



**HAL**  
open science

## Les temps de parcours interurbains en France : Une analyse géo-historique

Françoise Bahoken, Martin Koning, Christophe Mimeur, Carlos Olarte-Bacares, Thomas Thévenin

► **To cite this version:**

Françoise Bahoken, Martin Koning, Christophe Mimeur, Carlos Olarte-Bacares, Thomas Thévenin. Les temps de parcours interurbains en France : Une analyse géo-historique. *Transports : économie, politique, société*, 2016, 495, pp.17-25. hal-01302012

**HAL Id: hal-01302012**

**<https://hal.science/hal-01302012>**

Submitted on 13 Apr 2016

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

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

## Les temps de parcours interurbains en France : Une analyse géo-historique

Françoise Bahoken (IFSTTAR – AME – SPLOTT)  
Martin Koning (IFSTTAR – AME – SPLOTT)  
Christophe Mimeur (ThéMA – Université de Bourgogne)  
Carlos Olarte-Bacares (SNCF Réseau)  
Thomas Thévenin (ThéMA – Université de Bourgogne)

Janvier 2016

*Un nombre croissant de chercheurs profite des progrès informatiques pour reconstruire les réseaux de transport à l'intérieur de Systèmes d'Informations Géo-Historiques (SIG-H). De tels corpus permettent en effet d'apprécier les effets des investissements successifs dans les infrastructures sur les dynamiques territoriales de long-terme. Cet article présente un SIG-H original, initialement développé au sein du laboratoire ThéMA et complété par des chercheurs de l'IFSTTAR pour le projet de recherche BASECOGV, financé par la DRI dans le cadre du PREDIT. Le projet BASECOGV portant sur les Retombées Economiques Indirectes (REI) des Trains à Grande Vitesse (TGV) en France, le SIG-H accorde une attention particulière aux temps de parcours ferroviaires. Plus substantielle que l'évolution du linéaire d'infrastructures entre 1860 et 2010, la baisse des temps de parcours entre les 231 unités urbaines analysées est bien l'expression de la « révolution de la vitesse ». Si près de 32h en moyenne étaient nécessaires pour connecter par train une paire de territoires en 1860, il ne faut plus que 5h en 2010. Ces informations ouvrent de vastes perspectives d'études.*

### 1. Introduction

L'essor des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication a profondément modifié les modalités de la production dans les secteurs marchands de l'économie. Mais cette évolution a également affecté les secteurs non marchands, la recherche académique notamment. En effet, la croissance exponentielle des capacités de calculs des ordinateurs permet aujourd'hui de digitaliser et d'exploiter des masses importantes de données localisées jusque-là archivées sous format papier. Les sciences des transports et les sciences régionales ont particulièrement bénéficié de ces innovations.

Les géographes ont ainsi saisi cette opportunité pour reconstruire les réseaux de transport à l'intérieur de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG). Bien que leur emploi dans la longue durée reste encore confidentiel en France, contrairement aux pratiques anglo-saxonnes (Gregory et Ell, 2007), de tels corpus réunis au sein de SIG-Historiques (SIG-H) permettent d'apprécier les effets des investissements dans les infrastructures de transport sur les dynamiques territoriales de long-terme. De nombreux auteurs ont en effet souligné le rôle central des coûts de transport dans les choix de localisation des entreprises et des ménages

(Fishlow, 1965; Fogel, 1962). L'utilisation des SIG-H permet alors d'apporter des éclairages empiriques relativisant les prédictions sur les trajectoires différenciées des espaces urbains (Hornung, 2012).

Parallèlement, les économistes tentent d'estimer les Retombées Economiques Indirectes (REI) des infrastructures de transport, i.e. les modifications des performances économiques locales induites par les nouvelles offres de mobilité (Graham et Melo, 2011). Lors des analyses empiriques, ils sont toutefois confrontés à des biais d'« endogénéité » (Lafourcade et Mayer, 2009), au premier rang desquels celui de « causalité inverse » : est-ce l'infrastructure qui influence la croissance locale ou cette dernière qui permet d'accroître le stock d'infrastructures ? Une solution pour obtenir des estimations valides des REI consiste alors à « instrumenter » l'offre contemporaine d'infrastructures par celle historique (Duranton et Turner, 2012), les temps de transport passés ne pouvant avoir été influencés par les dynamiques économiques récentes. Dans cette optique également, les SIG-H permettent d'enrichir les questionnements sur les « effets structurants » des infrastructures (Offner, 1993).

Cet article présente un SIG-H original, initialement développé au sein du laboratoire ThéMA (Thévenin et al., 2013) et complété par des chercheurs de l'IFSTTAR pour le projet de recherche BASECOGV, financé par la DRI dans le cadre du PREDIT (Koning et al., 2015). Ce SIG-H fournit des informations sur l'évolution des linéaires, des vitesses et des temps de parcours interurbains en France entre 1860 et 1900 d'une part et entre 1975 et 2010 d'autre part. Le projet BASECOGV portant sur les REI des Trains à Grande Vitesse (TGV), ces véhicules circulant sur des lignes à grande vitesse (LGV) ou sur des voies ferrées classiques, le SIG-H accorde une attention particulière aux temps de parcours ferroviaires. S'inspirant des travaux sur l'« économie présenteielle » (Terrier, 2009), Koning et al. (2015) postulent ainsi que les infrastructures ferroviaires à grande vitesse sont des « médiums » qui participent à la déconnexion entre géographie de la production et géographie de la consommation. Les Français utilisant toutefois largement les automobiles pour leur mobilité à longue distance (Grimal, 2010), le SIG-H décrit également une grande partie du réseau routier national contemporain.

