internalisation prises par l'Etat. Lorsque celui-ci agit, il nous le fait de plus en plus sentir, par exemple pour réduire l'insécurité routière ou limiter l'usage de l'automobile dans les zones denses.
- Une troisième manifestation négative, moins visible mais encore plus importante doit être mentionnée. Elle renvoie à un autre économiste classique, David Ricardo, et plus précisément à ce que F. Hayek, a nommé « effet Ricardo ». S'inspirant de l'économiste anglais, l'économiste autrichien a désigné ainsi les situations d'alourdissement du processus de production. Lorsque, pour une quantité fixe de consommation finale, il faut mobiliser plus de capital, nous sommes dans une situation de rendements décroissants. Ceux dont Ricardo craignait le retour. En termes modernes, ceux de la comptabilité nationale, cela signifie que les mesures de protection de l'environnement pourraient accroître le produit intérieur brut, mais pas le produit intérieur net que l'on appelle aussi revenu national.

D'une certaine façon, il n'est donc pas surprenant que, dans le même temps où il engageait la France sur le chemin d'une croissance verte avec le « Grenelle de l'environnement », le président Sarkozy ait demandé à une commission d'experts présidée par les prix Nobel A. Sen et J. Stiglitz de réfléchir à une autre mesure que le PIB pour évaluer le bien être et la richesse nationale. Fort judicieusement, cette commission a montré que d'autres indicateurs que le PIB étaient très importants (éducation, égalité entre hommes et femmes, degré des inégalités de revenu, accès aux soins etc.). Mais il n'en demeure pas moins que le ralentissement, sans doute inévitable de la hausse des niveaux de vie individuels sera un défi redoutable. Ne serait-ce que face aux risques d'inégalité croissante qui accompagnent généralement les périodes de faible croissance. L'état stationnaire de Ricardo n'était pas une société égalitaire, les rentiers y occupaient une place de choix !

*** Innovations importunes et désenchantement de la mobilité**

Le ralentissement probable de la hausse des revenus individuels n'est pas le seul effet inattendu des contraintes liées à la durabilité. Il faut y ajouter des éléments qui résultent de la démocratisation de certains usages, laquelle appelle à des innovations que nous qualifierons d'importune, sinon d'inopportune. Prenons pour illustrer cela un exemple extrême. Lorsque le PDG de Ryanair, M. O'Leary annonce qu'il trouverait innovateur et profitable de supprimer les toilettes dans ses avions, ou d'en faire payer l'usage, il ne fait de son point de vue que prolonger la logique de maîtrise des coûts, et des prix, qui a fait le succès de son entreprise. Il y a donc dans son raisonnement une certaine cohérence, qui ne doit pas nous faire oublier que toute logique a ses limites !

Si nous prenons cet exemple extrême de désenchantement par rapport à ce qu'a pu être, à une certaine époque, le transport aérien, c'est parce que, de façon plus générale, le monde des transports est aujourd'hui confronté à un désenchantement liés aux innovations en cours ou que l'on nous promet. Les innovations dans les transports, ce ne sont pas en effet que les nouveaux avions ou les voitures décarbonées. Ce sont aussi les innovations réglementaires, tarifaires ou fiscales qui semblent inévitables. Prenons quelques exemples :

