INTERNATIONAL UNION
OF RAILWAYS

LA GRANDE VITESSE DANS LE MONDE

Évolution historique, géographique et technologique

Avertissement
Toutes copies, reproductions ou diffusions, mêmes partielles, par quelque moyen que ce soit y compris électronique, à usage autre que privé et individuel, sans le consentement exprès de l'Union Internationale des Chemins de fer, sont interdites. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction par un art ou procédé quelconque. Ne sont autorisées, avec mention, du nom de l'auteur et de la source que « les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées ». (Articles L 122-4 et L122-5 du code de la propriété intellectuelle).

© Union Internationale des Chemins de fer (UIC) - Paris, 2023

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos 1

Le chemin de fer : une très longue histoire de records de vitesse 2

Naissance de la grande vitesse ferroviaire 3

Définition de la grande vitesse ferroviaire 5

Développement de la grande vitesse ferroviaire dans le monde 6

Attractivité commerciale de la grande vitesse ferroviaire 12

Grande vitesse et mobilité durable 19

Gares pour trains à grande vitesse 24

Matériel roulant 26

La grande vitesse ferroviaire à l'UIC 28

La grande vitesse au Maroc 30

La grande vitesse ferroviaire : la bonne vitesse pour notre planète 33

AVANT-PROPOS

Notre précédente brochure, éditée à l'occasion du Xe Congrès Mondial de la Grande Vitesse à Ankara, Turquie, a été publiée en mai 2018. L'édition actuelle accompagne la XIe édition de ce Congrès qui se tient à Marrakech, Maroc, les 7-10 mars 2023. L'ONCF et l'UIC, qui co-organisent ce congrès, ont choisi de le mettre sous le thème de « la Grande Vitesse Ferroviaire : La bonne vitesse pour notre planète ». Depuis le Congrès précédent, le monde a évolué : la pandémie de la COVID-19 a affecté le monde entier et, pour le secteur des transports, le train a montré sa place centrale et sa très forte capacité de résilience.

D'ailleurs, le développement du réseau mondial à grande vitesse ne s'est pas arrêté pendant la pandémie puisqu'il est passé de 44 000 km en 2017 à environ 59 000 km en 2022, soit un bond de plus d'un tiers. Si la Chine contribue très majoritairement à cette expansion (pour un peu plus de 10 000 km), les autres pays ont aussi été très actifs. Il n'y a pas de cas de pays qui, ayant créé un premier tronçon de ligne nouvelle, se soit définitivement arrêté là.

Un chapitre de cette brochure est spécialement dédié au Maroc et à l'ONCF, qui accueillent le congrès.

Ainsi, il est et reste incontestable que la vitesse a fait et fait encore le succès du rail pour les voyageurs. La Chine envisage de nouveau de repousser les limites de la vitesse commerciale jusqu'à un niveau (400 km/h) qui paraissait inatteignable il y a quelques années seulement.

Faut-il pour autant voir la grande vitesse comme un objectif à généraliser ? Telle est la question que l'UIC et l'ONCF souhaitent débattre au cours de leur XIe Congrès Mondial de la Grande Vitesse. En effet, il est aisé de comprendre que l'augmentation de la vitesse a un coût et nécessite de l'énergie supplémentaire.

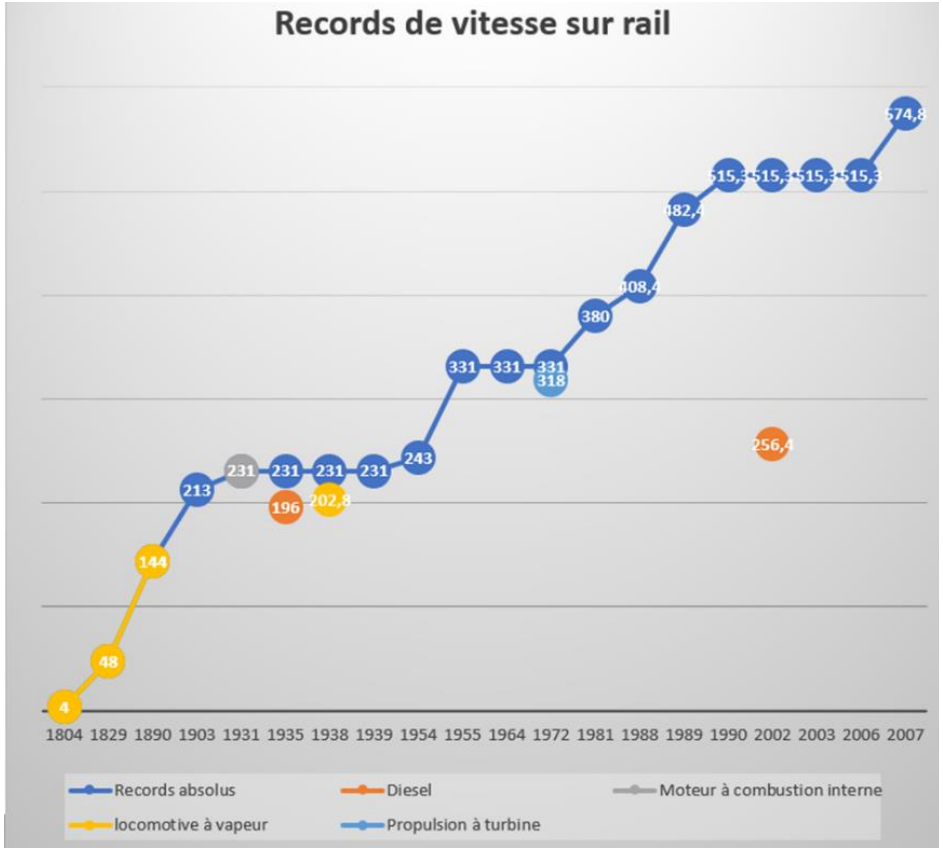
Ne convient-il pas de réfléchir à la relation entre coût de la vitesse et bénéfice socio-économique qu'on en attend ? N'est-il pas aussi temps de mieux appréhender à quelles conditions le progrès technologique peut apporter des solutions au déréglement climatique ?

Je vous souhaite donc une bonne lecture de cette brochure qui, dans sa dernière partie, traite spécifiquement des tenants et aboutissants de la « bonne vitesse pour notre planète » afin de vous mettre en appétit pour ce grand débat lors du Congrès.

François DAVENNE
Directeur Général

LE CHEMIN DE FER : UNE TRÈS LONGUE HISTOIRE DE RECORDS DE VITESSE

Depuis l'origine des chemins de fer, de nombreux records de vitesse ont été battus, comme le montre le diagramme suivant :



Au fil du temps, les performances du système ferroviaire, constitué du train en lui-même, mais aussi de l'infrastructure, de la signalisation, de la sécurité et de bien d'autres composants, sont en constante progresson.

1830 — "Rocket" locomotive by George Stephenson reaches 50 km/h

1903 — Siemens & AEG Electric railcar reaches 210 km/h

1964 — 1 October, the SHINKANSEN, first HSR system, starts in Japan

1981 — The TGV, the first European HS train, operates in France at 260 km/h

1988 — Pendolinoin Italy and ICE in Germany

1989 — The Atlantic TGV operates at 300 km/h

1992 — AVE in Spain

1997 — HSR in Belgium

2003 — HS1 in UK

2004 — KTX in South-Korea

2007 — 574.8 km/h New HSR record in France

2007 — China HS Rail Corporation

2008 — CHR in China

2009 — HSR in the Netherlands and in Turkey

2018 — HSR in Morocco and Saudi Arabia

NAISSANCE DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

La grande vitesse ferroviaire est née au Japon en 1964...

En 1964, la ligne Tokyo-Osaka, à l'écartement standard, entièrement dédiée au trafic de voyageurs, est inaugurée avec des circulations atteignant la vitesse commerciale record de 210 km/h.

La grande vitesse ferroviaire est née. Elle bénéficie d'une infrastructure neuve, spécialisée dans le trafic de voyageurs. Elle offre en outre au Japon un gabarit plus large que le gabarit standard. Cela explique pourquoi les trains à grande vitesse japonais présentent des rangs de 5 places de front contre 4 dans d'autres pays.

C'est ainsi que la grande vitesse ferroviaire s'est trouvée associée avec la spécialisation de l'infrastructure au trafic de voyageurs.

Le Shinkansen en 1964

© DRAGONBALLXYZ - Self-photographed, CC BY-SA 3.0, Wikimedia

... puis s'est développée en Europe.

On peut considérer que la Direttissima Rome-Florence est le premier projet de ligne nouvelle en Europe construite avec la volonté d'accélérer les trains tout en offrant plus de capacité. Contrairement au Japon, son exploitation initialement mixte (pour le fret et les voyageurs) interdit de proposer des vitesses très élevées. Son adaptation ultérieure lui a permis d'être classée comme ligne à grande vitesse en 1988.

La Direttissima

© Sandro Baldi, Bologna, Italia, ETR.450 verso Monzuno, Appennino Bolognese, Wikipedia

En 1981, la ligne nouvelle Paris-Lyon prend d'emblée le parti de la spécialisation au trafic de voyageurs, en adoptant des caractéristiques géométriques incompatibles avec celles requises par le fret, comme des rampes et pentes de 3,5%. L'idée est, puisque seules des rames fortement motorisées l'emprunteront, de réduire la distance parcourue entre Paris et Lyon en s'écartant des vallées, traditionnellement empruntées par le réseau ferré conventionnel et de limiter le nombre et l'importance des ouvrages d'art à construire. Cette ligne, totalement mise en service en 1983, sur 425 km, ne comporte aucun tunnel et les ouvrages d'art (ponts et viaducs) ne représentent que 2% de sa longueur, tant les déclivités admises permettent de coller au terrain naturel. La vitesse commerciale initiale est de 260 km/h. Elle a été augmentée, à 270 km/h en 1985 puis 300 km/h une dizaine d'années plus tard.

Ligne Paris-Lyon en montagnes russes

© SNCF

La plupart des lignes à grande vitesse dans le monde ont pareillement adopté ce principe de la spécialisation de l'infrastructure au seul trafic à grande vitesse de voyageurs.

En Allemagne cependant, les premières lignes nouvelles ont été construites pour des trains de voyageurs et de fret, mais ces derniers n'ont jamais vraiment circulé simultanément sur ces lignes, en étant respectivement cantonnés dans des intervalles de temps séparés.

DÉFINITION DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

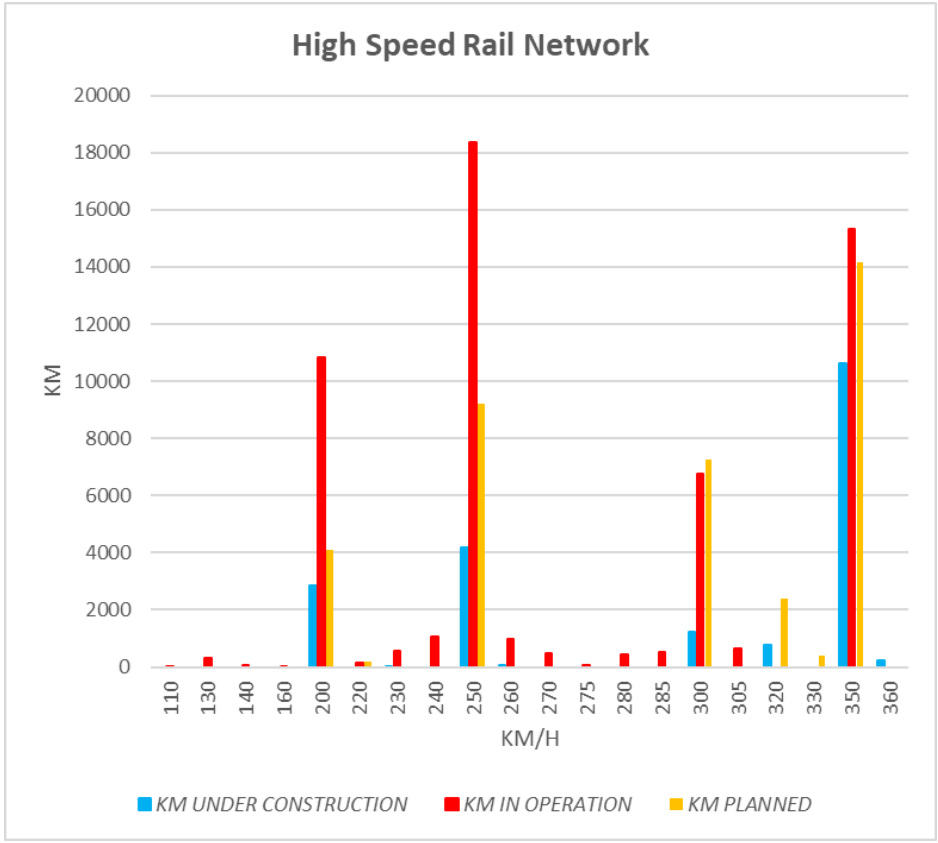
La grande vitesse ferroviaire reste un système de transport guidé au sol : on pourrait la considérer comme un sous-système ferroviaire. Le changement le plus important vient de la vitesse. Comme il fallait réduire les temps de trajet à des fins commerciales, la vitesse est apparue comme le principal facteur de progrès. Le train à grande vitesse va de pair avec un saut de vitesse commerciale et c'est pourquoi l'UIC considère la vitesse commerciale de 250 km/h comme le critère principal pour la définition de la grande vitesse ferroviaire.

Toutefois, un critère secondaire est admis sur les distances moyennes sans concurrence aérienne, où il n'est peut-être pas pertinent de rouler à 250 km/h, puisqu'une vitesse inférieure de 230 ou 220 km/h ou au moins supérieure à 200 km/h (adaptée aux trains conventionnels) suffit à capter autant de parts de marché qu'un mode de transport collectif peut le faire. Cela vaut aussi pour les très longs tunnels dont le coût de construction dépend du diamètre lié au carré de la vitesse.

Pour les vitesses supérieures à 200 km/h, l'infrastructure peut être classée dans la catégorie « grande vitesse » si le système en exploitation respecte les normes de la grande vitesse pour l'équipement de la voie, le matériel roulant (généralisation des rames), les systèmes de signalisation (abandon des signaux au sol), l'exploitation (centres de contrôle à longue portée), la séparation géographique ou temporelle des trafics de marchandises et de passagers.

Le réseau ferroviaire à Grande Vitesse peut aussi comporter des segments d'infrastructure qui permettent de relier des lignes à grande vitesse entre elles, sans qu'ils en aient toutes les caractéristiques.