Cet article présente d'abord les grands principes régissant la construction d'un SIG-H. Nous détaillons ensuite les spécificités du SIG-H constitué et l'évolution des temps de parcours interurbains. Après avoir questionné l'ampleur des « externalités de réseaux », les principaux résultats de BASECOGV sont finalement discutés.

## **2. La construction d'un SIG au croisement du temporel et du transport**

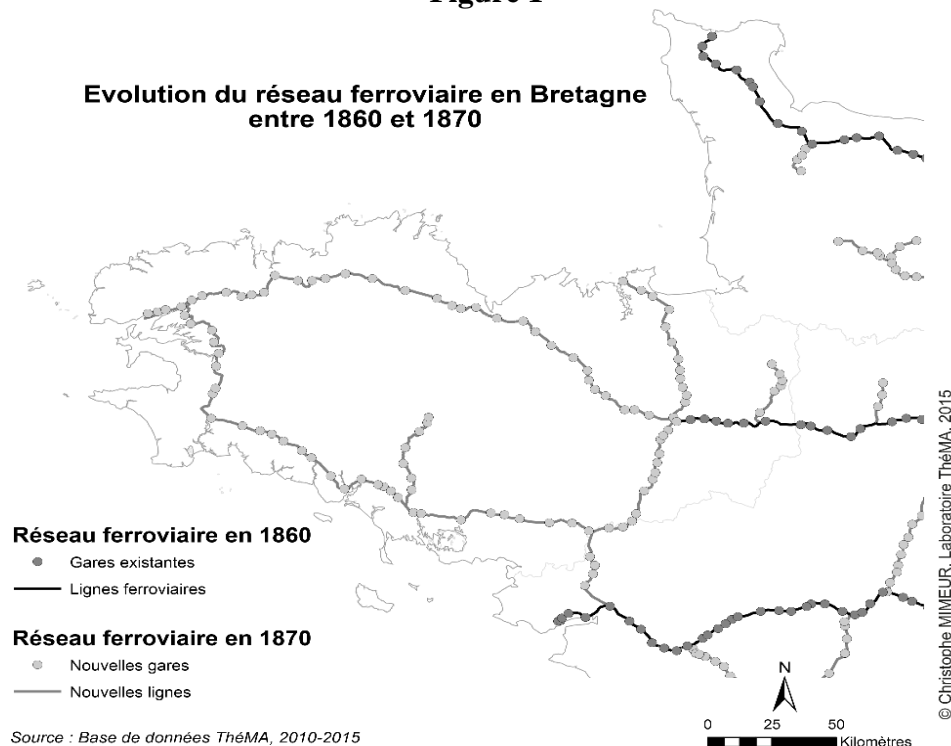
### **2.1. Les sources pour le réseau ferroviaire**

La construction d'un SIG-H revêt deux grands défis : la collecte de données originales et leur vectorisation au sein d'un SIG ; les analyses qui en découlent ensuite, en dépassant le simple cadre de la visualisation des réseaux. Dans le but de revisiter le concept des effets structurants des infrastructures de transport sur une large échelle spatio-temporelle, une équipe du laboratoire ThéMA a reconstruit le réseau ferroviaire français depuis la première moitié du 19<sup>ème</sup> siècle (Thévenin et al., 2013). La diversité des sources originales et

historiques implique un travail chronophage. La complexité institutionnelle<sup>1</sup> dans laquelle s'est inscrite la construction du réseau ferroviaire français (Caron, 1997) et le manque de données harmonisées sont un second obstacle : aucune démarche n'est intégrée et la méthodologie est guidée par la donnée, rare et hétérogène.

Le corpus constitué à ThéMA comporte une information linéaire sur le tracé des voies ferrées ainsi qu'une information ponctuelle sur la localisation des gares, points d'entrée et de sortie sur le réseau. Le parti-pris fut de mobiliser une information vectorielle existante : en partant de fichier Route500© de l'IGN, disponible en 2010, nous avons « remonté le temps » pour vérifier la permanence des lignes jusqu'en 1830. Par exemple, la figure 1 montre l'expansion du réseau en Bretagne entre 1860 et 1870, vers le Nord et le Sud, alors que le réseau n'allait pas au-delà de Rennes et Nantes auparavant. Le réseau ferroviaire s'étant contracté au 20<sup>ème</sup> siècle (Ribeill, 1985), l'utilisation d'un document de la SNCF de 1944 permit de rendre compte de son extension maximum. Sa numérisation auprès de la BNF a permis de reconstituer environ 28 000 kilomètres de voies ferrées. Ce travail fut complété par des sources originales : les infrastructures principales ont été recensées à l'aide du CD-ROM « Histoire chronologique des chemins de fer français de 1827 à 2000 » (Editions Cima) ; les lignes de desserte locale, étendues à l'« âge d'or » du chemin de fer, ont été reconstituées grâce aux ouvrages de Domangie et Banaudo publiés entre 1981 et 1995.