- Les limitations de vitesse et les contrôles de plus en plus précis qui les accompagnent sont à l'évidence un bien pour la collectivité en termes d'insécurité routière. Mais cela change notre rapport à l'automobile et à l'innovation technique, surtout lorsque ces contrôles se feront automatiquement par le biais des GPS installés dans nos véhicules !
- Ces mêmes GPS qui pourront aussi servir d'outil de repérage pour la tarification de l'usage de la voirie, en zone urbaine mais pas seulement. Le système allemand du Toll Collect est une innovation aux dimensions multiples (technique, réglementaire, fiscale...) qui va faire des émules.
- Un des intérêts de ces péages urbains est qu'ils rapportent des revenus à la collectivité alors que celle-ci doit subventionner largement des transports collectifs en plein développement. Or, lorsque l'on passe de la voiture individuelle au transport collectif, fut-il innovant, on substitue des coûts publics (conduite, sécurité, entretien...) à des coûts privés. Les innovations dans les transports urbains, pour indispensables qu'elles soient représentent une forme d'alourdissement du processus de production de la ville, une forme locale d'effet Ricardo qui se manifeste par la hausse de la pression fiscale.
- On pourrait bien sûr imaginer une baisse du coût des transports collectifs. Ne s'agit-il pas d'une activité réputée être à rendements croissants ? Mais si la déréglementation est bien une innovation, elle n'est pas toujours la bienvenue. Ni pour les salariés du secteur concerné, ni pour ceux qui pourraient suivre le même chemin au cas où elle soit un succès.
- Revenons au transport aérien. Quels seront pour les passagers les effets de l'innovation annoncée des permis d'émission négociables ? Quel en sera l'impact sur les prix des billets ? Sur la densité et la qualité de l'offre ? Cela nous conduira-t-il à une logique de rationnement ?
- Les mêmes craintes accompagnent les projets de taxe carbone. Compte tenu de l'élasticité de la consommation au prix des carburants, relativement modeste, faudra-t-il accroître cette taxe démesurément pour qu'elle ait un réel impact ?

Ne prolongeons pas ce florilège des désenchantements dans le secteur des transports. Nous ne l'avons pas présenté pour dire que les innovations importunes sont inopportunes, mais simplement pour rappeler que **l'innovation dans les transports ne se limite pas à ce qui peut faire rêver. Dans un monde qui compte déjà plus de six milliards d'habitants, un monde où la croissance économique se poursuit, notamment dans des pays émergents très peuplés, l'innovation est aussi faite de ces mesures qui, tout en favorisant la démocratisation de la mobilité, en feront de moins en moins une activité gratifiante en soi.**

2.2. L'avenir des innovations dans le secteur des transports : entre désenchantement et ré-enchantement

Le décor est planté. Pour ce dernier acte de notre réflexion rétrospective et prospective sur les forces motrices de l'innovation dans le secteur des transports, nous connaissons les défis à relever. Les innovations qu'a connues dans le passé le secteur des transports ont été radicales. Elles ont permis une hausse très sensible de la vitesse moyenne de nos déplacements. Mais ce n'est sans doute pas la poursuite de cette tendance qui va marquer les prochaines décennies. La stabilisation relative de la vitesse moyenne de nos déplacements va reporter la demande d'innovation sur la qualité du service fourni, sur les processus d'optimisation (2.2.1). Il en découle des recommandations logiques pour ceux qui portent les innovations : les organisations et les institutions (2.2.2).

2.2.1. Innovation et optimisation des services de transport

Dans la comptabilité nationale, la branche des transports se trouve dans la catégorie des services et non des biens. Or, quand nous parlons des transports, nous pensons surtout aux biens, qu'ils s'agissent 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, au train, au camion ou à l'avion. Ceux-ci ont connu des progrès décisifs, et ils en connaissent encore, mais qui portent sur des dimensions oubliées. Prenons un exemple. Une automobile moderne comporte, par rapport à une automobile des années 1980, des innovations extrêmement nombreuses et radicales. Qu'il s'agisse de la motorisation, du freinage, de l'électronique embarquée, de la sécurité, des accessoires... les progrès accomplis sont spectaculaires. Ils ont mobilisé des milliers de chercheurs, et provoqués le dépôt de milliers de brevets. L'automobile a connu plus d'innovations au cours des trente dernières années que dans le demi-siècle qui a précédé. Pourtant, l'idée reçue circule selon laquelle l'automobile d'aujourd'hui a finalement peu changé en trente ans. Ce sentiment 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.