Ainsi, les lignes retenues dans les statistiques ne sont pas toutes parcourables à très grande vitesse, comme l'illustre ce graphique qui décompose le réseau mondial par coupure de vitesse.

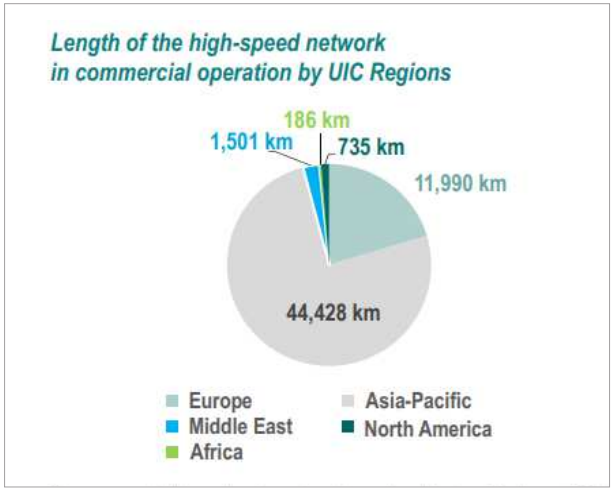


Source : Table according to database of UIC Atlas 2022

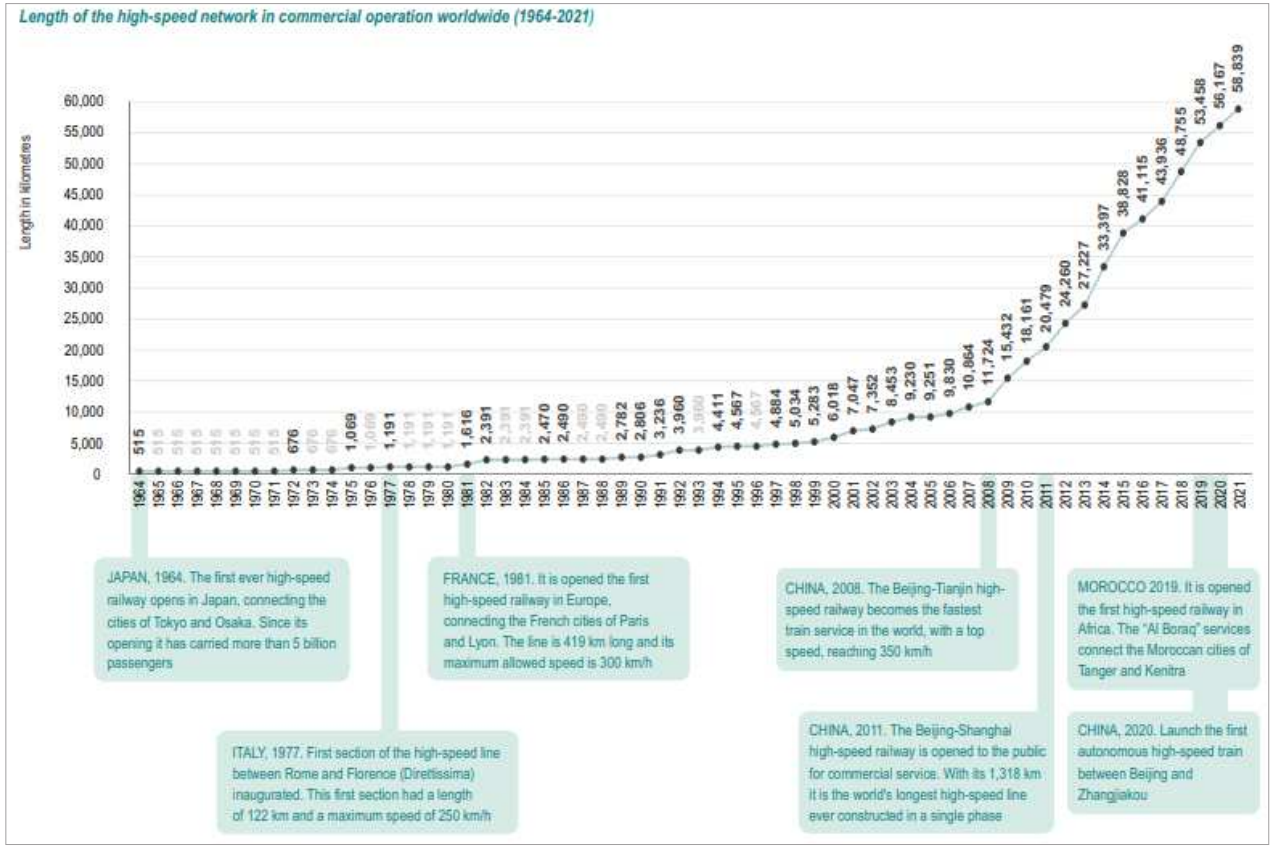
DÉVELOPPEMENT DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE DANS LE MONDE

Le développement de la Grande Vitesse dans le monde s'est opéré de manière régulière, des origines jusqu'à 2008. Ensuite, il a connu une très forte accélération due à la construction et la mise en service des lignes nouvelles en Chine. A ce jour, cette accélération ne s'est pas affaiblie.

Les pays asiatiques ont pris le leadership pour la longueur du réseau à grande vitesse à partir de 2010.

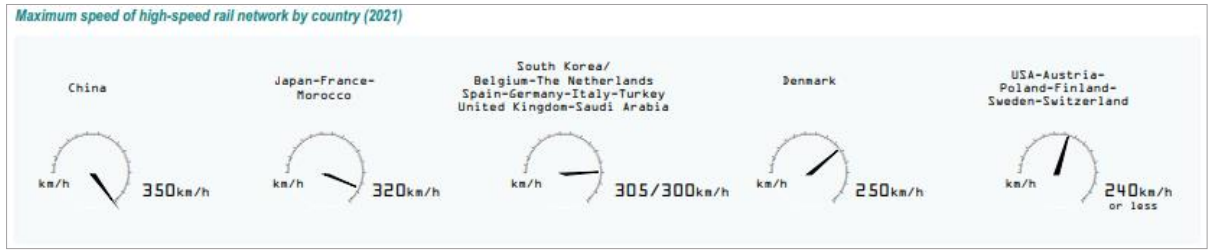


Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

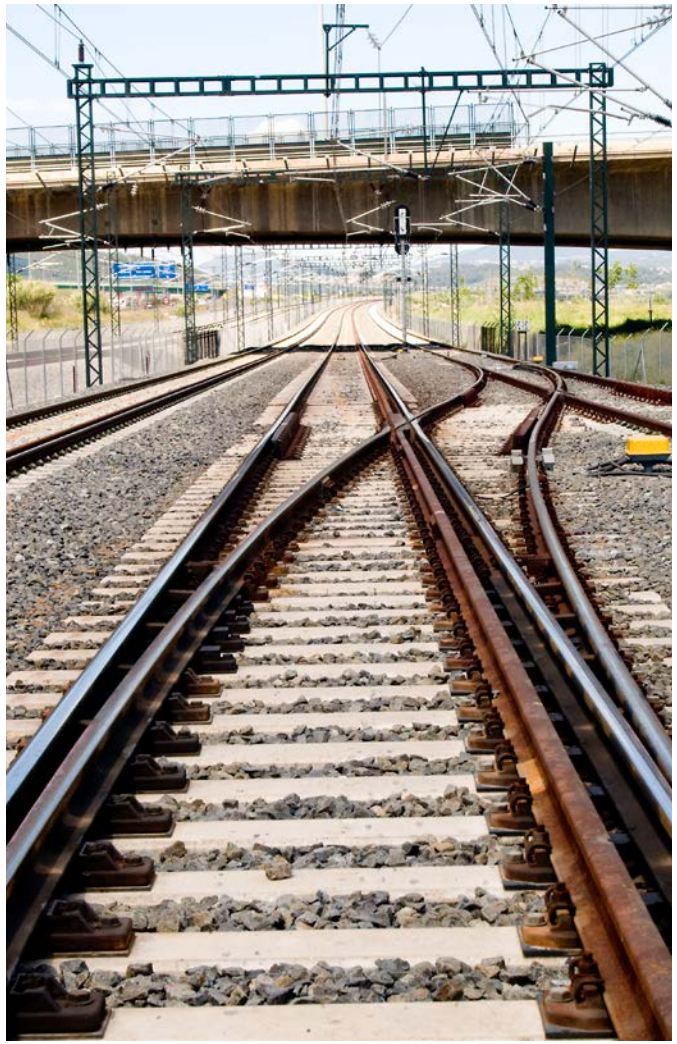


Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

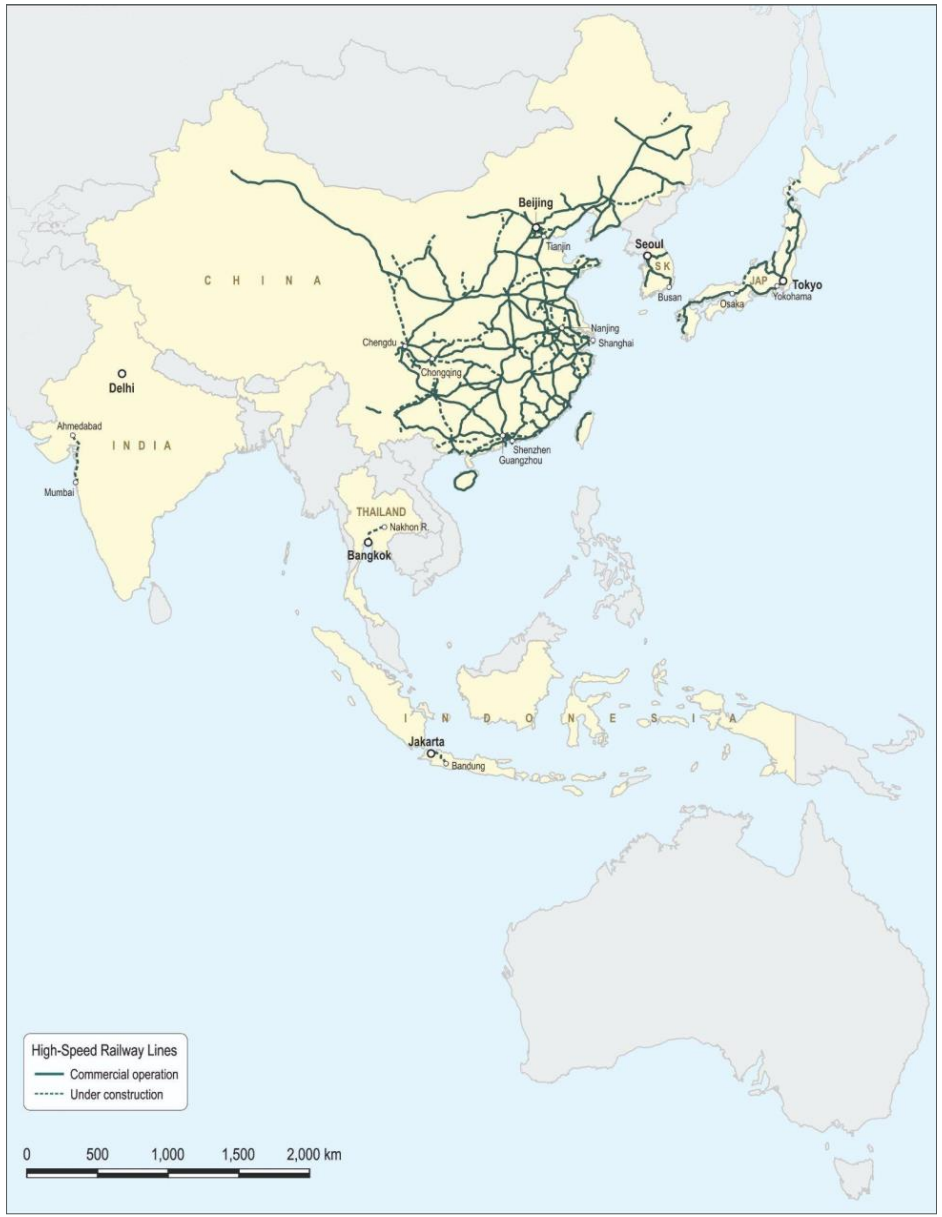
Compte tenu de son contexte, chaque pays opte pour une vitesse commerciale maximale particulière, comme l'indique le diagramme suivant :



Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022



© ADIF

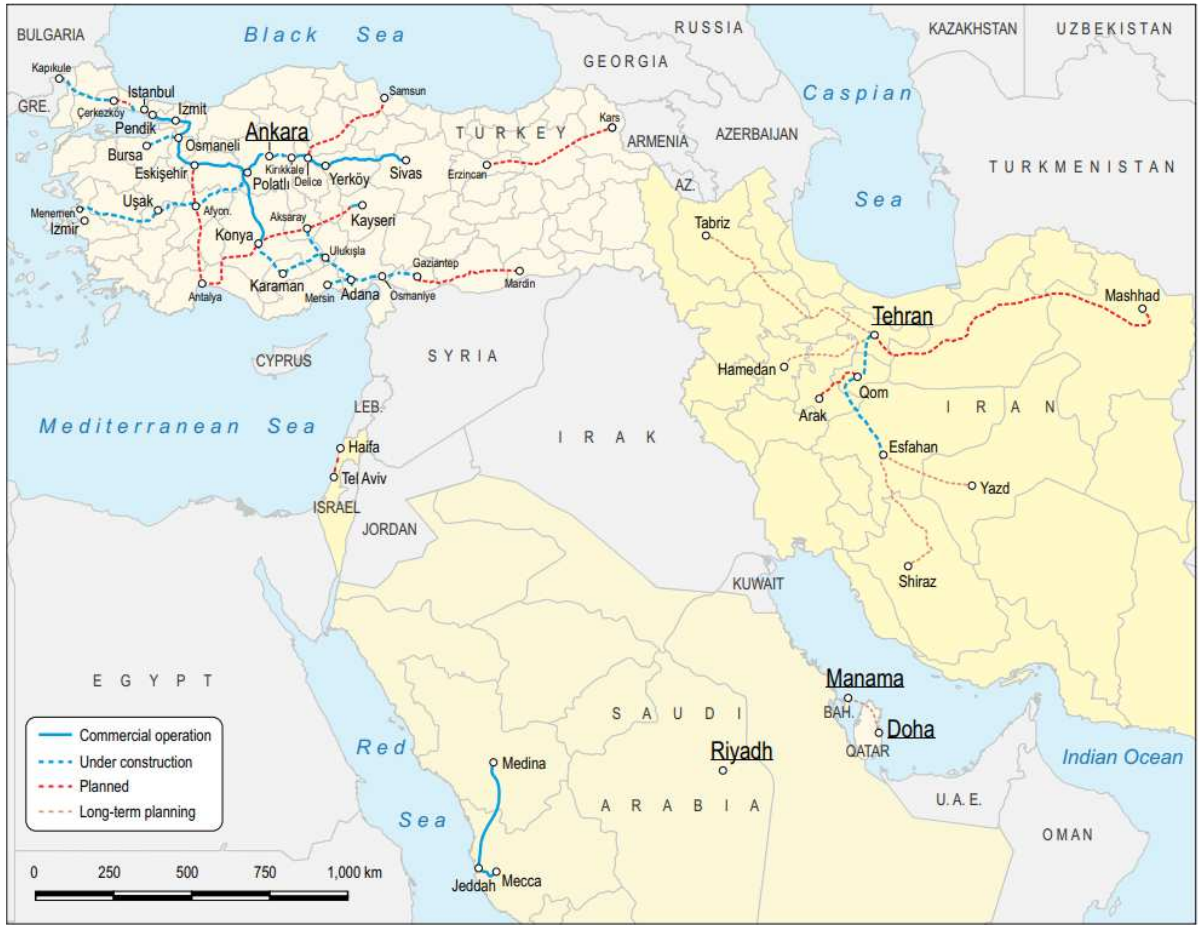


L’Asie Pacifique est la région du monde la plus active pour la construction de lignes ferroviaires à grande vitesse. En tant que moyen de transport de masse, le train se prête bien aux pays densément peuplés. Le Japon puis la Corée du Sud ont donné l’impulsion et continué la construction de leur réseau à l’échelle de leur pays. La Chine, qui a démarré plus tardivement, a changé l’échelle du réseau mondial par un investissement massif concentré sur une quinzaine d’années. Elle n’a pas terminé son maillage national et la décennie à venir verra encore de très nombreux développements. D’autres pays, très peuplés comme l’Inde et l’Indonésie, pour ne citer que deux exemples, se lancent désormais dans cette aventure avec des infrastructures en construction ou en projet.