Figure 1



Chaque tronçon ferré répertorié dans le SIG-H est renseigné par sa date d'ouverture et sa date de fermeture le cas échéant, mais aussi par la société chargée de son exploitation ou sa date d'électrification. Il en est de même pour les gares, distinguées par leur nature (fret ou voyageurs). L'infrastructure réservée à la grande vitesse apparaît avec la première LGV entre

<sup>1</sup> Si l'Etoile de Legrand et le Plan Freycinet sont deux exemples de grands plans d'aménagement décidés par le

Paris et Lyon en 1981. La base décrivant le réseau jusqu'en 2010, seuls les derniers prolongements de la LGV Rhin-Rhône opérés en 2011 ne sont pas observés.

## **2.2. Superposer les réseaux routiers**

Le SIG-H constitué dans le cadre de BASECOGV ne se limite pas à la description du réseau ferroviaire français. Des chercheurs de l'IFSTTAR ont complété ce travail afin d'inclure au corpus la majeure partie du réseau routier interurbain entre 1975 et 2010. Si la « révolution automobile » n'avait pas encore eu lieu au 19<sup>ème</sup> siècle, on comprend qu'étudier les REI des LGV/TGV au 20<sup>ème</sup> siècle sera peu pertinent si on néglige les performances du principal mode concurrent.

La méthode pour reconstituer le réseau routier interurbain est comparable à celle précédente, même si les informations sources ont été bien plus faciles à obtenir. Ainsi, nous sommes également repartis de la version 2010 du fichier Route500© de l'IGN puis, par superposition, nous avons remonté le temps pour éliminer les tronçons routiers non présents aux dates antérieures (1999, 1990, 1982 et 1975). Les cartes utilisées ont été fournies sous forme de scans par l'IGN. Elles sont pour la plupart régionalisées et issues des séries 901©, Top250©, Rouge© et R\*\*©.

Nous avons adopté une définition extensive de la grande vitesse routière. Furent ainsi considérées les voies principales à caractère autoroutier, les bretelles d'accès, les routes nationales et les liaisons principales (incluant donc des routes départementales). Seuls les principaux tronçons du réseau routier intra-urbain ont été pris en compte, dans la mesure où le calcul des distances et des temps de parcours s'appuie sur les barycentres des unités spatiales analysées (voir 3.1). En dehors des zones urbaines, en revanche, le réseau local d'appoint n'a pas été retenu.

## **2.3. Caractériser les réseaux**

L'étude de la « révolution de la vitesse » (Studeny, 1995) autorisée par l'innovation ferroviaire nécessite d'avoir recours à de nouvelles sources : l'analyse bibliographique (Bretagnolle, 2003; Caron, 1997; Studeny, 1995) a permis d'évaluer les vitesses au moment de la construction de l'infrastructure. Elles ont été estimées par décade puis confrontées au guide horaire de l'almanach Hachette de 1908, à la carte des vitesses de Wiener de 1934 et à la carte des vitesses de RFF de 2001. Trois classes caractérisent le réseau entre 1860 et 1930. La vague d'électrification et l'arrivée des LGV ont nécessité d'insérer de nouvelles classes, plus à même de discrétiser le réseau. Dans le tableau 1, les vitesses moyennes sont pondérées par la pente obtenue à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) ainsi que par le linéaire de chaque classe de voies ferrées.

A chaque tronçon routier, nous avons également associé une vitesse de circulation. Celle-ci variant selon le type de routes et les moments de la journée, nous nous sommes inspirés de Hilal (2010) qui propose des paramètres liés au type de voie, à la position de la commune dans une aire urbaine et à la tranche de population du pôle urbain. Par exemple, un tronçon situé dans une zone urbaine dense autorisera une vitesse moyenne de circulation plus faible que la vitesse légale autorisée. Nous avons calculé pour chaque tronçon une vitesse moyenne en considérant 8 heures de pointe (6h-10h et 16h-20h) et 16 heures creuses. Le tableau 1 détaille les vitesses moyennes pondérées par la longueur des différents tronçons.

Ainsi, les bretelles d'accès aux autoroutes, souvent en milieu urbain (avec une faible vitesse et de courte longueur), doivent être distinguées des tronçons autoroutiers situés en rase campagne (plus longs et avec une forte vitesse).

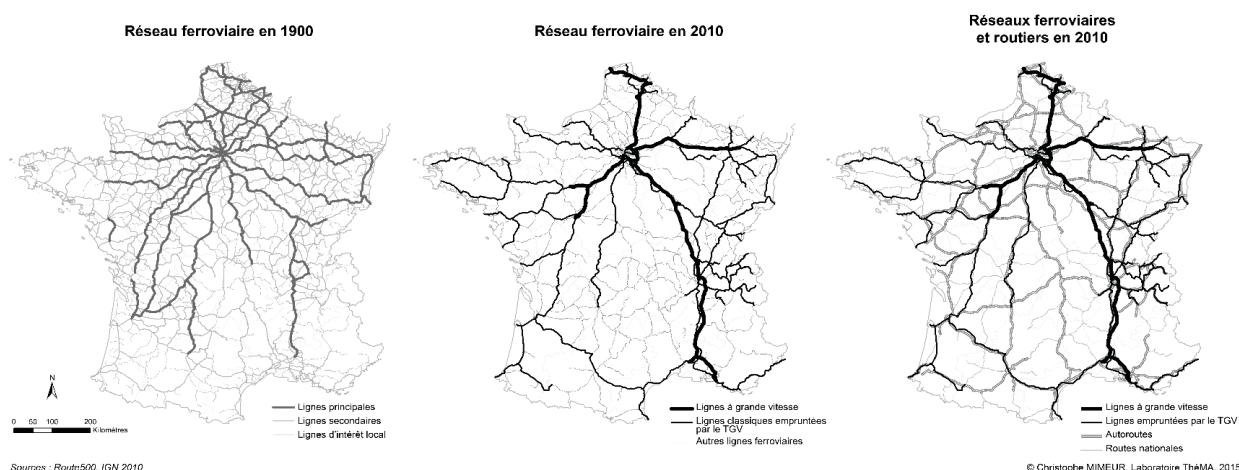
**Tableau 1 – Evolution des linéaires d'infrastructures et des vitesses moyennes**