Cette polarisation sur la vitesse est une erreur de perspective. Chaque mode, pour des raisons qui tiennent à la physique, est dotée d'une vitesse maximale, ou plutôt optimale qu'il ne peut repousser beaucoup dans des conditions d'usage commercial. Les avions de ligne ne peuvent s'approcher trop près du mur du son. Les TGV ne dépasseront sans doute pas, ou peu, les 350 km/heure. Les vitesses sur les routes et 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 celles qui vont améliorer non pas tant la vitesse de déplacement que la qualité et la régularité du service. En voici quelques exemples pour le transport de fret et pour les voyageurs.

* Transport de fret : la montée en puissance des systèmes d'information

Dans le domaine du fret, une des innovations majeures des 40 dernières années est celle du conteneur. C'est un produit relativement banal, qui a commencé à se répandre au moment de la guerre du Viêt-Nam, quand l'armée américaine avait besoin d'approvisionner ses troupes et celle de ses alliés. Cette boîte métallique n'était pas promise à un bel avenir, mais elle s'est trouvée au cœur d'un ensemble d'innovations exemplaires de ce que sont aujourd'hui, et seront demain, les innovations dans les transports de fret.

- L'innovation est d'abord appelée à améliorer graduellement le service rendu. Ce fut le cas pour le conteneur. Des améliorations incrémentales (réfrigération, température dirigée...) lui ont permis de transporter des marchandises de plus en plus variées, y compris des animaux vivants.
- Une innovation se fait en général en grappes, mobilisant d'autres composantes de la chaîne de transport, d'autres références techniques et scientifiques que celles du secteur des transports. Ainsi, autour du conteneur, d'autres innovations sont venues enrichir encore sa capacité de pénétration des marchés. On songe ici au

développement des bateaux porte-conteneurs, de plus en plus vaste, à la modernisation des ports, des portiques de chargement et déchargement, à l'adaptation des transports terrestres, aux systèmes de réfrigération.

- L'innovation se trouve aussi dans l'organisation et la gestion des flux. Le développement du conteneur a demandé la mise en place de systèmes d'information complexes. Qu'il s'agisse des logiciels pour l'optimisation du chargement et déchargement des navires, mais aussi des systèmes de suivi de la chaîne du froid, de suivi et guidage des marchandises (*tracing tracking*) etc.
- Autre composante de l'innovation enfin, l'adaptation des marchandises elles-mêmes⁷ pour les rendre transportables par un conteneur de taille standard, 20 ou 40 pieds.

Cet exemple du conteneur nous montre bien que les améliorations à attendre ne relèvent pas essentiellement de la vitesse. Il est vrai que du fait de la hausse de la valeur ajoutée par tonne de certains produits, le trafic aérien de marchandises va se développer par simple effet de structure. Mais la grande majorité des marchandises échangées dans le monde continuera à prendre la mer en garantissant aux chargeurs non pas une vitesse maximale mais une durée précise entre l'expédition et la livraison. **L'avenir est aux innovations qui vont permettre des transports sans couture (*seamless*). L'innovation va donc se situer dans la partie la moins visible du transport, les systèmes d'information.** Pour cette raison, de même que l'obscur conteneur a joué un rôle majeur dans la vague de mondialisation des vingt dernières années, de même le code barre a été un acteur discret mais central de l'amélioration de la qualité de service dans les transports et la distribution. Il tend à être remplacé aujourd'hui par les systèmes radio dits RFID, autre exemple d'innovation majeure et pourtant discrète.

Ce rôle central des innovations a une autre implication pour le secteur des transports, celle de devenir un secteur suiveur plutôt qu'un secteur moteur. C'est parce que le système de *tracing tracking* existe que le transport ferroviaire est par exemple obligé de s'adapter et de fournir à ses clients une possibilité de suivre la marchandise. Ce sont les puces électroniques, les systèmes RFID et les GPS qui obligent les véhicules de transport et leur plans de route à s'adapter. **Le ré-enchantement de l'innovation dans les transports se fait donc par contagion, par transplantation d'innovations venues d'ailleurs⁸.**

Comme dans l'exemple des progrès décisifs et pourtant méconnus de l'automobile, cela ne signifie pas que les innovations techniques dans les transports sont mineures. Ainsi, le développement dans le secteur ferroviaire de nouveaux systèmes de communication (GSMR), ou la mise en place de l'ERTMS, qui nous rapproche de la conduite automatique, constituent de vraies ruptures. Mais elles n'améliorent le service que de façon à le rendre plus fiable, en favorisant un usage plus intensif des infrastructures. L'utilisateur final n'en mesure pas toute la complexité.