Avec environ 15 000 kilomètres de lignes à grande vitesse, et 35 projets d'infrastructures transfrontalières, et grâce à un effort de centaines de milliards d'euros, l'Union européenne veut se doter, à l'horizon 2030, d'un vaste réseau de transport afin de mieux relier et désenclaver tous les États membres. L'objectif est de doubler le trafic ferroviaire à Grande Vitesse en 2030, et de le tripler à l'horizon 2050.

Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

Au Moyen-Orient, la Turquie a initié le mouvement avec un plan ambitieux destiné à mailler le pays et le relier à l'est comme à l'ouest pour créer un corridor eurasien. Ce plan se réalise progressivement. L'Arabie Saoudite a démarré plus récemment avec une liaison des Lieux Saints dont la mise en service est un succès d'exploitation. L'Iran a désormais une ligne nouvelle en construction et de nombreux projets de développement, et Israël développe une ligne reliant Haifa, Tel Aviv et Beer-Sheva.



Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

En Amérique du Nord, le train a joué un rôle très important pour donner une unité à des espaces gigantesques entre les océans Atlantique et Pacifique. Contrairement à l'Europe et l'Asie, il n'y a pas, en Amérique, de projets qui soit à l'échelle complète du continent, mais une série de corridors reliant des villes importantes. Le Corridor Nord-Est Américain est le meilleur exemple de ces corridors. La Californie en est un second, en cours de construction. Divers plans à long terme illustrent le rôle que la grande vitesse ferroviaire pourrait tenir dans l'avenir à l'instar de la vision proposée par USHSR (Association de la Grande Vitesse Ferroviaire aux US) illustrée par la carte suivante :

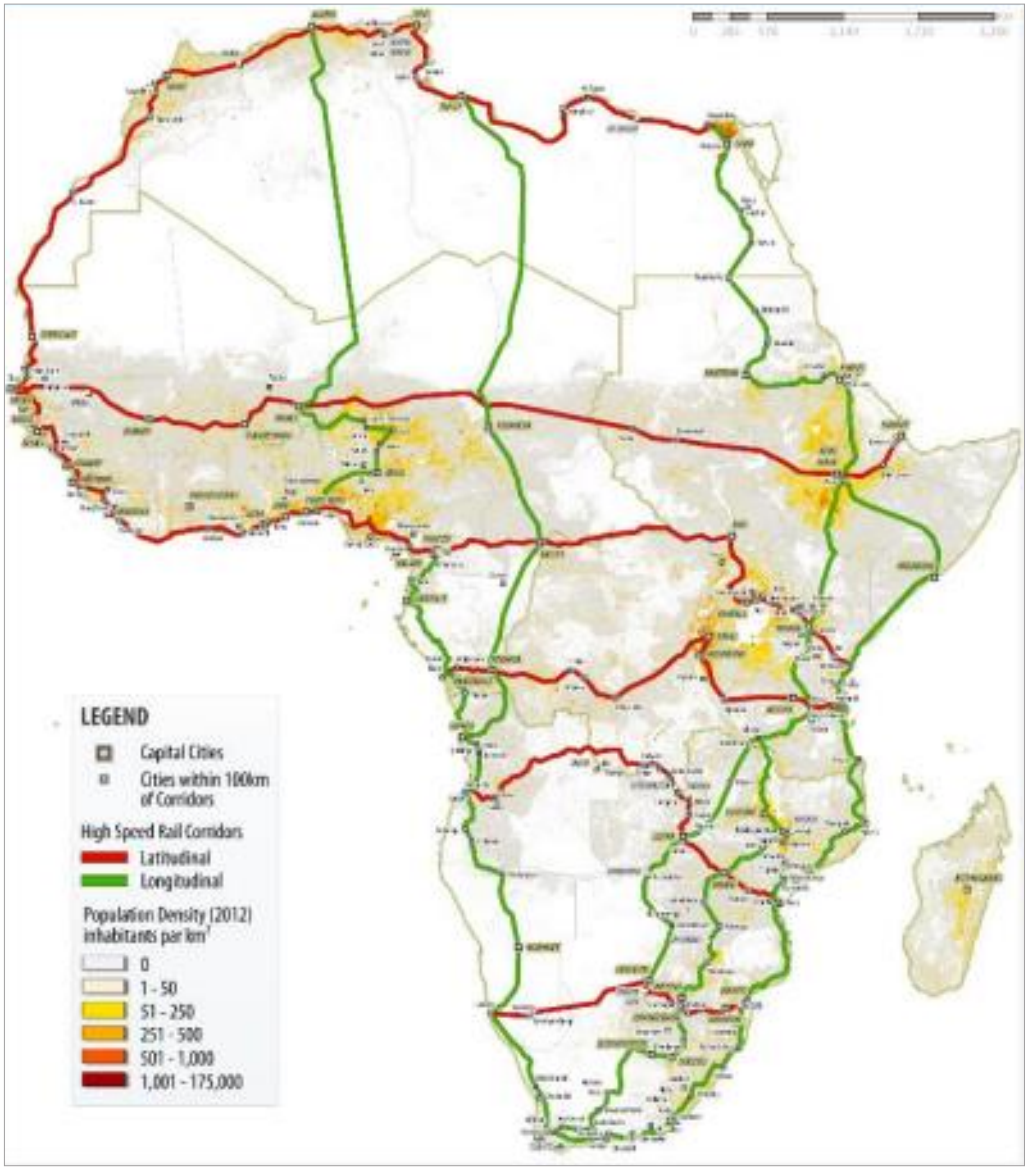
© US High-Speed Rail Association

Par comparaison avec l'Asie-pacifique ou l'Europe, la carte africaine paraît vide. Elle l'était complètement avant 2018. Désormais, le mouvement s'étend sur ce continent avec deux pays qui s'équipent de Grande Vitesse Ferroviaire : le Maroc et l'Egypte.

Cependant, l'Union Africaine a l'ambition de créer un réseau intégré de trains à grande vitesse, c'est l'un des projets phares de son Agenda 2063. Il vise à interconnecter les capitales et centres commerciaux africains. Sa mise en œuvre constitue un levier essentiel pour la réussite de la Zone de libre-échange continentale africaine (Zlecaf).

Cette carte montre que, quelle que soit la région du monde, le potentiel de développement de la grande vitesse ferroviaire reste encore très important. En effet, la partie orientale de l'Europe, de nombreux pays très peuplés d'Asie comme l'Inde ou l'Asie du Sud-Est, une grande partie du Moyen Orient, presque toute l'Afrique, l'Australie et l'Amérique du Nord et du Sud, mériteraient d'être équipés de grande vitesse ferroviaire.

Carte ferroviaire de l'agenda 2063



ATTRACTIVITÉ COMMERCIALE DE LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE

L'attractivité de l'offre ne se mesure qu'en termes relatifs, par comparaison entre le coût, le temps et la pénibilité subis par le voyageur pour se rendre d'un point à un autre, en fonction du mode de transport utilisé. Voici, pour quelques origines-destinations, les comparaisons établies par le chercheur d'itinéraire Rome2rio.com choisi en raison de sa neutralité par rapport aux modes de transport. Ces comparaisons fournissent le détail des étapes composant un voyage selon le mode choisi (car, voiture privée, covoiturage, avion ou train) le coût total et le temps de porte-à-porte pour le voyageur.

EUROPE

O/D pair: PARIS - MARSEILLE (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 660 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
									€
5 min	20 min	5 min	10 h 20 min	COACH	5 min	10 min	5 min	**11 h 10 min**	**37 €**
5 min	0 min	0 min	7 h 15 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**7 h 25 min**	**117 €**
5 min	0 min	15 min	9 h	CAR POOLING	15 min	0 min	5 min	**9 h 35 min**	**50 €**
5 min	40 min	45 min	1 h 25 min	AIR	5 min	35 min	5 min	**3 h 40 min**	**145 €**
5 min	10 min	5 min	3 h 15 min	HSR	5 min	5 min	5 min	**3 h 50 min**	**124 €**

EUROPE

O/D pair: ROME - MILAN (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 479 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
									€
5 min	40 min	5 min	6 h 35 min	COACH	5 min	40 min	5 min	**8 h 55 min**	**45 €**
5 min	0 min	0 min	5 h 20 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**5 h 30 min**	**100 €**
5 min	0 min	15 min	7 h 15 min	CAR POOLING	15 min	0 min	5 min	**7 h 35 min**	**30 €**
5 min	35 min	45 min	1 h 10 min	AIR	5 min	20 min	5 min	**3 h 05 min**	**95 €**
5 min	15 min	5 min	3 h 30 min	HSR	5 min	10 min	5 min	**4 h 15 min**	**67 €**

Ces comparaisons montrent que le train peut être aussi rapide que l'avion et très souvent moins cher de porte à porte. Il est également plus rapide que la voiture individuelle et souvent moins cher. Le car et le covoiturage sont plus lents mais moins chers que le train. Ainsi, le train à grande vitesse a bien créé un domaine de pertinence en fonction du profil du voyageur.

EUROPE

O/D pair: AMSTERDAM - LONDON (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 360 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
5 min	5 min	5 min	13 h	COACH	5 min	5 min	5 min	**14 h 10 min**	**30 €**
5 min	0 min	0 min	5 h 50 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**5 h 55 min**	**175 €**
-	-	-	-	CAR POOLING	-	-	-	-	-
5 min	15 min	45 min	1 h 05 min	AIR	5 min	10 min	5 min	**2 h 30 min**	**230 €**
5 min	15 min	5 min	4 h 15 min	HSR	5 min	15 min	5 min	**5 h 05 min**	**250 €**

AFRICA

O/D pair: TANGIER - CASABLANCA (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 293 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
5 min	5 min	5 min	7 h 30 min	COACH	5 min	5 min	5 min	**8 h 40 min**	**30 €**
5 min	0 min	0 min	3 h 30 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**3 h 40 min**	**38 €**
-	-	-	-	CAR POOLING	-	-	-	-	-
5 min	15 min	45 min	1 h 25 min	AIR	5 min	45 min	5 min	**3 h 25 min**	**130 €**
5 min	5 min	5 min	2 h 10 min	HSR	5 min	5 min	5 min	**2 h 40 min**	**15 €**

ASIA

O/D pair: SEOUL - BUSAN (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 330 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
5 min	20 min	5 min	4 h	COACH	5 min	25 min	5 min	**5 h 05 min**	**30 €**
5 min	0 min	0 min	4 h 20 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**4 h 30 min**	**55 €**
-	-	-	-	CAR POOLING	-	-	-	-	-
5 min	25 min	45 min	50 min	AIR	5 min	25 min	5 min	**2 h 35 min**	**50 €**
5 min	15 min	5 min	2 h 40 min	HSR	5 min	15 min	5 min	**3 h 20 min**	**35 €**

UNITED STATES

O/D pair: NEW YORK - BOSTON (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 306 km

STARTING LOCATION	TRANSFER TO MAIN MEANS OF TRANSPORT		MAIN MEANS OF TRANSPORT		TRANSFER TO FINAL DESTINATION		FINAL DESTINATION TOTAL TIME (HR)		AVERAGE TOTAL COST
5 min	15 min	5 min	4 h 20 min	COACH	5 min	5 min	5 min	**5 h**	**45 €**
5 min	0 min	0 min	4 h 20 min	CAR	0 min	0 min	5 min	**4 h 10 min**	**25 €**
-	-	-	-	CAR POOLING	-	-	-	-	-
5 min	45 min	45 min	1 h 10 min	AIR	5 min	20 min	5 min	**3 h 15 min**	**140 €**
5 min	10 min	5 min	3 h 50 min	HSR	5 min	5 min	5 min	**4 h 25 min**	**130 €**

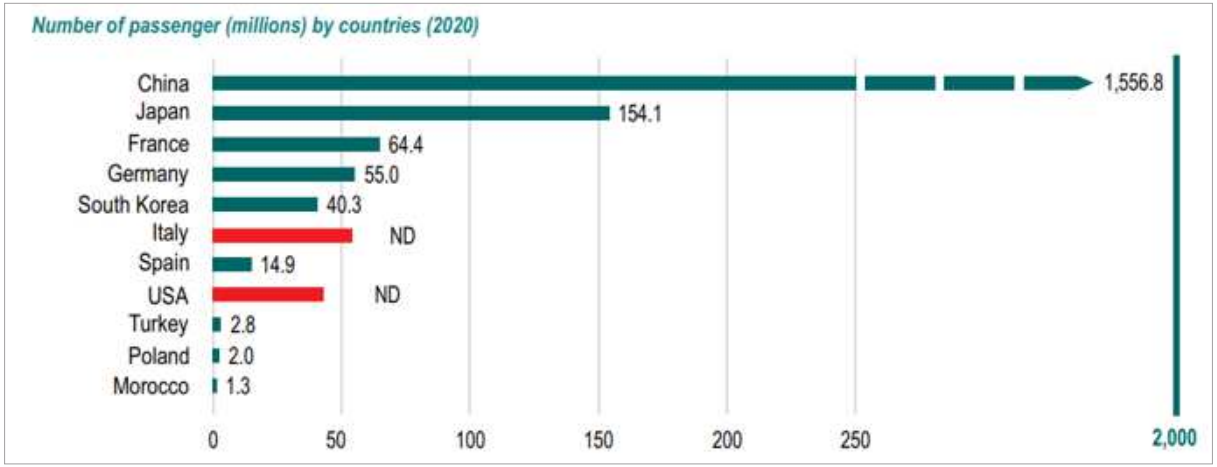
Les résultats obtenus sur le marché de la mobilité

La grande vitesse ferroviaire est un succès commercial car le nombre mondial de voyageurs transportés croît plus vite que le réseau ne s'étend, alors que l'on pourrait s'attendre à l'inverse étant donné qu'il est logique de construire en premier les lignes dont les potentiels commerciaux sont les plus élevés.