	1860	1870	1880	1890	1900	1975	1982	1990	1999	2010
Voies ferrées (km)	9427	17268	26331	37491	44651	26737	25755	26183	26511	26834
Dont LGV (km)	-	-	-	-	-	-	300	705	1274	1826
Dont voies avec TGV (km)	-	-	-	-	-	-	1601	4739	5044	7906
Vitesse trains (km/h)	36	36	39	39	41	88	98	111	121	132
Routes (km)	-	-	-	-	-	60766	63145	65695	68610	73752
Dont autoroutes (km)	-	-	-	-	-	4039	6153	7771	9720	11377
Dont nationales (km)	-	-	-	-	-	9159	9287	9403	9593	10771
Vitesse routes (km/h)	-	-	-	-	-	70	64	73	74	75

Sources : calculs des auteurs

Le tableau 1 illustre bien la phase de croissance rapide du réseau ferroviaire dans un premier temps, entre 1860 et 1900, même si cette croissance s'étale jusqu'aux années 1930 (Thévenin et al., 2013). C'est à la fin de la décennie 1850 que les lignes tracées par Legrand sont achevées et que le réseau devient réellement connexe à l'échelle nationale. La seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle est au contraire caractérisée par la contraction du réseau ferroviaire et la phase de croissance du réseau routier. Au final, le réseau ferré actuel, comprenant les LGV, n'excède pas la taille du réseau ferroviaire des années 1880, soit moins de la moitié du réseau maximal ayant existé en France (56 000 km en 1930). La figure 2 rend compte de la densité du réseau en 1900 par rapport à 2010, auquel on peut désormais associer le réseau autoroutier et routier principal.

**Figure 2. Evolution des réseaux sur la longue durée**



Bien que le linéaire d'infrastructures ferroviaires ait chuté de moitié, sa qualité s'est considérablement améliorée. En 2010, près d'1 kilomètre sur 15 pouvait être parcouru sur une LGV, à une vitesse supérieure à 250 km/h, et près du tiers du réseau pouvait être emprunté par les TGV. La révolution de la vitesse est donc bien à l'œuvre depuis plus de 150 ans. Remarquons toutefois que la vitesse moyenne n'a été multipliée que par 3,6 depuis 1860 alors même que la vitesse des premières locomotives était sept fois supérieure à l'« immense piétinement des Hommes » (Bavoux et al., 2005) et quatre fois supérieure aux premières diligences (Bretagnolle, 2003). Ainsi, la contraction de l'« espace-temps » pourrait avoir eu davantage d'impacts sur les territoires au 19<sup>ème</sup> siècle que dernièrement. Conjointement au

développement du linéaire, ce sont aussi les points d'entrée sur le réseau ferroviaire – les gares – qui ont participé à amener le train sur tout le territoire (tableau 2).

Au début de la période d'étude du réseau routier, en 1975, celui-ci comptait plus de 60 000 kilomètres de routes principales, dont 6% étaient des autoroutes. Le développement récent du réseau routier a fait la part belle aux autoroutes, dont la longueur a presque été multipliée par 3, alors que le réseau global augmentait de 22%. Pour autant, la vitesse moyenne sur les routes principales de notre SIG-H n'a augmenté que de 7%, relativisant encore une fois la notion de « grande vitesse », et ce même sur la route. Surtout, on constate que la vélocité théorique autorisée par les infrastructures ferroviaires est constamment supérieure à celle des routes, l'écart augmentant entre 1975 et 2010.

### 3. La construction des matrices temporelles

#### 3.1. Les grands principes de construction et les outils mobilisés

Le SIG-H intègre également les unités spatiales analysées dans BASECOGV : les Unités Urbaines (UU) définies par l'INSEE comme « *un ensemble d'une ou plusieurs communes qui comporte sur son territoire une zone bâtie d'au moins 2 000 habitants où aucune habitation n'est séparée de la plus proche de plus de 200 mètres* ». Ce choix permet d'étudier des espaces plus grands que le seul périmètre des villes et plus denses que les aires urbaines. Les UU sont une maille pertinente pour analyser les interdépendances socio-économiques liées à l'amélioration des offres de transport. Devant récolter diverses informations, Koning et al. (2015) ont restreint l'étude aux 231 UU comptant au moins 20 000 habitants en 1999. Malgré les redécoupages des périmètres administratifs des communes intervenus depuis, seule la géographie de 1999 des UU de l'INSEE fut considérée. Pour garantir la continuité spatiale des réseaux, les UU insulaires ont été exclues. De plus, les UU internationales (comme Genève-Annemasse) n'ont été considérées que dans leur partie française.