* Transport de passagers : comment optimiser le temps de transport ?

Les passagers ne peuvent être traités comme les marchandises. Ils disposent d'une fonction d'utilité propre, ils comparent eux mêmes les coûts et les avantages de leurs déplacements. Nous avons vu dans la première partie que les gains de vitesse représentaient des avantages tellement importants que les volumes de trafic ont progressé autant que la

7. A titre d'exemple, il est désormais possible, depuis le Canada, de se faire livrer en conteneurs une maison en kit. Tous les éléments ont été calibrés pour tenir dans le volume imposé.

8. C'est du fait du rôle stratégique, dans de multiples secteurs, du positionnement par satellite, que l'Europe a lancé le programme Galileo, un cas typique de soutien public à l'innovation.

vitesse (Schafer). Cette préférence pour la vitesse se poursuit par effet de structure. Le transport aérien progresse partout alors que dans les pays les plus développés, les trafics automobiles stagnent. Mais la grande partie des déplacements se fait encore, et se fera dans les prochaines années, par la route et les transports collectifs terrestres marqués comme nous l'avons dit par des vitesses plafonds. **Comme nous avons fait notre deuil des scooters volants, nous allons nous trouver devant l'impossibilité de ré-enchanter la mobilité par la vitesse. Nous allons donc le faire, comme c'est déjà le cas, en cherchant à optimiser nos temps de déplacement.**

- Là encore, les innovations seront celles qui nous permettront de faire des déplacements « sans couture », lesquels demandent encore une fois l'injection dans les systèmes de transport d'innovations venues d'ailleurs : information en temps réel au passager sur le trafic, carte d'abonnement sans contact, mais aussi amélioration des fréquences, des plates-formes d'échange pour les correspondances et pourquoi pas la route intelligente et la conduite automatisée !
- Il faut en effet que le temps de transport soit valorisé. L'amélioration du confort, la possibilité d'avoir accès à internet, vont devenir des demandes pressantes.

Le fait de disposer d'un accès internet dans un train, comme c'est déjà le cas dans le Thalys, ou dans certains trains suédois, est en soi une innovation technique majeure, qui a mobilisé beaucoup d'effort de recherche, d'ailleurs toujours en cours. Mais trop souvent, cela n'est pas compté comme une innovation dans le secteur des transports alors que c'est une innovation importante du service de transport ! Un service qui doit répondre non seulement au fait que nous voulons aller d'un point A à un point B, mais au fait que nos modes de vie ont changé radicalement en moins de quinze ans avec la généralisation du téléphone portable et d'internet.

De même que l'accroissement des vitesses moyennes de déplacement nous a permis d'enrichir prodigieusement nos programmes d'activités, de semaine et de week-end, de même le téléphone portable et internet ont bouleversé notre rapport au temps et au monde. Nous avons multiplié nos contacts, notre fonction d'utilité dépend très fortement de notre capacité à rester « branché ». C'est à cela que les transports devront répondre par leurs innovations dans les années à venir et au fait que face à cette intensification de l'usage du temps, les aléas et autres pannes seront de plus en plus mal supportés. L'innovation devra donc répondre à ces exigences accrues.