Deux raisons expliquent ce fait :

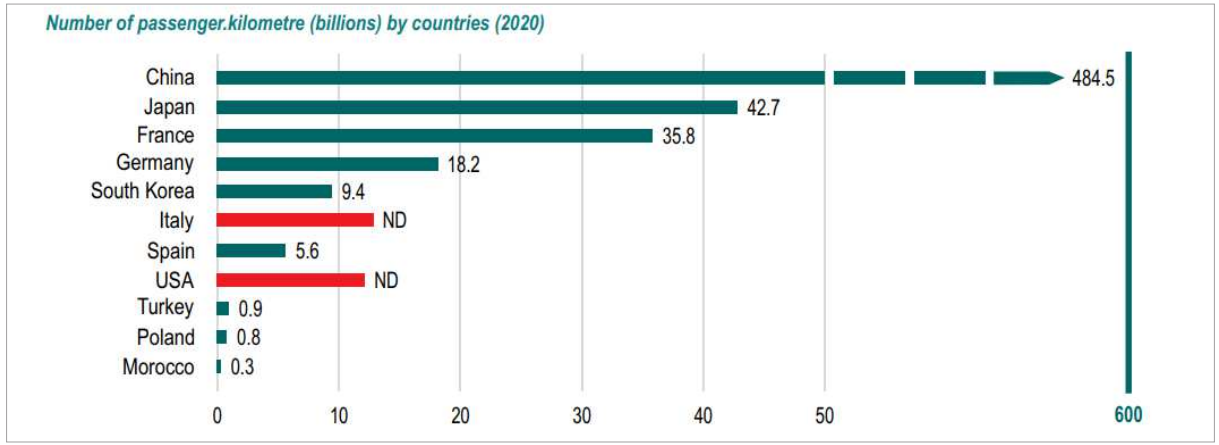
- une très grande part du réseau nouvellement construit se trouve en Chine, pays le plus peuplé de la planète ;
- l'effet réseau qui consiste à multiplier les possibilités de trajet lorsque l'on ajoute des points à un graphe, joue fortement.

Le trafic grande vitesse mondial a crû régulièrement entre 2010 et 2018 (avant le COVID). Pour 2020, dernière année statistiquement connue, il dépassait encore 2 milliards de voyageurs malgré le coup de frein dû à la pandémie de COVID-19 comme le montre le diagramme ci-après :



Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

En 2020, ce trafic s'est établi à 624 milliards de voyageurs x km :



Source : Compiled by authors on Internation Union of Railways, 2022

Parts de marché globales

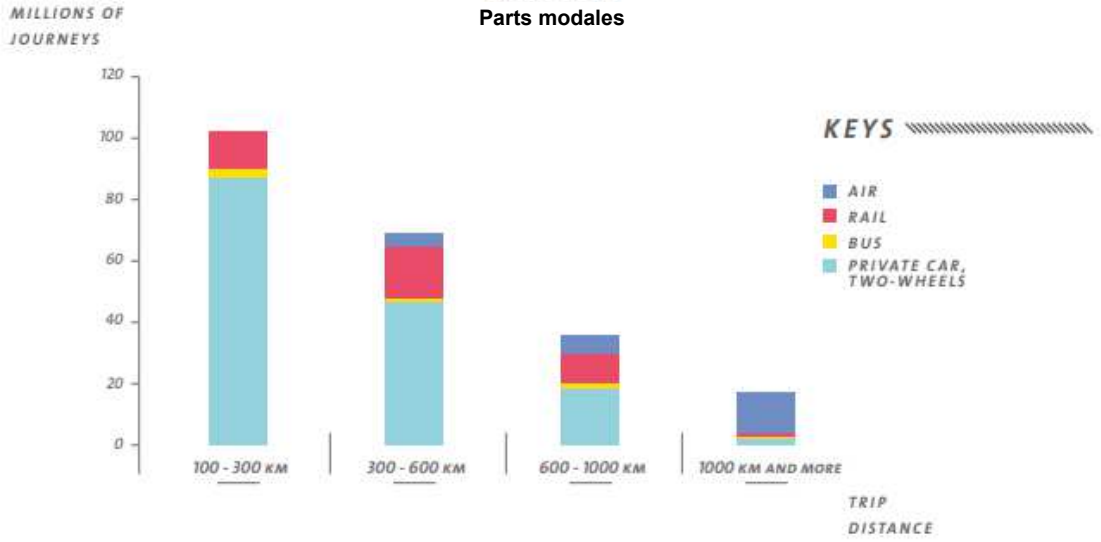
Partout où la grande vitesse est déployée, le marché de la mobilité se transforme. Il apparaît que le temps de parcours en train à grande vitesse (donc indirectement la distance) est le paramètre principal expliquant la répartition du trafic entre les modes en concurrence. D'aucuns penseront que la fréquence, les tarifs ou la qualité de service jouent aussi un rôle. Ils ont raison, en principe. Cependant dès lors que la concurrence concerne un marché important en volume, les modes de transport concurrents ne restent pas inactifs et agissent sur leurs tarifs, leur fréquence ou leur qualité de service pour s'ajuster au contexte de concurrence. C'est probablement une des raisons pour lesquelles c'est finalement l'offre physique, et plus particulièrement la performance en temps, qui finit par s'imposer comme le paramètre majeur.

Ainsi, le marché route-rail-air de la mobilité se répartit généralement comme illustré par la figure ci-après. Ainsi, lorsque le temps de trajet en train à grande vitesse est par exemple de 3h, la voiture dispose de 40% du marché, le train 45% et l'avion 15%. Bien entendu, ce sont des ordres de grandeur car ces parts de marché dépendent aussi des caractéristiques du corridor considéré et, entre autres, de ses composantes loisirs ou professionnelles.

La grande vitesse ferroviaire dispose d'atouts spécifiques la distinguant de ses concurrents y compris les autres modes de transport collectif :

- la vitesse ;
- l'accès au centre-ville ;
- la liberté de se déplacer à bord du train pendant le trajet ;
- le confort du voyageur.

Parts modales



La concurrence interne au rail

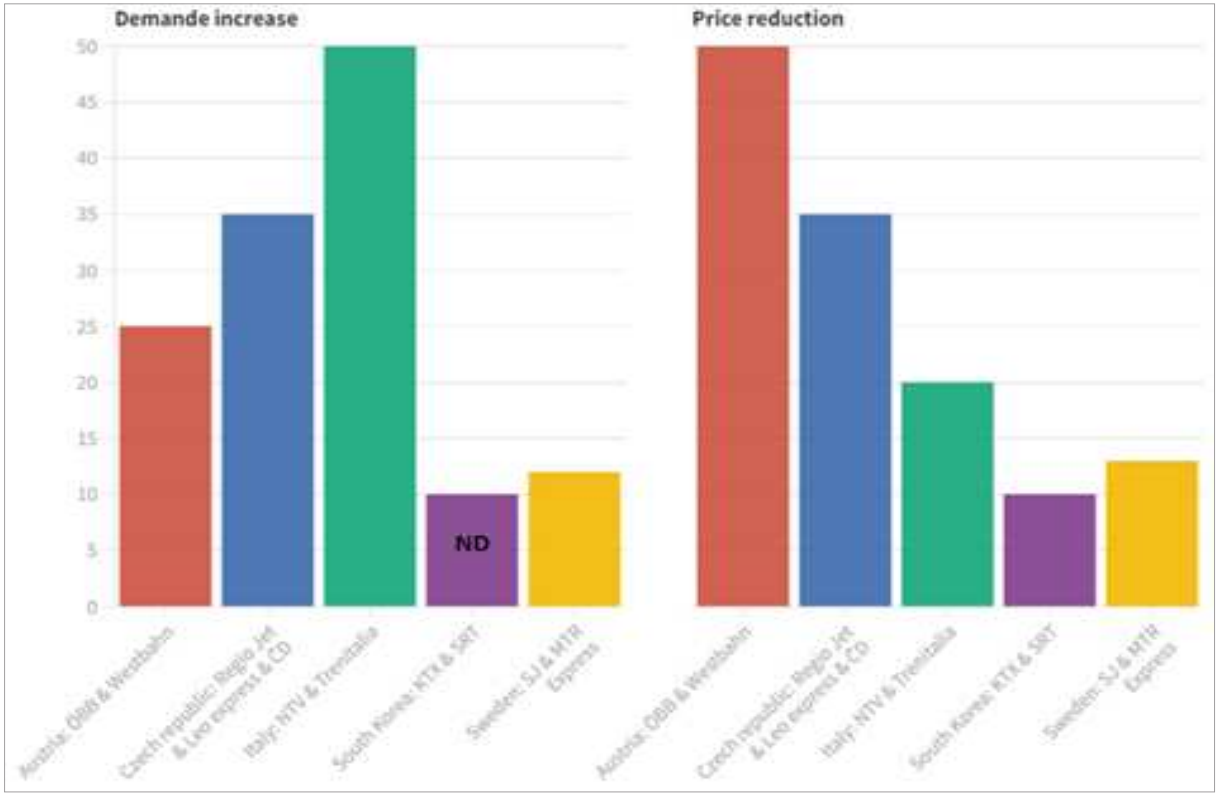
Suite au changement de la réglementation des transports en Europe, une concurrence ferroviaire interne est en train d'émerger en Europe. Les nouveaux entrants qui proposent des services de transport ferroviaire de voyageurs compétitifs ont, dans plusieurs cas, fait baisser les prix et augmenté les fréquences et la qualité des services de manière significative.

Actuellement, les pays concernés par la concurrence ouverte dans le secteur du transport ferroviaire de longue distance sont : l'Italie, l'Autriche, la République tchèque, l'Allemagne, la Suède, la Corée du Sud et, récemment, la France et l'Espagne.

© ADIF

La concurrence sur le marché italien, qui a débuté en avril 2012 avec l'entrée de l'opérateur privé NTV (Nuovo Trasporto Viaggiatori désormais appelé .Italo) en concurrence avec l'opérateur public historique Trenitalia, représente le premier cas au monde de concurrence pure à grande échelle entre opérateurs sur une même ligne. Cela a entraîné une réduction du prix moyen par voyageur de 20 à 30 %, et une augmentation du trafic de même ampleur. Le nouveau concurrent n'a pas réduit le nombre de voyageurs transportés par l'opérateur historique, mais a contribué à générer de nouvelles mobilités. Le consommateur est non seulement gagnant en termes socio-économiques (voyages moins chers, fréquence de service plus élevée, meilleur service à bord, matériel roulant plus récent, etc.), mais cette ouverture à la concurrence est également bénéfique pour tous, car l'infrastructure est utilisée de manière plus intensive.

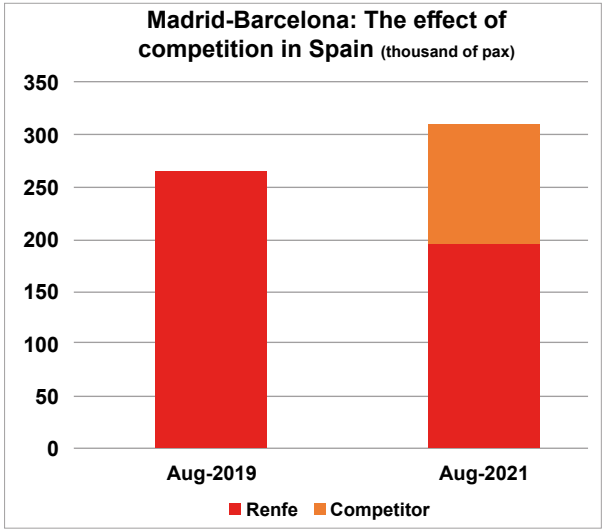
Par la suite, la concurrence dans le secteur de la grande vitesse a été introduite dans d'autres pays avec une évolution proche de celle du marché italien :



© ADIF

Bien entendu, la concurrence, qu'elle soit interne (au sein du mode ferroviaire) ou externe (avec d'autres modes de transport), dépend fortement de la réglementation et des degrés de liberté autorisés. Malgré l'impact positif global pour les voyageurs, des problèmes se posent au niveau du cadre juridique de chaque état. Le quatrième paquet ferroviaire de l'UE, qui a été adopté en 2016, a introduit des réformes substantielles pour toutes les parties prenantes concernées. Il promeut est une approche systématique et à grande échelle de la libéralisation du marché ferroviaire commercial de longue distance (LD) dans l'UE, dans le but de supprimer les obstacles restants à la création d'un espace ferroviaire européen unique, y compris les réformes structurelles et techniques. La législation proposée vise à réformer le secteur ferroviaire de l'UE en encourageant la concurrence et l'innovation sur les marchés nationaux de voyageurs.

À cet égard, le marché ferroviaire français commence à s'ouvrir à la concurrence. Sur le marché ferroviaire espagnol, ADIF AV répartit la capacité entre la Renfe et les concurrents français, italiens et espagnols. Les premières statistiques concernant l'impact du Ouigo SNCF sur le marché espagnol (en termes de milliers de voyageurs) montrent un accroissement de nouvelles mobilités.