Afin d'estimer les REI des LGV/TGV, le SIG-H fut mobilisé pour construire des matrices de distances kilométriques et des temps de parcours entre les 231\*231 paires d'Origine-Destination (OD) possibles. Une approche par les temps de parcours est plutôt classique comme préalable à la construction d'indicateurs d'accessibilité. Pour cela, le passage au formalisme des graphes (Haggett et Fréchou, 1973) fut nécessaire, le choix de la formulation de la distance étant le « plus court chemin » (kilométrique ou temporel, incluant la vitesse) estimé sur le graphe pour le réseau considéré. Si les calculs de graphes sont intégrés à l'intérieur des logiciels SIG classiques, la profondeur temporelle et la complexité de la donnée géo-historique requièrent le passage à d'autres outils.

Plutôt que de recourir à des outils payants, nous avons mobilisé pour BASECOGV des ressources libres : QGIS, RStudio© et OrbisGIS pour construire les matrices, à partir d'un script « distancier » réalisé sous H2Network à l'IRSTV par Bocher et al. (2015), en collaboration avec l'IFSTTAR. Une vérification préalable de la géométrie et de la sémantique du réseau permet de pallier certaines lacunes dues à la saisie manuelle. Afin de garantir la connectivité des réseaux, un raccordement automatique fut généré avec le tronçon (routier ou ferroviaire) le plus proche du barycentre des UU. Dans le cadre des travaux de THÉMA, des ressources libres ont également été mobilisées en complément de QGIS : le gestionnaire de bases de données géographiques PostgreSQL ainsi que ses extensions PostGIS et pgRouting.

### 3.2. La génération de matrices plus complexes

Etant donnée la croissance du linéaire de voies ferrées entre 1860 et 1900, se pose la question de l'accès au réseau, par définition discontinu (Stathopoulos, 1997). Les voyages pour se rendre à la gare se faisant surtout à pied jusqu'à la veille de la seconde guerre mondiale (Flonneau et Guigueno, 2009), il a fallu « imaginer » et intégrer un nouveau segment piéton entre l'UU d'origine et le point d'entrée sur le réseau ferroviaire. Pour rejoindre la gare permettant de voyager le plus rapidement, un maillage théorique des communes françaises issu d'une « triangulation de Delaunay » fut constitué puis croisé avec un MNT afin de prendre en compte une « friction » sur les réseaux, i.e. la décroissance de la vitesse de marche par rapport à la pente des itinéraires (Garmy et al., 2005). Au final, la constitution des matrices de distances sur le temps long permet d'obtenir des résultats cohérents avec les récits de voyage (Study, 1995).

Pour le 20<sup>ème</sup> siècle, une première analyse montre que le réseau ferroviaire est privilégié pour 95% des OD. En effet, le distancier ne prend pas en compte les temps d'attente liés aux interconnexions en gares, souvent nécessaires pour relier une OD éloignée. Cette limite ne concerne pas les automobiles, les liaisons étant « porte-à-porte ». Pour y remédier, nous avons appliqué les règles suivantes : une interconnexion doit être assurée pour tous les trajets ferroviaires au-delà de 200 km sur le réseau, exception faite des liaisons en TGV ou LGV pour lesquelles les voyageurs restent dans les trains ; chaque interconnexion correspond à une pénalité de 30 minutes. Pour identifier les liaisons TGV/LGV, nous avons croisé le SIG-H avec une carte de la SNCF de 2008. Au final, le nombre d'arcs TGV/LGV passe de 5 en 1982 à 41 en 2010. Aucune liaison de ce type n'étant assurée en 1975, la règle des « 200 km/30 minutes » fut constamment appliquée à cette date.

### 3.3. L'évolution des temps de parcours

Plus substantielle encore que l'évolution du linéaire, celle des temps de parcours moyens entre les 231 UU (tableau 2) est bien l'expression de la révolution de la vitesse. Tout d'abord, si la construction de l'étoile dessinée par Legrand s'achève entre 1855 et 1860, seule une UU sur deux était équipée d'une gare à l'époque. C'est donc la seconde phase de construction qui profite à l'échantillon. Si près de 32h étaient en moyenne nécessaires pour connecter une paire d'UU en 1860, il ne faut plus que 18h à partir de 1870<sup>2</sup>. Dans le même temps, le linéaire du réseau ferroviaire a doublé. La diminution de l'écart-type témoigne de la multiplication des points d'entrée notamment. En 1870, 80 % des UU ont un accès direct au réseau ferroviaire et les temps de parcours se stabilisent entre 14,5h et 12h à partir de 1880. La « fièvre ferroviaire » initiée par le plan Freycinet en 1878 eut un effet moindre<sup>3</sup>, les lignes d'intérêt local concernant d'abord les bourgs. Après la stabilisation du réseau principal, c'est bien l'amélioration de l'infrastructure puis les vagues d'électrification de la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle qui ont permis une diminution de 42 % des temps de parcours entre 1890 et 1975.

La continuité de l'accès au réseau routier explique pourquoi le temps de parcours par la route (7,9h) est meilleur en 1975 que celui par le réseau ferré (8,3h). En revanche, dès 1981 et la mise en service des premières LGV, les temps ferroviaires deviennent plus intéressants, malgré les pénalités liées aux interconnexions en gares. Ils passent ainsi de 6,3h en moyenne

---

<sup>2</sup> La distance moyenne à vol d'oiseau entre les UU est de 415 km.