La question de la fiabilité des systèmes de transport est à la fois une des exigences et une des contraintes fortes pour le développement de l'innovation. On le voit avec l'exemple de la route intelligente, de la conduite automatique de nos automobiles. C'est un programme de recherche qui a déjà mobilisé beaucoup d'argent et de matière grise aux Etats-Unis dans les années 1980. Beaucoup de prototypes sont encore développés qui ont pour ambition de mixer véhicule individuel et gestion collective des flux. Mais du fait de la complexité technique de ce type de système, et des dimensions multiples à prendre en compte, y compris les comportements humains, une difficulté apparaît sur les questions de fiabilité. Pour être généralisé, une telle innovation suppose que les risques de pannes soient infimes, ce qui n'est pas le cas. Les innovations qui nous conduisent vers des systèmes de transport intelligents (ITS) seront sans doute nombreuses dans les prochaines années. La communication entre les véhicules pour prévenir les carambolages, les interactions entre la route et le véhicule pour adapter les vitesses, l'assistance à la conduite... vont se développer et changer radicalement notre façon de conduire une voiture. Mais demeureront la responsabilité et le risque individuels, qui font que les systèmes d'information ne peuvent se substituer en tous points à l'action des conducteurs.

2.2.2 *Innovations et organisations, les voies inattendues du ré-enchantement de la mobilité*

Le secteur des transports a donc plus que jamais besoin d'innovations car les coûts de la mobilité des personnes et des marchandises vont progresser, dans les deux composantes du coût généralisé. Le coût monétaire d'abord risque de croître durablement sous l'effet du renchérissement des prix de l'énergie mais aussi de la tarification et du coût croissant des infrastructures. Mais le coût en temps va aussi augmenter, non pas parce que les vitesses vont baisser, mais parce qu'elles vont, pour la plupart des modes, cesser de croître alors même que les valeurs du temps des marchandises et des passagers vont continuer à augmenter. Dans cette perspective, les temps d'attente, les ruptures de charge, les retards sont des temps valorisés à un prix unitaire supérieur à la valeur moyenne du temps. C'est pour cette raison que l'exigence phare est partout celle de déplacements « sans couture ».

*** Se concentrer sur les points faibles de la chaîne de transport**

Pour y parvenir, nous allons avoir besoin d'organisations intégrées, de grande taille, qui, en développant des innovations dans les systèmes d'information pourront, sans forcément accroître la vitesse, faire jouer les rendements croissants pour les services de transport. Revenons sur quelques points de passage obligés que contient cette affirmation.

- Premier rappel, le transport est une activité de service, mais elle doit s'inscrire dans une logique de rendements croissants. Pour cela, elle doit pratiquer une certaine massification des flux et la grande taille résulte de cela. Dans les transports aériens ou ferroviaires, des firmes de petite taille peuvent exister, ciblant certaines niches de trafic parfois porteuses d'innovations. Mais la diffusion de l'innovation et sa transformation en gain collectif passe par les firmes intégrées dans une perspective de gestion globale de la mobilité.
- La maîtrise et l'amélioration des systèmes d'information est centrale car c'est là, et non pas sur la vitesse, que les progrès sont les plus nécessaires. Prenons le cas de l'avion. Sa vitesse commerciale oscille entre 600 et 800km/h. Mais comme l'a rappelé A. Schafer (2009), si l'on tient compte des trajets terminaux, la vitesse moyenne porte à porte d'un déplacement en avion ne dépasse guère les 250 km/h. Même en améliorant sensiblement la vitesse commerciale, ce qui est difficile, on change peu cette vitesse moyenne, fortement impactée par des trajets initiaux et terminaux à faible vitesse. Ce sont donc ces derniers qui ont besoin d'amélioration en qualité, fiabilité et capacité car ils constituent les points faibles de la chaîne de transport.
- Encore une fois, **les innovations clés ne seront sans doute pas celles qui vont toucher le véhicule de transport, mais le système dans lequel il s'intègre.** Prenons ici l'exemple du TGV. Beaucoup s'inquiètent des risques de saturation de la ligne Paris-Lyon, qu'emprunte aussi le Paris-Marseille mais aussi bientôt le Paris-Bâle et plus tard le Paris-Milan, Paris-Barcelone etc. Le problème clé n'est pourtant pas là. Des innovations sont déjà en cours pour accroître la capacité de la ligne, ce à quoi a aussi contribué la généralisation des rames à deux étages. Une ligne nouvelle peut aussi voir le jour. Le risque le plus fort de saturation est dans les gares, dans la gestion, le nettoyage et le positionnement des rames au départ et à l'arrivée, mais plus encore dans la gestion de flux de voyageurs qui saturent aujourd'hui les gares de Lyon Part-Dieu et Paris gare de Lyon. Quelles innovations peut-on attendre dans la gestion des passagers, la diffusion des informations aux voyageurs ? Faudra-t-il créer des gares nouvelles ? Et comment seront-elles liées aux modes de transport qui facilitent les acheminements ?