The impact of open access competition on high-speed rail in Europe, *Global Railway review 28 Feb 2022*

Les exemples de concurrence interne existante montrent que cette concurrence élargit le choix des clients, améliore la qualité et la fréquence du transport ferroviaire de voyageurs à longue distance en général et réduit les prix. En outre, la nouvelle situation concurrentielle oblige également les opérateurs historiques à progresser en qualité. La part modale du rail a augmenté sur les ODs où la concurrence est vive, avec une influence positive sur l'environnement.

Toutefois, les exemples actuels de concurrence en matière de libre accès montrent qu'entrer sur un marché étranger reste une course d'obstacles longue et coûteuse, accompagnée de lourds investissements financiers et de risques commerciaux importants.

Le succès de la concurrence dépend fortement :

- du cadre réglementaire du transport ferroviaire ;
- de la capacité du réseau ;
- de l'accès équitable à l'infrastructure ;
- du matériel roulant appartenant aux nouveaux entrants ;
- de la maintenance des installations ;
- des habitudes des clients.

Cependant, il existe deux facteurs sous-jacents qui influent tous les autres facteurs et déterminent donc le succès des concurrents dans le cadre du libre accès dans un pays donné :

- un cadre juridique approprié doit être établi, avec la mise en place d'institutions fortes et indépendantes. Aucune marge d'interprétation permettant à l'opérateur historique de discriminer ses concurrents ne doit être permise ;
- un potentiel de marché élevé et un financement accessible. Pour les pays analysés, le cadre politique/légal a été amélioré au cours des vingt dernières années et les conditions initiales sont bonnes.

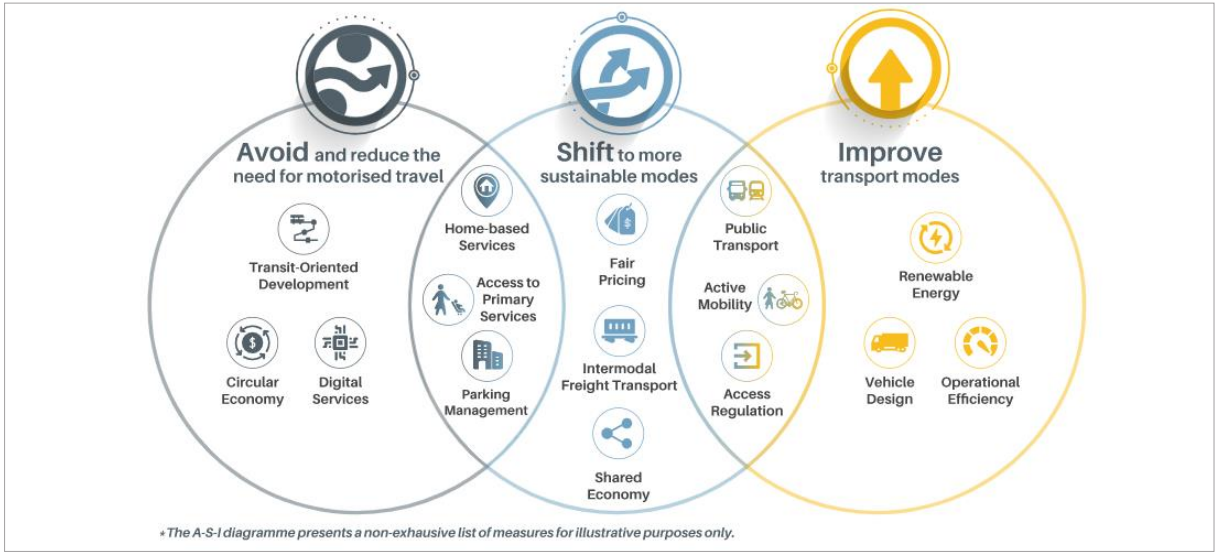
De nombreux autres pays en dehors de l'Europe n'ont pas l'intention d'ouvrir la concurrence pour les services à longue distance. La raison de leurs réticences est le fait que cela implique de nombreux coûts de transaction (à partir de 1991, dans le cas européen). Jusqu'à présent, l'arbitrage portant sur la comparaison entre les avantages tirés de la concurrence interne et les coûts de transaction entraînés par la création et la réglementation de cette concurrence n'a pas été complètement rendu.

GRANDE VITESSE ET MOBILITÉ DURABLE

Stratégies de réduction de l'empreinte écologique

Largement connue sous le nom de Avoid-Shift-Improve (Eviter-Changer-Améliorer), cette approche vise à réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre, grâce à une approche holistique et intégrée des systèmes de mobilité.

Trois stratégies peuvent être mises en œuvre dans ce contexte :



Source : SLOCAT https://slocat.net/asi/

Éviter les déplacements motorisés inutiles en fonction de la proximité, de l'accessibilité, ou de nouveaux modes de travail.

Changer en passant à des modes de transport à moindre intensité de carbone, en délaissant les véhicules privés au profit des transports publics, de la mobilité partagée, de la marche et du vélo, du fret maritime et fluvial, du fret ferroviaire et routier électrifié et des vélos-cargos pour les livraisons sur le dernier kilomètre, entre autres.

Améliorer la conception des véhicules, l'efficacité énergétique et l'accès aux sources d'énergie propres pour différents types de véhicules de transport.

Le rail représente 8 % du transport mondial de voyageurs et environ 9 % de l'activité de fret, mais seulement 3 % de la consommation d'énergie des transports. Au cours des deux dernières décennies (avant la pandémie de COVID-19), la part des voyageurs ferroviaires est restée constante à environ 10 % et, si des investissements significatifs ne sont pas consacrés aux trains à grande vitesse, cette part du transport de voyageurs devrait stagner jusqu'en 2050. Les trains à grande vitesse peuvent remplacer avantageusement les vols à courte distance en produisant nettement moins d'émissions. Par exemple, l'Eurostar, qui relie Londres à Paris, émet 90 % de gaz à effet de serre de moins qu'un vol équivalent.

Émissions liées au cycle de vie du train à grande vitesse

Les projets à grande vitesse sont généralement évalués sur la base de deux bilans importants : le bilan économique et le bilan environnemental.

Pour l'environnement, il est important de prendre en comptela totalité du cycle de vie, depuis la conception jusqu'au déclassement, en passant par la construction, l'exploitation et la maintenance.

Cela signifie que l'empreinte comprend les émissions de carbone lors :

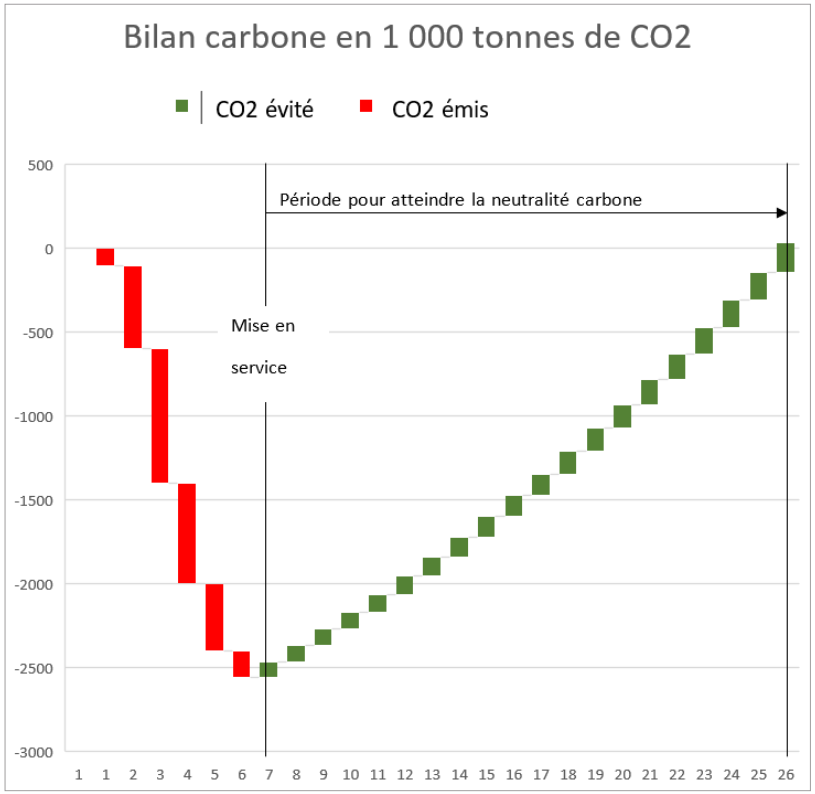
- de la conception de la ligne, car les ingénieurs et les dessinateurs auront besoin de bâtiments et d'appareils pour les abriter et leur assurer le confort, le chauffage ou la climatisation, de carburant pour se rendre sur le terrain ou aux réunions, etc.
- de la construction de la ligne, des gares et du matériel roulant, y compris les émissions liées à l'extraction et à la mise en forme des matériaux (par exemple, l'acier ou le ciment), ainsi que leur transport (par exemple, le déplacement de la terre ou le transport des rails) ;
- de l'exploitation des trains et des gares ;
- de la maintenance de l'infrastructure et du matériel roulant ;
- de la distribution des billets ;
- du recyclage des composants de l'infrastructure et du matériel roulant.

Quelques bilans carbone ont été établis pour des lignes nouvelles dans le monde. Ils se présentent comme une somme algébrique de deux facteurs négatifs et un facteur positif :

- le premier facteur négatif est relatif aux émissions de CO_2 nécessitées par la construction de l'infrastructure et du matériel roulant. Ce facteur est prépondérant et intervient avant que l'exploitation ne commence ;
- le second facteur négatif est relatif à l'exploitation du système ferroviaire. Il apparaît après la mise en service de l'infrastructure, perdure pendant toute la durée de l'exploitation et varie en fonction du volume du trafic ;
- le facteur positif est relatif aux transferts de trafic des autres modes de transport vers les trains à grande vitesse car ces transferts réduisent les émissions de CO_2.

Ces bilans montrent que les émissions dues à la construction du système sont compensées par son exploitation car les émissions évitées par les transferts entre modes excèdent largement les émissions dues à l'exploitation des trains à grande vitesse. Toutefois, cette compensation ne se produit qu'après un certain nombre d'années d'exploitation. La durée entre le moment où la ligne est mise en service et celle où le bilan carbone est équilibré (avant de devenir positif) dépend essentiellement de trois paramètres :

- la quantité de carbone émis dans l'atmosphère pendant la construction : plus la ligne comporte d'ouvrages en béton, et de terrassements, plus cette quantité est importante ;
- le volume du trafic qui change de mode de transport : plus il est fort, plus les économies de carbone sont importantes ;
- la quantité de CO_2 incluse dans le courant électrique nécessaire à la traction des trains à grande vitesse.

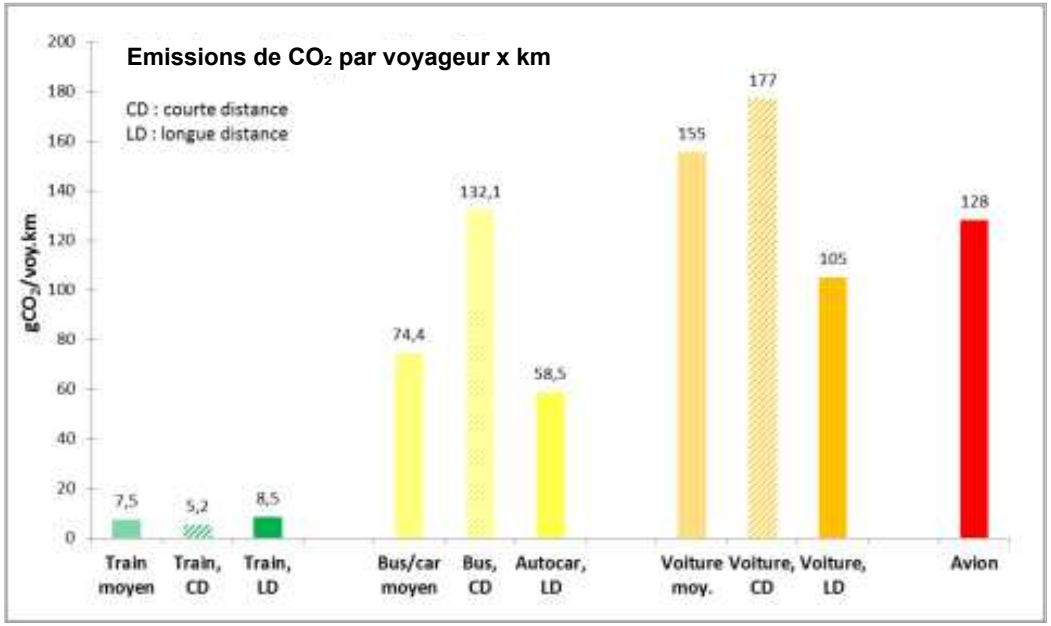


© ADIF

Reports modaux et réduction des émissions de CO_2

A titre d'exemple, voici les valeurs produites par émissions de CO_2 par mode de transport.