<sup>3</sup> Daniel Halévy (1937) a souligné que cette fièvre ferroviaire a coûté cher à la 3<sup>ème</sup> République.



en 1982 à 4,7h en 2010, soit une baisse de 25%. En plus d'une très grande vitesse, l'offre est diffuse, 98% des UU ayant une gare en 2010 et 46% étant desservies par TGV. De manière identique pour le fer et les routes, les écarts-types diminuent et témoignent d'une homogénéisation de l'offre. En raison des investissements réalisés dans le réseau autoroutier, les temps de parcours en automobiles ont en effet considérablement chuté : il fallait en moyenne 7h pour relier les différentes paires d'UU dans l'échantillon en 1982 et 5,4h en 2010. A cette date, 93% des UU sont desservies par autoroute.

**Tableau 2 - Les temps de parcours interurbains**

	1860	1870	1880	1890	1900	1975	1982	1990	1999	2010
<i>Temps moyen trains (h)</i>	31,6 (11,5)	18,0 (4,7)	14,5 (3,4)	13,0 (2,7)	12,0 (2,4)	8,3 (1,5)	6,3 (1,2)	5,7 (1,1)	5,3 (1,0)	4,7 (0,9)
<i>Temps moyen route (h)</i>	-	-	-	-	-	7,9 (1,5)	7,0 (1,2)	6,4 (1,1)	5,8 (0,9)	5,4 (0,8)
<i>Temps moyen minimum (h)</i>	31,6 (11,5)	18,0 (4,7)	14,5 (3,4)	13,0 (2,7)	12,0 (2,4)	7,5 (1,4)	6,2 (1,1)	5,6 (1,1)	5,1 (1,0)	4,8 (0,9)
<i>UU ayant une gare (%)</i>	58,9	79,7	86,6	91,34	93,9	98,3	98,3	98,7	98,7	98,7
<i>UU desservies par LGV (%)</i>	-	-	-	-	-	-	3,3	3,5	5,6	8,7
<i>UU desservies par TGV (%)</i>	-	-	-	-	-	-	10,4	27,3	31,6	45,9
<i>UU desservies par autoroutes (%)</i>	-	-	-	-	-	28,6	51,5	59,7	82,3	92,6

Source : calculs des auteurs

Lecture : les écarts-types sont entre parenthèses

Enfin, si on sélectionne pour une OD donnée l'option la plus rapide, on constate que le temps de parcours tend à converger vers celui du mode ferroviaire (variable « temps moyen minimum » dans le tableau 2). Malgré la règle des « 200 km/30 minutes », les trains restent plus rapides pour 75% des liaisons. Pourtant, les automobiles étaient utilisées pour 76% des voyages à longue distance en France en 2008, contre 18% pour le mode ferroviaire, malgré une forte progression depuis 1994 (Grimal, 2010). Ce fait montre que la vitesse physique, et donc les temps de parcours n'expliquent pas tout. Le confort d'une liaison « porte-à-porte » et les composantes monétaires (essence, titres de transport) de la mobilité interurbaine sont primordiales pour comprendre le choix modal des voyageurs. Ces informations devraient donc être idéalement complétées avec d'autres caractéristiques des réseaux, la fréquence des trains ou les liaisons aériennes notamment. Malgré leurs limites, elles ouvrent toutefois de vastes perspectives d'études. Nous nous limitons à la présentation de deux analyses autorisées par ce SIG-H sur les temps de parcours interurbains en France.

## 4. Deux exemples d'analyse

### 4.1. Les externalités de réseaux

La notion d'externalité de réseaux revêt différentes définitions. Nous supposons ici que ce phénomène apparaît lorsque les bénéfices retirés de l'utilisation d'un réseau de transport augmentent avec sa taille. Contrairement aux « biens de club », souvent illustrés avec l'exemple de la téléphonie, cette définition ne fait pas intervenir la demande. Dans notre cas, on suppose ainsi que les temps de parcours (les bénéfices pour les usagers) sont fonction du linéaire d'infrastructures.

Afin de proposer une analyse exploratoire des externalités de réseaux, nous avons restreint les calculs au seul cas ferroviaire. En effet, le SIG-H ne contient pas d'informations sur le mode automobile au 19<sup>ème</sup> siècle, ce qui conduirait à perdre la moitié des observations si

nous souhaitons l'étudier. Les calculs discutés ci-dessous se fondent uniquement sur 10 observations, i.e. les informations présentées dans les tableaux 1 et 2. Les estimations (menées à l'aide des « moindres carrés ordinaires ») sont formalisées par l'équation suivante :

$$\log(\text{Temps}_t^{\text{Fer}}) = 8,91 - 0,61 \times \log(\text{Km}_t^{\text{Fer}}) - 0,99 \times \text{Contemp}_t$$

Tous les paramètres sont statistiquement différents de zéro et les calculs expliquent 94% des variations observées. Les temps de parcours interurbains en trains ( $\text{Temps}_t^{\text{Fer}}$ ) sont bien une fonction décroissante de la taille du réseau ferroviaire ( $\text{Km}_t^{\text{Fer}}$ ) mais également de la période d'observation : si la date  $t$  est au 20<sup>ème</sup> siècle, alors la variable  $\text{Contemp}_t$  est égale à 1 et le (log) du temps de parcours baisse d'une unité environ. Cette variable discrète rend compte, « toutes choses égales par ailleurs », des progrès technologiques qui ont augmenté la vitesse des trains, l'électrification notamment.