- Le succès des vélos en libre service (Vélo'V à Lyon, Vélib à Paris) est une illustration de ce que les innovations dans les transports viennent de firmes de grande taille, maîtrisant bien les systèmes d'information, et ne provenant pas du secteur des transports. Les sociétés J.C. Decaux ou Clearchannel n'ont pas inventé le vélo, ni l'idée de vélos en libre service. Mais en couplant la location à un système d'information perfectionné et en imaginant une subvention croisée venant des recettes publicitaires, elles ont proposé une innovation multidimensionnelle qui a rapidement été diffusée. Une innovation qui répond exactement aux besoins d'optimisation des temps de parcours dans un monde de mobilité individualisée. Elles ont proposé une valorisation inattendue du temps de transport, un ré-enchantement par un mode lent qui donne paradoxalement la possibilité de gagner du temps !

La question des ruptures de charge et du « dernier kilomètre » est également cruciale pour le transport de fret. Dans le transport maritime international, les moments clés de la chaîne de transport se situent non pas sur les porte-conteneurs mais dans les ports et leur connexion à l'arrière pays. C'est là que les innovations, notamment dans les systèmes d'information, ont permis à des ports comme Rotterdam, Anvers ou Hambourg de se développer très rapidement. De la même manière, la livraison du dernier kilomètre, notamment en zone urbaine demande parfois plus d'innovations réglementaires que techniques. Mise en place et contrôle des horaires et zones de stationnement des véhicules de livraisons, espaces logistiques urbains, rationalisation de la flotte de véhicules, normes environnementales... telles sont les innovations réglementaires qui peuvent faire beaucoup plus pour l'amélioration du service de logistique urbaine que la mise en chantier d'un nouveau véhicule.

* Innovation et droit de propriété

Le fait que la réglementation soit un des facteurs de l'optimisation du dernier kilomètre de la chaîne de transport n'est pas un cas isolé. Dans la dynamique des innovations, les réglementations et normes juridiques jouent depuis longtemps un rôle clé comme l'a souligné D. North, qui obtint le prix Nobel la même année que R. Fogel. Le système des brevets existait déjà en Grande-Bretagne quand James Watt a développé sa machine à vapeur. C'est d'ailleurs au moment où le brevet du condensateur Watt tombait dans le domaine public que Richard Trevithick faisait circuler en 1801 une première locomotive tirant sur des rails des wagonnets de charbon. La protection de la propriété intellectuelle est donc une incitation puissante à l'innovation puisqu'elle garantit des retombées financières aux auteurs.

Elle peut aussi se présenter comme un frein, un moyen pour les grandes firmes de geler certaines innovations qui remettraient en cause des marchés captifs. Le domaine des logiciels et des systèmes d'exploitation des ordinateurs en est un exemple récent. Il est donc nécessaire que la puissance publique dispose d'une évaluation des effets bénéfiques ou non des droits de propriété dans certains domaines. Ainsi, dans le transport aérien, il est clair que le droit du grand père dont bénéficient les compagnies sur les créneaux aéroportuaires est une barrière à l'entrée pour les compagnies concurrentes et innovantes. De la même manière, les normes techniques mises en place dans les chemins de fer sont aussi une façon de limiter l'arrivée de nouveaux concurrents.