	Train			Bus/car			Voiture			Avion
	Moy.	CD	LD	Moy.	CD	LD	Moy.	CD	LD	Moy.
CO_2/voy.km	7,5	5,2	8,5	74,4	132,1	58,5	155,5	177	105	128
kgCO_2/h	0,56	0,18	1,1	3,2	1,8	5,2	6,7	6,5	7,9	90
kgCO_2/trajet	0,19	0,05	1,5	1,2	0,5	18,4	2,4	2,0	30,6	311

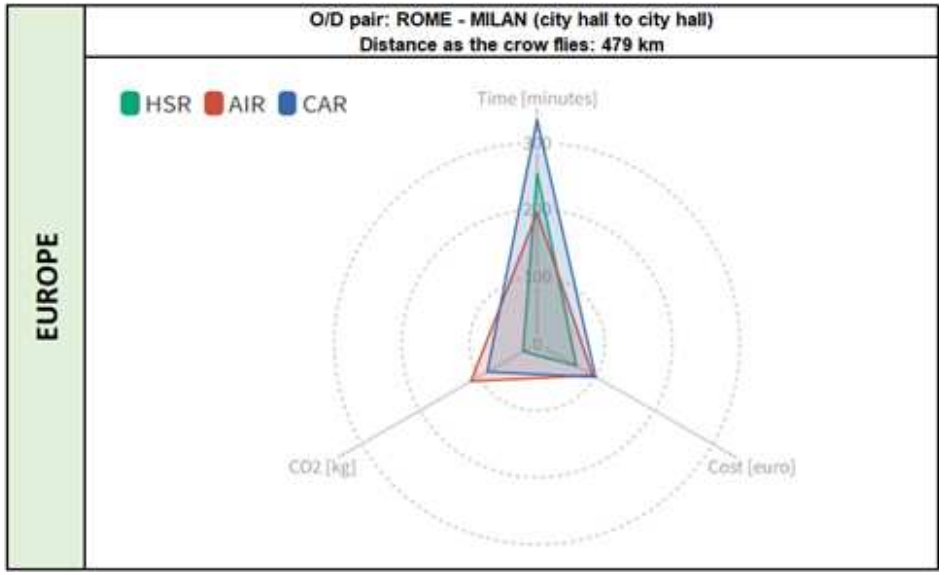


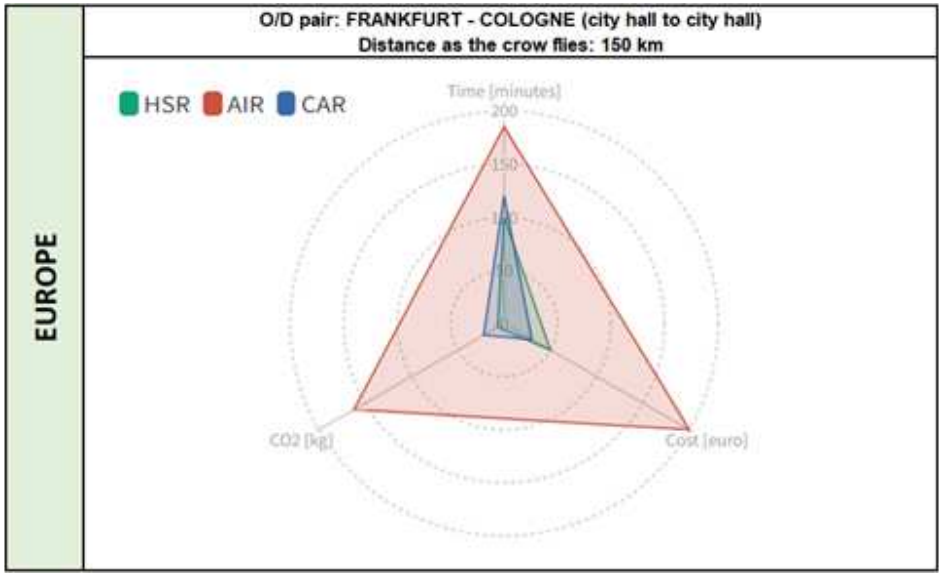
Source : emissions-de-co2-par-mode-de-transport.pdf (chair-energy-prosperity.org)

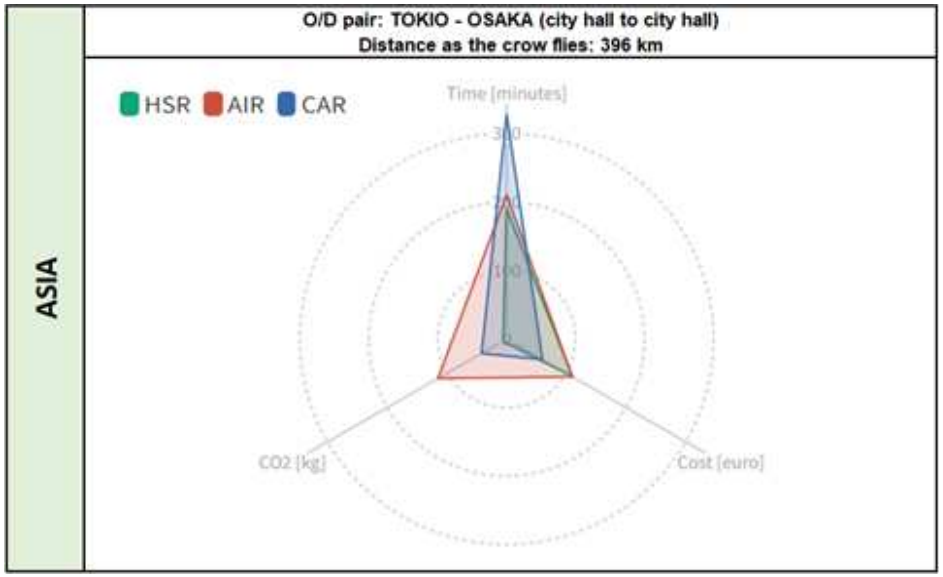
Ces données montrent, sans aucun doute possible, que le train est, globalement, le mode de transport qui réduit le plus les émissions de CO_2.

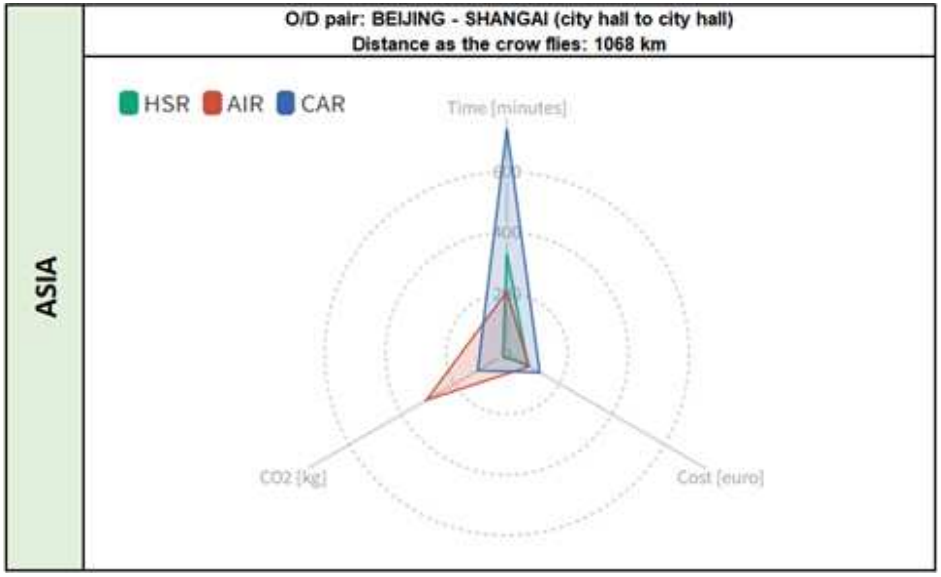
Une autre façon d'approcher ce résultat consiste à utiliser les différents calculateurs que les voyageurs, soucieux de l'impact de leurs actions sur l'environnement, consultent. Il serait trop facile de choisir un calculateur élaboré par une compagnie de transport, voire par un organisme comme l'UIC, que d'aucuns suspecteraient de biais.

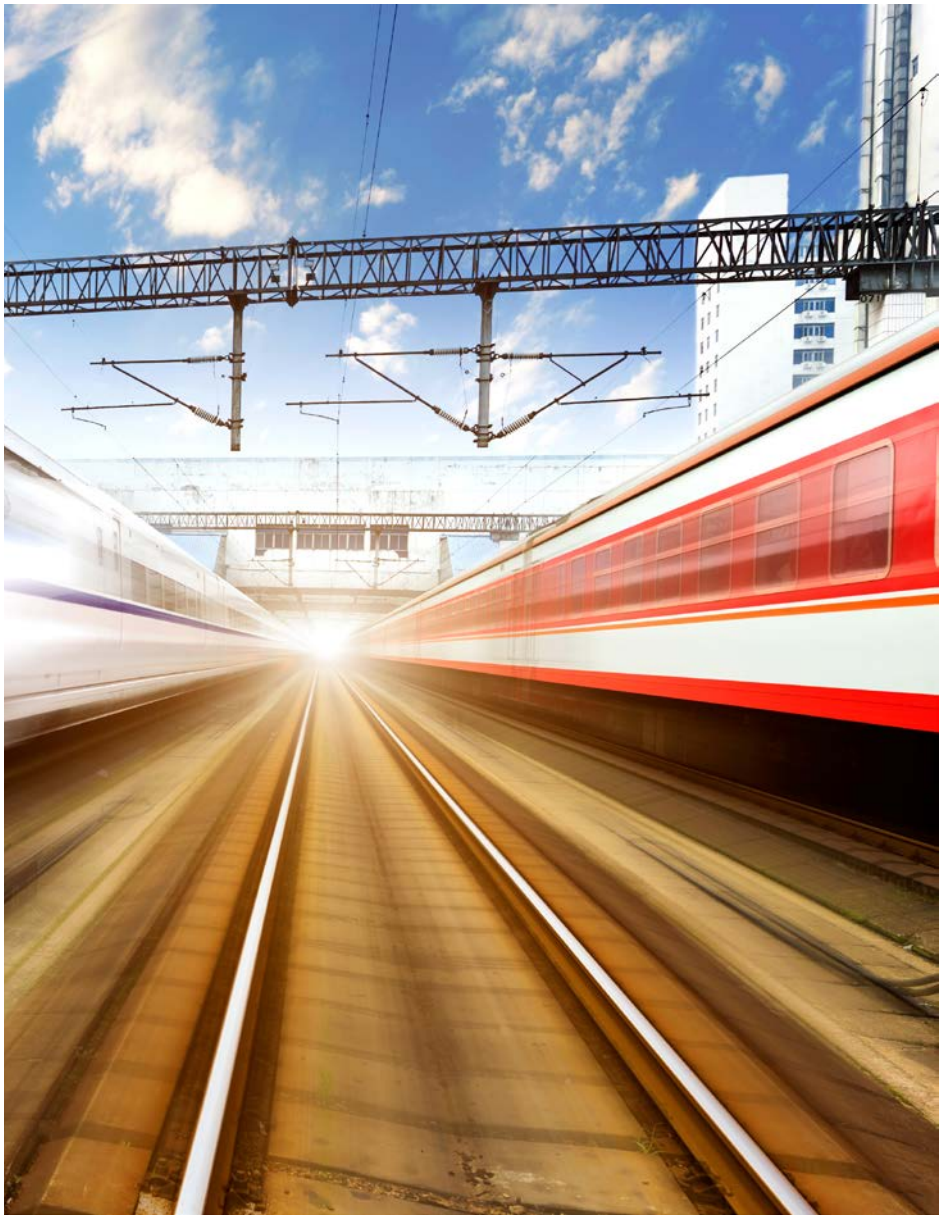
Nous avons utilisé un calculateur qui utilise les données de "EU Government Agency" qui n'a aucun intérêt pour la promotion d'un mode au détriment des autres modes de transport. Voici les résultats qu'il propose sur quelques origines-destination. Le lecteur de cette brochure pourra consulter son site https://www.saveatrain.com/blog/co2-carbon-footprint-calculator/ pour mieux le connaître voire pour simuler d'autres voyages.






ASIA
O/D pair: TOKIO - OSAKA (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 396 km
HSR
AIR
CAR
Time [minutes]
CO2 [kg]
Cost [euro]


ASIA
O/D pair: BEIJING - SHANGAI (city hall to city hall)
Distance as the crow flies: 1068 km
HSR
AIR
CAR
Time [minutes]
CO2 [kg]
Cost [euro]



GARES POUR TRAINS À GRANDE VITESSE

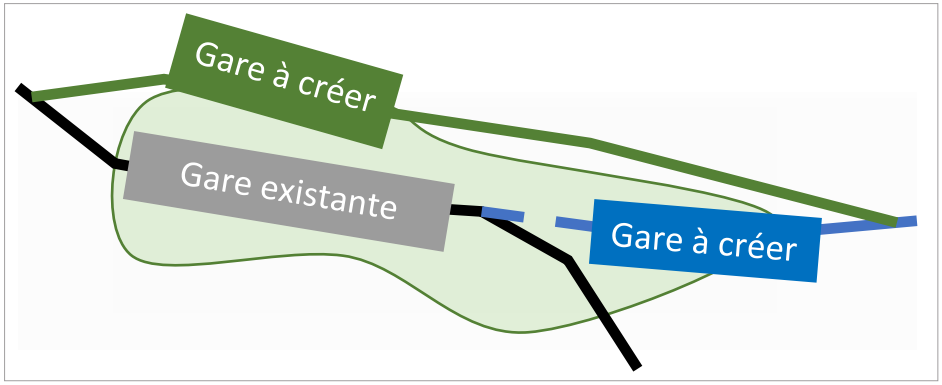
Localisation stratégique des gares

Deux cas sont possibles : la gare à considérer existe déjà ou bien la gare doit être créée.

En général une ligne nouvelle dessert un marché déjà important en volume et une liaison ferroviaire avec des gares existe déjà.

Dans ce cas, il est probable qu'elles soient relativement bien situées car le chemin de fer ayant précédé les autres modes de transport, se trouve en général au cœur des villes et les moyens de transport urbain (métro, tramway, bus, voirie, etc.) convergent vers elle. Il convient de continuer à faire évoluer les gares dans leur contexte urbain en gardant leur caractère nodal et central dans la ville mais en l'adaptant aux nouvelles mobilités.

Cependant, il peut arriver, pour diverses raisons d'exploitation, et notamment pour des raisons de capacité résiduelle des infrastructures ferroviaires, qu'il soit nécessaire de construire une nouvelle gare en site urbain, voire en limite de site urbain pour que l'ensemble de la ligne bénéficie de la Grande Vitesse.



Gouvernance stratégique des gares

Les gares sont le point d'intersection de quatre groupes d'acteurs :

- les collectivités locales, pour lesquelles la gare est un totem emblématique de la ville en interface avec les quartiers environnants et les autorités locales qui peuvent être en charge des transports publics urbains et régionaux ;
- le gestionnaire d'infrastructure, dont la principale préoccupation est d'optimiser la capacité du réseau ;
- les entreprises ferroviaires (opérateurs de trains), qui veillent à ce que les voyageurs puissent accéder facilement à leurs trains ;
- les clients et le grand public, qui souhaitent obtenir toutes les informations nécessaires et trouver facilement leur chemin dans la gare, quelle que soit la raison de leur présence.