La spécification « log-log » (les variables expliquées et explicatives sont sous une forme logarithmique) permet d'interpréter les paramètres comme des élasticités. Ainsi, une augmentation de 1% du linéaire d'infrastructures ferroviaires a fait baisser de 0,61% les temps de parcours en train entre 1860 et 2010. Bien évidemment, cette analyse devrait être reproduite directement au niveau des 231 UU. Un tel procédé aurait pour avantages de multiplier le nombre d'observations et de pouvoir différencier l'effet des linéaires sur les temps de parcours selon que l'offre autorise, ou non, la « grande vitesse ». Ces connaissances seraient grandement valorisables dans une optique d'évaluation des investissements publics. En attendant que de futurs travaux ne viennent étayer ces points, nous terminons cet article en décrivant les principales conclusions du projet BASECOGV qui étudie les Retombées Economiques Indirectes (REI) liées à l'extension des réseaux LGV/TGV en France.

#### 4.2. La propension à consommer non-localement

*A contrario* des analyses qui apprécient les effets économiques des infrastructures via les gains de productivité qu'elles pourraient engendrer (Graham et Melo, 2011), les variations de la demande locale sont ici au cœur du raisonnement. Ainsi, les dessertes ferroviaires à grande vitesse pourraient amplifier des phénomènes tels que le tourisme (privé ou d'affaires), le travail pendulaire ou la multi-résidentialité. Ce faisant, les LGV/TGV participeraient à différencier les espaces où sont produites les richesses et ceux où elles sont consommées. Dans une optique keynésienne, les infrastructures faciliteraient donc la capture de revenus qui auraient des effets positifs pour les territoires par le biais « d'effets multiplicateurs ».

En modifiant à la marge la « théorie de la base économique », Koning et al. (2015) montrent que le revenu d'une ville dépend notamment de la « Propension à Consommer Non-Localement » (PCNL) les richesses ( $h_i$ ), modélisée comme suit :

$$h_i = \alpha(A_j - A_i) \exp(\beta T_{ij})$$

Les revenus générés dans la ville  $i$  seront d'autant plus consommés dans la ville  $j$  que ce dernier territoire dispose d'un stock plus important d'aménités (naturelles ou historiques), i.e.  $A_j - A_i > 0$ . Surtout, la PCNL sera plus faible si les temps de parcours entre les villes  $i$  et  $j$  ( $T_{ij}$ ) sont importants, la durée des voyages jouant alors comme un frein.

Afin de tester empiriquement ce modèle, Koning et al. (2015) ont compilé diverses informations sur les caractéristiques socio-économiques et les aménités des 231 UU entre 1982 et 2010. Par ailleurs, le SIG-H décrit ci-dessus fournit les temps de parcours pour toutes les OD possibles. En analysant les déterminants du revenu d'équilibre des UU (approximé par le volume des emplois), Koning et al. (2015) estiment les paramètres définissant la PCNL (tableau 3). Conformément aux intuitions théoriques,  $\alpha$  (décrivant la demande pour les aménités non-locales) est positif. Surtout, le paramètre  $\beta$  est bien négatif ; plus les déplacements entre les UU  $i$  et  $j$  sont chronophages et moindre sera la propension à aller consommer ailleurs le revenu local. Dans ce cadre, les REI des LGV/TGV sont ambiguës. D'un côté, ces infrastructures permettent de capter plus facilement les revenus externes ; de l'autre, elles autorisent une fuite du revenu local. Ce sont surtout les villes dotées de nombreuses aménités qui auront les REI les plus importantes par le biais d'une « circulation invisible des richesses » (Davezies, 2008) amplifiée par les LGV/TGV.

Les études empiriques sur les REI des nouvelles offres de transport sont fréquemment entachées par des biais d'endogénéité. Pour BASECOGV, on pourrait ainsi douter de la validité des estimations de  $\beta$  puisque les temps de parcours peuvent être influencés par les performances économiques locales, et non l'inverse. Afin de questionner l'existence d'un tel problème, Koning et al. (2015) ont utilisé la méthode des « variables instrumentales » qui consiste à estimer, dans un premier temps, les temps de parcours interurbains à l'aide d'une ou de plusieurs variables instrumentales, puis à utiliser les prédictions de cette première étape pour expliquer le niveau de revenu des UU. Le SIG-H fournit un instrument souvent mis en avant (Duranton et Turner, 2012) : les temps de parcours entre 1860 et 1890 sont en effet fortement corrélés avec les durées des voyages entre 1982 et 2010 mais ils dépendent peu du niveau des emplois sur cette dernière période. Comme l'illustre le tableau 3, les problèmes d'endogénéité ne semblent pas problématiques ici. Les intervalles de confiance des paramètres définissant la PCNL se chevauchent selon que l'on utilise une méthode d'estimation classique ou les variables instrumentales.