Une action de régulation est donc nécessaire qui, procédant forcément par tâtonnement, doit évaluer les droits de propriété qu'il faut protéger et ceux qui peuvent être remis en cause. Il y a là une fonction nouvelle pour les administrations, qui se rattache à ce que l'on appelle l'intelligence économique, et demande le développement d'expertise approfondie et pluraliste.

Conclusion générale

La question de l'innovation dans les transports 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 espérer des 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 du fait que nous assimilons changements de vitesse des modes de transport et vitesse du progrès technique. Les deux auraient été rapides à l'époque des grandes innovations alors que les deux seraient faibles aujourd'hui. Ce point de vue est erroné.

- Le progrès technique était au XIX^{ème} siècle extraordinairement lent. Mais comme on partait de très bas, il a permis des gains de vitesse substantiels. Les premières machines à feu datent du XVII^{ème} siècle, elles mettront près de 100 ans avant de déboucher sur le brevet de Watt. Et près de 60 ans encore avant la naissance de locomotives performantes, utilisant la chaudière tubulaire du Français Marc Seguin. L'innovation du chemin de fer (roue métallique sur rail métallique ce qui est contre-intuitif du fait du risque de patinage) apparaît plusieurs dizaines d'années avant les premières locomotives. Nous avons donc déjà affaire à un processus incrémental et collectif (Schumpeter 2) mais dont la lenteur pouvait laisser croire qu'il était individuel et en rupture (Schumpeter 1).
- Par opposition, les innovations apparaissent et se diffusent beaucoup plus rapidement aujourd'hui. Elles touchent simultanément de nombreux secteurs. Il a fallu quelques années pour que les ordinateurs individuels passent du garage de quelques pionniers à la production en grande série. Puis quelques années encore pour qu'internet autorise une mise en réseau qui est bien l'équivalent d'une révolution industrielle. Ces innovations touchent aussi le secteur des transports car elles lui permettent de développer ce dont il a besoin : massification, fiabilité, régularité... De ce fait, nos systèmes de transport et notre mobilité ont plus changé au cours des 20 ou 30 dernières années que dans le demi-siècle précédent.

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. Dans ce domaine, 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 mêmes 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, 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 peupleront la terre.

BIBLIOGRAPHIE

- BAUMOL W., *The Free Market Innovation Machine, Analysing the Growth Miracle of Capitalism*, Princeton University Press, New York, 2002.
- BRASSEUL J. (1997, 1998), *Histoire des faits économiques*, 2 tomes, Armand Colin, Paris.
- CARON F. (1996), *Histoire économique de la France XIXème-XXème siècle*, A. Colin, Paris.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPEENNES, 1992. *Pour des transports plus respectueux de l'environnement*, Livre vert, Publications des Communautés Européennes.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPEENNES, 2001. *La politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix*, Livre blanc, Publications des Communautés Européennes, 136 p.
- CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS, 1997. *Quels changements pour les transports au siècle prochain ?*, 14^{ème} symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports, Publications de l'OCDE, 509 p.
- CONFERENCE EUROPEENNE DES MINISTRES DES TRANSPORTS, 2000. *Questions-clés pour le transport des années 2000*, 15^{ème} symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports, Publications de l'OCDE.
- CROZET Y. (1989), *L'analyse économique à l'épreuve de l'Histoire*, Ellipses, Paris, 544 p.
- CROZET Y. (2005)., *Time and Passengers Transport*, 127^{ème} Round Table of ECMT, Time and transport , OECD, Paris, pp. 27-69.
- DOMAR E., « Capital expansion, rate of growth and employment », in *Econometrica*, no 14, pp. 137-147, 1939.
- DOSI G., « Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation », in *Journal of Economic Literature*, vol. XXVI, p. 1120, sept. 1988.
- DOSI G., FREEMAN C., NELSON C., SILVERBERG G. & SOETE L. éd., *Technical Change and Economic Theory*, Pinter Publishers, Londres, 1988.
- DOSI G., PAVITT K. & SOETE L., *The Economics of Technical Change and International Trade*, Harvester Wheatsheat, 1990.
- DRUCKER P.F., *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles*, Harper and Row, New York, 1985.
- FORAY D. & FREEMAN C., *Technologie et richesse des nations*, *Economica*, 1992.
- FREEMAN C. & SOETE L., *New Explorations in the Economics of Technological Change*, Pinter, Londres, 1990.