Gare et services

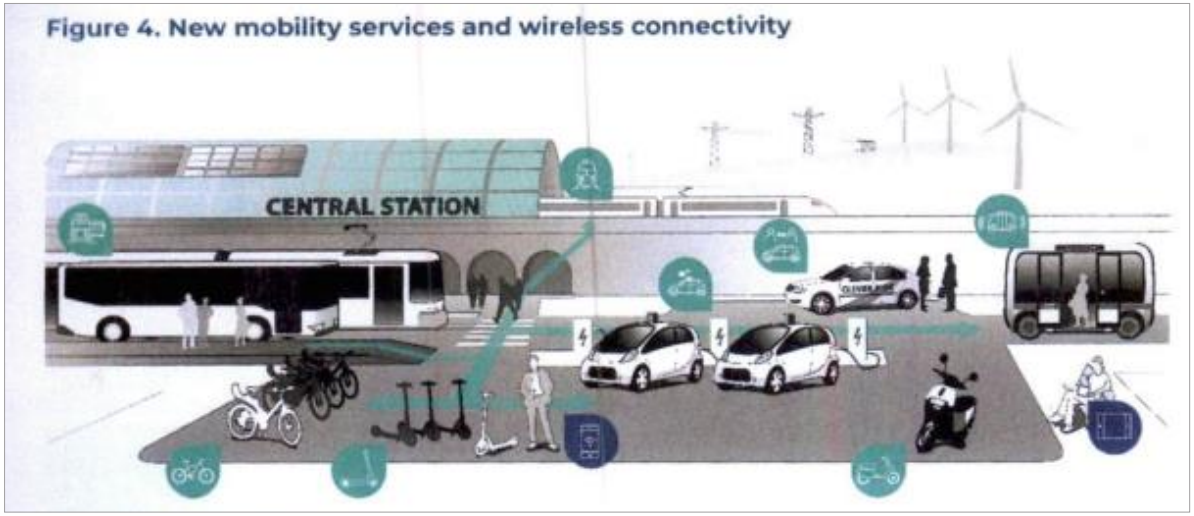
Les gares ne sont pas seulement destinées aux voyageurs. Elles peuvent accueillir de nombreuses autres personnes qui s'y rendent pour acheter quelque chose, rencontrer quelqu'un ou utiliser l'un des nombreux services disponibles. En d'autres termes, il s'agit d'espaces publics qui nécessitent une excellente signalisation, afin que chacun puisse atteindre son objectif sans difficulté. Les gens utilisent de plus en plus le GPS de leurs smartphones pour se diriger dans les rues et les bâtiments publics. Les gares doivent naturellement fournir du WiFi pour aider les gens à accéder aux applications de guidage, aux informations et à l'internet.

La connectivité des gares est d'ailleurs de plus en plus utile pour les personnes handicapées, car elle permet d'accéder à toutes les applications susceptibles de les aider. De même, les trains et les gares doivent mettre à disposition des clients des prises pour qu'ils puissent recharger leurs appareils. Plus largement, l'ensemble du système ferroviaire doit viser à offrir de l'autonomie aux clients. Comme on n'est jamais mieux servi que par soi-même, le meilleur service que le système ferroviaire puisse offrir est de rendre les clients plus autonomes.

La gare du futur

La gare du futur doit s'adapter aux évolutions de la société et en particulier :

- être positive en énergie : elle doit utiliser toutes les sources d'énergie renouvelable possibles pour non seulement assurer son fonctionnement propre, mais aussi pouvoir alimenter les batteries de véhicules de toutes natures qui convergent vers elle ;
- être adaptée pour accueillir des flottes de véhicules autonomes et être un point de ralliement pour ces véhicules ;
- abriter des services publics divers, dans le domaine de la santé par exemple, car son emplacement et son accessibilité maximise l'utilisation de ces services ;
- accueillir des espaces de coworking car elle est le point de convergence des transports de toutes natures.



Source : InnoZ GmbH (Crössmann)

© ADIF

MATÉRIEL ROULANT

Typologie des trains

Articulé ou non articulé

Dans un train articulé, la plupart des bogies sont situés entre les caisses alors que dans un train non articulé, chaque caisse dispose de deux bogies.

Bogies ou roues indépendantes

Certains trains articulés n'ont pas de bogies mais des roues indépendantes (qui ne roulent donc pas à la même vitesse dans les courbes).

Motorisation concentrée ou répartie

Les trains disposant d'une locomotive à chaque extrémité sont dits à motorisation concentrée par opposition aux trains où les bogies moteurs sont répartis le long du train. L'avantage de la motorisation répartie est d'offrir des places assises dans les caisses d'extrémité et d'améliorer les caractéristiques de traction. La motorisation concentrée est obligatoire pour les trains à deux niveaux où il serait difficile d'insérer des bogies moteurs sous les caisses.

Pendulaire ou non pendulaire

Un train pendulaire est équipé d'un mécanisme capable d'incliner les caisses dans les courbes de façon à contrebalancer l'inconfort de l'excès de dévers. Ce mécanisme peut être passif (actionné par l'inertie) ou actif (mis en œuvre et contrôlé par ordinateur). Un train pendulaire permet d'aller plus vite dans les courbes à confort égal pour le voyageur.

A écartement fixe ou variable

Pour assurer l'interopérabilité entre des réseaux à écartements différents, le train peut comporter un système de changement d'écartement d'essieux.

A 1 ou 2 niveaux

Les trains à 2 niveaux offrent une capacité en places assises augmentée d'environ 50% par rapport aux trains à un niveau.

Mono ou polycourant

Pour assurer l'interopérabilité dans des réseaux où les caractéristiques électriques sont différentes, certains trains peuvent accepter plusieurs tensions d'alimentation. C'est principalement le cas en Europe.

Mono ou poly signalisation

Pour assurer l'interopérabilité dans des réseaux où les systèmes de signalisation sont différents, certains trains peuvent être équipés de plusieurs systèmes de signalisation. C'est principalement le cas en Europe.

A double propulsion

Afin de pouvoir circuler sur des voies non électrifiées, certains trains peuvent comporter une traction double : diesel et électrique. Dans certaines limites de puissance, avec les technologies actuelles, les trains à grande vitesse à hydrogène sont aussi envisageables.

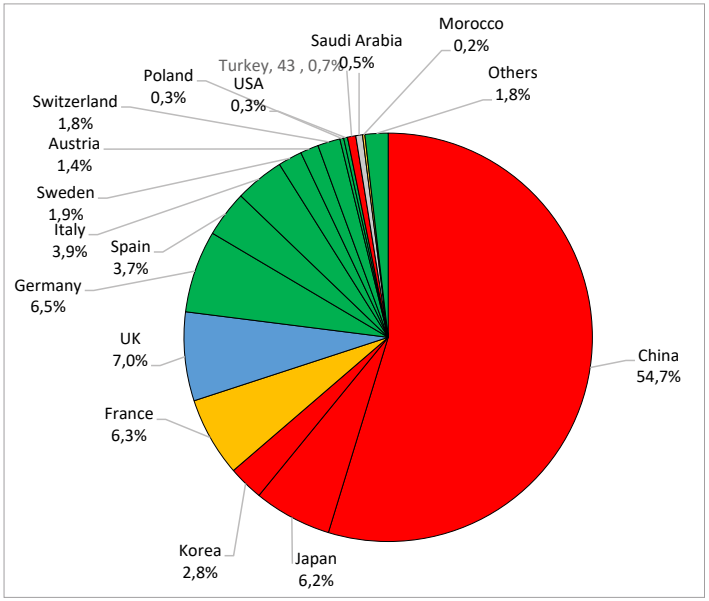
Caractéristiques communes des trains à grande vitesse

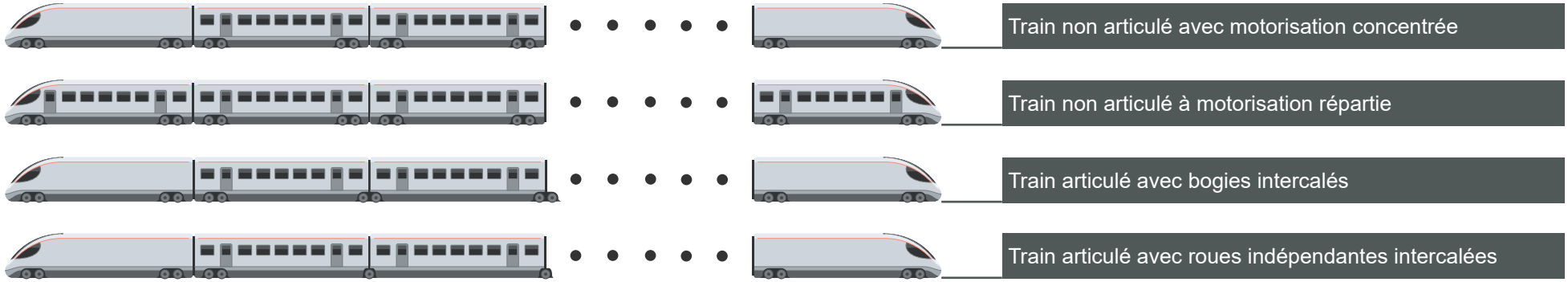
- auto-propulsion
- composition fixe et fonctionnement bidirectionnel
- haut niveau de technologie
- charge limitée par essieu (jusqu'à 17 tonnes pour 300 km/h en Europe)
- rapport puissance/poids élevé
- circuits de commande. Réseau informatique. Système de diagnostic automatique
- forme aérodynamique optimisée
- systèmes de signalisation en cabine
- systèmes de freinage complémentaires
- performance commerciale améliorée
- niveau élevé de FDMS (fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité)
- bonne étanchéité à l'air
- exigences techniques et de sécurité (respect des normes)
- compatibilité avec les infrastructures (écartement des voies, gabarit de chargement, quais, caténaire, etc.)

La flotte mondiale des matériels roulants

Il y a dans le monde plus de 6 500 rames à grande vitesse, dont plus de la moitié en Chine.

Répartition par pays du parc mondial de matériel roulant (2022)





LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE À L'UIC

La coordination de l'activité mondiale relative aux trains à grande vitesse est assurée à l'UIC par le « Intercity & High-Speed Committee » (ICHSC - le Comité Intercités et Grande Vitesse), qui se réunit quatre fois par an en séance plénière, finance et mène des études et des recherches spécifiques, rédige des guides sur les trains à grande vitesse, collecte des données et publie un atlas des trains à grande vitesse, organise des sessions de formation et accueille l'Alliance des Universités pour les Trains à Grande Vitesse. Vous trouverez ci-après une sélection de quelques-unes des principales initiatives et des projets les plus récents. Toutes les études et tous les rapports associés sont accessibles aux membres UIC dans la section dédiée à l'ICHSC sur l'extranet de l'UIC.

Définir la portée de l'IC&TGV

Définir le périmètre de l'activité intercités et trains à grande vitesse (acteurs, actifs, technologies, trafic, statistiques, etc.) est essentiel pour comprendre ses spécificités et permet donc de concentrer l'action sur ses éléments essentiels.

Pour les parties prenantes, un outil a été développé pour évaluer l'efficacité et la rentabilité du projet et le comparer à d'autres projets de transport ou d'autres projets d'infrastructure de la même échelle.

Une étude compare les lignes à grande vitesse à trafic mixte, afin de mieux comprendre pourquoi ce choix a été fait et quelles en ont été les conséquences.

L'expérience client dans le secteur ferroviaire étant essentielle pour accroître son attractivité et sa rentabilité, des ateliers sont lancés et une plateforme dédiée à l'échange de bonnes pratiques et d'expertise a été mise en place.

En ce qui concerne l'évolution du marché de la mobilité, une étude formule des recommandations à l'intention des opérateurs et des gestionnaires d'infrastructure concernant les Véhicules Autonomes et leur impact potentiel sur les modèles économiques des services ferroviaires à longue distance, ainsi que sur la manière d'aborder les risques et les opportunités.

La plupart des statistiques illustrant cette brochure proviennent des bases de données de l'UIC. Deux de ces bases de données méritent d'être mentionnées car elles sont uniques au monde et font référence :

- liste de toutes les lignes à grande vitesse avec leurs caractéristiques ; un atlas du réseau à grande vitesse est établi à partir de cette base de données et fournit des emplacements précis pour ces lignes ;
- liste du matériel roulant à grande vitesse appartenant aux opérateurs de la grande vitesse dans le monde.

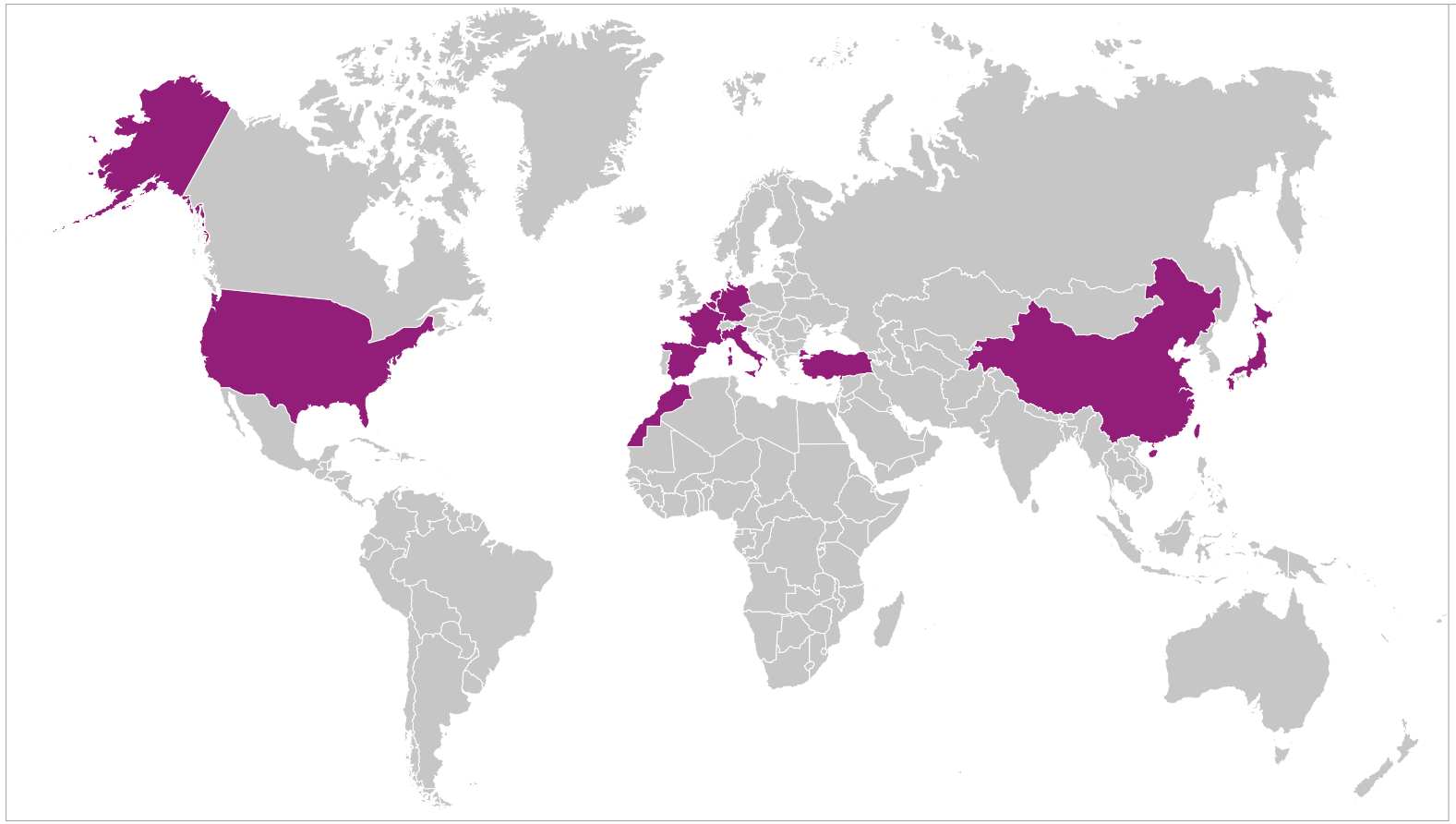
Promotion de l'IC&TGV

L'UIC a mené une très large enquête à travers l'Europe, afin de fournir à ses membres une comparaison équitable entre les transports ferroviaires et aériens en termes de prix pour les clients. Cette étude montre que, dans plus de 80% des cas définis par le but du voyage, la taille du groupe, l'anticipation de la réservation, le couple OD, etc., le transport ferroviaire est nettement moins cher. Les économies réalisées par le client en choisissant le train à grande vitesse sont calculées. Cette enquête porte également sur le bus, troisième mode collectif de transport, en concurrence avec le train et l'avion. Ce dernier mode s'avère moins cher que le train, mais les temps de trajet sont beaucoup plus longs. Cette enquête a été étendue afin de fournir des exemples de la réaction des compagnies aériennes à la création d'une ligne à grande vitesse en termes de politique tarifaire.