**Tableau 3 – Les composantes de la propension à consommer non-localement le revenu**

Paramètres	Estimation classique	Variabiles instrumentales
$\alpha$	0,046** (0,011 ; 0,082)	0,046** (0,013 ; 0,078)
$\beta$	-0,124*** (-0,168 ; -0,080)	-0,123*** (-0,160 ; -0,086)

Source : Koning et al. (2015)

Lecture : les intervalles de confiance sont entre parenthèses ; \*\*\* : significatif à 1%, \*\* : significatif à 5%

Bien que nous ne puissions détailler plus longuement les conclusions du projet de recherche BASECOGV, on comprend qu'elles pourraient enrichir utilement le calcul socio-économique encadrant le choix des investissements publics dans la sphère des transports en France. Surtout, il aurait été impossible d'obtenir ces résultats originaux sans la construction et l'exploitation du SIG-H sur les temps de parcours interurbains. D'un point de vue empirique tout d'abord, ce corpus fournit une inestimable « matière première » : des linéaires évolutifs des réseaux routiers et ferroviaires ainsi que des matrices de temps de parcours entre les 231 UU, à différentes dates. D'un point de vue analytique ensuite, nous avons vu que les investissements successifs dans les réseaux ont permis d'accroître la vitesse des déplacements et de réduire considérablement les temps de parcours entre 1860 et 2010, même si d'une manière non-linéaire. Il faut donc espérer qu'un nombre croissant de chercheurs mobilise et améliore ces outils géo-historiques, les SIG-H constituant d'inépuisables vecteurs de connaissances, aux nombreuses implications académiques et opérationnelles.

## 5. Bibliographie

- Bavoux J.-J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri, P. 2005. *Géographie des transports*, Paris, A. Colin, 232 p.
- Bocher E., Petit G., Lecoivre M. 2015. H2Network : un outil pour la modélisation et l'analyse de graphes dans le Système d'Information Géographique OrbisGIS, *Document de travail dans le cadre du Réseau GEED Grand Equipement Bases de Données*, 97 p.
- Bretagnolle A. (2003). Vitesse des transports et sélection hiérarchique entre les villes françaises, dans *Données urbaines*, Paris, Economica, 433 p.
- Caron F. 1997. *Histoire des chemins de fer en France: 1740-1883*, Paris, Fayard, 706 p.
- Davezies L. (2008), *La république et ses territoires : la circulation invisible des richesses*, Editions du Seuil, La République des Idées, 109 p.
- Duranton G., Turner M. 2012. Urban Growth and Transportation, *The Review of Economic Studies*, Vol. 1: pp. 1-36.
- Fishlow A. 1965. *American Railroads and the Transformation of the Ante-bellum Economy*, Harvard University Press Cambridge, MA, 452 p.
- Flonneau M., Guigueno V. 2009. *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 222 p.
- Fogel R. W. 1962. A Quantitative Approach to the Study of Railroads in American Economic Growth: A Report of Some Preliminary Findings, *The Journal of Economic History*, 22(2) : pp. 163–197.
- Garmy P., Kaddouri L., Rozenblat C., Schneider L. 2005. Logiques spatiales et «systèmes de villes» en Lodévois de l'Antiquité à la période moderne, in: *Temps et espaces de l'homme en société, analyses et modèles spatiaux en archéologie. XXVème rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, pp. 1–12, Editions APDCA.
- Graham D.J., Melo P.C. 2011. Assessment of Wider Economic Impacts of High-Speed Rail for Great Britain, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n°2261: pp. 15-24.
- Gregory I. N., Ell P. S. 2007. *Historical GIS: technologies, methodologies, and scholarship*, Cambridge University Press, 240 p.
- Grimal R. 2010. Mobilité à longue distance : plus de voyages s'effectuent en train, mais les seniors restent adeptes de la voiture, dans *La mobilité des Français : Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*, CGDD, 228 p.
- Haggett P., Fréchou H. 1973. *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Paris, A. Colin, 390 p.
- Halévy D. 1937. *La république des Duces*, Grasset, 411 p.
- Hilal M. 2010. ODOMATRIX. Calcul de distances routières intercommunales, *Cahier des Techniques de l'INRA*, (Numéro spécial : Méthodes et outils de traitement des données en sciences sociales. Retours d'expériences) : pp. 41-63.
- Hornung E. 2012. Railroads and Micro-regional Growth in Prussia, *Competitive Advantage in the Global Economy (CAGE)*, n°79.
- Koning M., Bahoken F., Bazin Benoit S., Beckerich C., Blanquart C., Delaplace M., Joignaux G., Savy M. 2015. *BASECOGV – Dessertes TGV et dynamiques économiques locales : un éclairage à partir de la distinction entre territoires productifs, résidentiels ou intermédiaires*, Rapport de recherche pour le PREDIT, 197 p.
- Lafourcade M., Mayer T. 2009. Des routes pavées de bonnes intentions, *Références Economiques pour le Développement Durable*, n°9, 5 p.

- Offner J.M. 1993. Les « effets structurants » du transport : mythe politique, mystification scientifique, *L'espace géographique*, Vol. 22 (3) : pp. 233-242.
- Ribeill G. 1985. Aspects du développement du réseau ferré français sur la longue durée. L'approche historique, *Cahier / Groupe Réseaux*, 1(1) : pp. 10–25.
- Stathopoulos N. 1997. *Performance territoriale des réseaux de transport*, Paris, Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, 228 p.
- Studený C. 1995. *L'invention de la vitesse: France, XVIIIe-XXe siècle*, Paris, Gallimard, 408 p.
- Terrier C. 2009. Distinguer la population présente de la population résidente, *Courrier des statistiques*, n° 128 : pp. 63-70.
- Thévenin T., Schwartz R., Sapet L. 2013. Mapping the Distortions in Time and Space: The French Railway Network 1830 – 1930, *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46 : pp. 134-143.