- FREEMAN C., « The Economics of Technical Change », in *Cambridge Journal of Economics*, vol. 20, no 1, p. 463, 1994.
- FREEMAN C., *The Economics of Industrial Innovation*, Penguin, Londres, 1974.
- FUJITA, M. (1989), "Urban Economic Theory, Land Use and City Size", Cambridge: Cambridge University Press.
- FUJITA, M., P. KRUGMAN and A.J. VENABLES (1999), "The Spatial Economy. Cities, Regions and International Trade" Cambridge, MA: The MIT Press.
- FUJITA, M. and J.-F. THISSE (2002), "Economics of Agglomeration: Cities, Industrial Location and Regional Growth", Cambridge: Cambridge University Press.
- FUJITA, M. and J.-F. THISSE (2006), "Globalization and the Evolution of the Supply Chain: Who Gains and Who Loses?" *International Economic Review* 47, 811-836.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1979), *La décroissance: entropie, écologie, économie*,
- HARROD R., « An essay in dynamic theory », in *The Economic Journal*, no 49, pp. 14-33, 1946.
- KALDOR N., « Capital accumulation and economic growth », in F. Lutz, et D. Hague, *The Theory of Capital*, Est. Martin's, New York, 1961.
- KIRZNER I., « Entrepreneurial Discovery and the Competitive Market Process : An Austrian Approach », in *Journal of Economic Literature*, vol. XXXV, no 4, p. 60, mars 1997.
- KRUGMAN, P.R. (1991), "Increasing Returns and Economic Geography", *Journal of Political Economy*, 99, 483-499.
- LE BAS CH. (1995), *Economie de l'innovation*, Economica, Paris, 112 p.
- LUNDEVALL B.-Å., *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, Londres, 1992.
- NELSON R.L., *High Technology Policies, a Five Nation Comparison*, American Enterprise Institute, New York, 1984.
- NIVEAU M. A., CROZET Y. (2000), *Histoire des faits économiques contemporains*, Paris, PUF, 847p.
- NORTH D., *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- PHELPS E., « The golden rule of accumulation : a fable for growthmen », in *American Economic Review*, no 51, pp. 638-643, 1961.
- ROMER P., « Increasing returns and long run growth », in *Journal of Political Economy*, no 94, pp. 1002-1037, 1986 ; « Endogenous technological change », in *Journal of Political Economy*, no 98, pp. 71-102, 1990.
- ROSENBERG N. (1982), *Inside the black box: technology and Economics*, Cambridge University Press.

- SCHÄFER A. ET D.G. VICTOR, (2000), *The Future mobility of the world population*, Transportation Research, A 34, pp. 171-205.
- SCHÄFER A., HEYWOOD J., JACOBY H., WAITZ I. (2009), : *Transportation in a Climate-Constrained world*, MIT Press, 329 p.
- SCHUMPETER J. A. , *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Brothers, New York, 1942 (*Capitalisme, socialisme et démocratie*, trad. G. Fain, Payot, Paris, 1951).
- SCHUMPETER J., *A Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, 1912.
- VENABLES, A. J. (2007), 'Evaluating urban transport improvements: cost-benefit analysis in the presence of agglomeration and income taxation'. *Journal of Transport Economics and Policy* 41, 173-188.
- ZAHAVI Y. ET A.TALVITIE, (1980), Regularities in Travel Time and Money, Transportation Research Record 750, p.13-19.
- ZAHAVI Y., (1979), *The 'UMOT' Project*, report for the U.S. Department of Transportation and the Ministry of Transport of Federal Republic of Germany.