Chaque année, l'UIC organise un programme de formation à deux niveaux pour les gestionnaires du secteur ferroviaire. Cette formation commence par le niveau 1 à Paris et est suivie du niveau 2 à Madrid. Le niveau 1 consiste en des présentations couvrant tous les aspects du train à grande vitesse. C'est une occasion unique pour les participants d'avoir une vue synthétique de tous les aspects techniques, commerciaux, économiques et financiers du train à grande vitesse. Le niveau 2 est basé sur un cas d'étude, soutenu par un moteur de calcul, et a pour but d'aider les participants à faire les choix stratégiques nécessaires pour un nouveau projet de ligne à grande vitesse.

En parallèle, l'UIC organise des ateliers, sur tout sujet, à la demande de ses membres.

Tous les deux ans environ, l'UIC organise, en collaboration avec l'un de ses membres, un congrès mondial consacré à la grande vitesse (anciennement appelé « Eurailspeed ») :



Lille, France (1992)
Bruxelles, Belgique (1995)
Berlin, Allemagne (1998)
Madrid, Espagne (2002)
Milan, Italie (2005)
Amsterdam, Pays-Bas (2008)
Beijing, Chine (2010)
Philadelphie, États-Unis (2012)
Tokyo, Japon (2015)
Ankara, Turquie (2018)
Marrakech, Maroc (2023)

En identifiant et en échangeant de bonnes pratiques, l'UIC a élaboré des manuels et des guides concernant la construction de lignes à grande vitesse et plusieurs référentiels, portant par exemple sur la résilience des chemins de fer face au changement climatique.

En portant un regard sur le monde du futur, l'UIC observe en permanence les changements au niveau technologique et les évolutions du contexte de la mobilité.

LA GRANDE VITESSE AU MAROC

S'appuyant sur les résultats des lignes à grande vitesse ayant fait leurs preuves à l'international, le Maroc a décidé, en 2006, de se lancer dans cet incroyable challenge technologique : implanter un réseau de lignes à grande vitesse qui reliera les centres politiques, économiques, industriels et touristiques du pays. Dans ce cadre, l'ONCF prévoit la mise en œuvre d'un schéma directeur des Lignes à Grande Vitesse visant la construction progressive d'un réseau d'environ 1500 km, composé de l'axe « Atlantique » Tanger-Casablanca-Agadir et de l'axe « Maghrébin » Casablanca-Rabat-Fès-Oujda. L'année 2018 voit naître au Maroc, la première étape de ce schéma directeur reliant Tanger à Casablanca et la première ligne à grande vitesse en Afrique, avec un train roulant à 320 km/h.

Cette nouvelle ligne permet de relier deux grands pôles économiques, en apportant une solution efficace et durable à une demande de mobilité en croissance continue. Les temps de parcours sont considérablement réduits : Tanger – Kenitra en 50mn seulement (au lieu de 3h15mn), Tanger – Rabat en 1h20mn (au lieu de 3h45mn) et Tanger – Casablanca en seulement 2h10mn (au lieu de 4h45mn).

La ligne à grande vitesse Tanger-Casablanca a été conçue selon une approche globale et intégrée. La réalisation de cette ligne a concerné différentes composantes et a porté notamment sur :

- la réalisation d'une ligne nouvelle de 200 km entre Tanger et Kenitra en double voie électrifiée à 25kV AC (courant alternatif), avec une signalisation ERTMS (European Rail Trafic Management System), conçue pour une vitesse de 350 km/h et exploitée à 320 km/h ;
- la construction de 2 bases travaux (94 Ha) avec leur raccordement à la ligne classique et à la nouvelle ligne ;
- le réaménagement de deux installations terminales au niveau des gares de Kenitra et de Tanger ;
- la réalisation d'un atelier de maintenance des trains à grande vitesse à Tanger ;
- l'acquisition de 12 rames à grande vitesse ;
- l'aménagement de nouvelles gares à Tanger, Kenitra, Rabat-Agdal et Casa-Voyageurs ;
- la conception de l'offre commerciale ;
- la préparation de la mise en service : exploitation, maintenance de l'infrastructure et du matériel roulant.

Dès sa première année d'exploitation, cette ligne a enregistré des performances très satisfaisantes et ce, grâce à un financement optimisé, une frugalité de l'investissement, un pricing optimisé en adéquation avec le pouvoir d'achat, et des coûts d'exploitation compétitifs.

Ce succès technique et commercial a été rendu possible par la mise en œuvre de stratégies d'ingénierie particulièrement innovantes et l'intégration, dès l'origine, des dernières évolutions technologiques pour la LGV, telles que :

- la prise en compte des exigences et des défis techniques en matière de génie civil, à savoir :
  - le traitement des zones dites compressibles (plus de 30 km), de l'instabilité des talus, des terrains inondables,

- le déplacement des volumes de terre équivalent à 60 montagnes. Un mouvement de terre gigantesque de 67 millions de m3 de remblais (35 m de hauteur) et de déblais (60 m de profondeur),
- la pose des drains verticaux enfoncés profondément dans le sol (parfois jusqu'à 25 mètres) pour évacuer les eaux et assécher les terrains, opération qui a nécessité entre six et dix-huit mois,
- le remplacement par des matériaux nobles (sable, graviers, galets) du sol de mauvaise qualité composé notamment de pyrite, roche friable au contact de l'air, très présente au nord du Maroc,
- la pose de détecteurs spécifiques notamment aux abords des ouvrages d'art, pour prévenir les risques sismiques ou climatiques (vents traversiers violents) et d'interagir avec la signalisation pour alerter le conducteur en cas de problème,
- la réalisation d'ouvrages exceptionnels par leur dimension et leurs lignes aériennes. Certains reposent sur des pieux de béton qui s'enfoncent dans le sol jusqu'à 60 m de profondeur, soit 100 km de pieux posés sur l'ensemble de la ligne ;

- les RGVM sont des rames Duplex 2N2 3UF, les dernières de la série produite par ALSTOM et adaptées aux spécificités marocaines ;
- le choix de l'ERTMS de niveau 2 pour la régulation des trains sur la LGV et l'ERTMS de niveau 1 sur le réseau classique entre Kénitra et Casablanca ;
- la mise en place d'un système de transmission radio performant, dédié aux applications ferroviaires GSMR ;
- le contrôle informatisé de la maintenance, par des outils assurant la gestion des enregistrements de la géométrie de la voie et de la caténaire, et des solutions de gestion assistées par ordinateur ;
- les systèmes de télésurveillance de l'infrastructure et capteurs de mesures embarquées ;
- la Commande Centralisée du Réseau (CCR), une entité opérationnelle assurant le pilotage, le contrôle et la supervision à distance de la circulation des trains ;
- la Commande Centralisée des Sous-Stations d'alimentation de la caténaire pour assurer le pilotage des deux sous stations de la LGV ;
- le Centre National Sûreté (CNS), une entité qui recueille et enregistre les événements sûreté, traite et diffuse l'information, coordonne les équipes d'intervention et assure le commandement opérationnel ;
- le Centre Opérationnel de l'Activité Voyageurs, un facilitateur de la prise des décisions relatives aux choix des priorités de la production en situation de crise qui veille au bon déroulement du voyage des clients dans le respect des normes de service édictées par l'ONCF ;
- le simulateur de conduite, un outil essentiel dans la mise à niveau des conducteurs et l'atteinte des objectifs de formation des conducteurs grande vitesse ;
- le simulateur du poste d'aiguillage pour les opérateurs circulation avec possibilité de concevoir et étudier divers scénarios.

La réalisation de cette ligne d'une technologie et d'une complexité de cette envergure, a nécessité la création d'une direction de gestion du projet. Elle a rassemblé 360 ingénieurs et experts marocains et expatriés français qui ont travaillé côte à côte. Par ailleurs, plus de 600 collaborateurs ont été recrutés et formés pour la phase exploitation.

La ligne grande vitesse entre Tanger et Casablanca a constitué une véritable occasion pour acquérir et développer l'expertise et le savoir-faire nationaux dans le domaine de la grande vitesse ferroviaire, mais également pour faire bénéficier les entreprises nationales de cette opportunité exceptionnelle en réalisant 90% des travaux génie civil du projet.

En outre, ce transfert de compétence, nécessaire au développement de tout un écosystème autour du ferroviaire, a bénéficié d'une attention particulière permettant d'avoir la maîtrise nécessaire pour les projets ferroviaires futurs aussi bien au niveau national que régional.

Un engagement pour le développement durable

Dès sa phase de conception, la nouvelle ligne a intégré la composante environnementale. Elle a bénéficié en juillet 2010 de l'acceptabilité environnementale du Comité national des études d'impact, une procédure normative et une étape décisive avant le commencement d'un chantier. Toutes les mesures ont été prises pour le respect total de la faune et de la flore des sites traversés par la ligne et des actions concrètes ont été menées par l'ONCF pour éviter les risques de pollution et la perturbation des écosystèmes durant le chantier.

Depuis janvier 2022, l'ONCF a franchi un pas supplémentaire dans le cadre de sa stratégie RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises) et de sa politique énergétique, en faisant rouler la totalité de ses trains à grande vitesse, à l'énergie propre. En effet, l'Office opère sa transformation verte de manière progressive, en faisant passer 25% de sa consommation énergétique globale en énergie verte, pour atteindre 50% en 2023 avant de la porter à la totalité, à moyen terme.

A travers cette transformation écologique, l'ONCF marche de pair avec la stratégie énergétique nationale, qui place les énergies renouvelables au centre du mix énergétique du Maroc. Celle-ci prévoit l'augmentation de la part des ressources renouvelables pour atteindre, dès 2030, plus de 52% de la capacité installée. Le Royaume du Maroc est ainsi l'un des pays émergents les plus engagés dans le développement des énergies éolienne et solaire.

Ainsi, grâce à l'énergie propre fournie par un opérateur national, l'ONCF verdit le cycle d'alimentation électrique du réseau ferré national, en alimentant sa consommation électrique par une énergie propre. A court terme, cela réduira son empreinte carbone, avec l'équivalent de 120 000 tonnes de CO_2 évitées chaque année, ou encore avec 4 millions d'arbres plantés.

En effet, voyager par le train constitue l'un des meilleurs moyens de limiter son bilan carbone. En moyenne, le train émet 25 à 30 fois moins de gaz à effet de serre que les autres modes de transports.

Si le pari de l'ONCF est désormais d'alimenter, à terme, l'ensemble de ses trains entièrement à l'énergie propre, les trains à grande vitesse ont été les premiers à offrir des voyages écoresponsables à l'énergie 100% éolienne.

LA GRANDE VITESSE FERROVIAIRE : LA BONNE VITESSE POUR NOTRE PLANÈTE

Ce slogan a une forte connotation environnementale et sous-entend que la vitesse à adopter n'est pas nécessairement la vitesse la plus élevée, permise par l'état actuel de la technologie, mais peut être une vitesse plus modérée qui serait plus respectueuse de l'environnement ou plus adaptée à certains territoires ou certaines économies.

Le bon sens pourrait conduire à admettre trop vite qu'il y a une opposition entre vitesse et respect de la nature : aller un peu moins vite économiserait de l'énergie donc ce serait bon pour la planète.

L'idée de ralentir peut, par ailleurs, apparaître en contradiction avec l'histoire du chemin de fer. Chaque fois qu'il a été mis en danger par l'apparition d'une concurrence nouvelle, qu'il s'agisse de la voiture ou de l'aviation, c'est souvent en accélérant qu'il retrouve et parfois développe sa place sur le marché.

Aussi, ce concept de « bonne vitesse » n'est ni intuitif ni évident.

Cette partie de la brochure explore cette idée de faire varier la vitesse, sujet qui est mis au centre du débat du 11e Congrès mondial UIC de la grande vitesse ferroviaire à Marrakech (7-10 mars 2023).

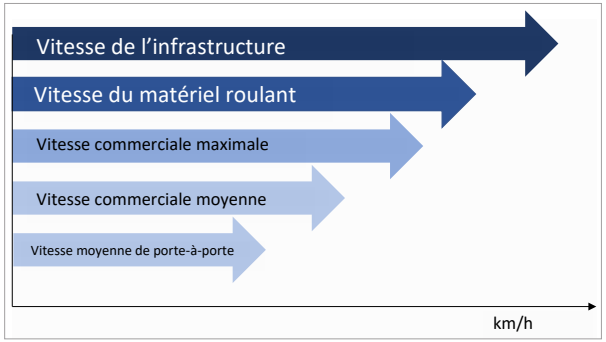
De quelle vitesse parle-t-on ?

La technologie des trains à grande vitesse a désormais atteint un stade permettant d'offrir à la clientèle une vitesse commerciale allant jusqu'à 350 km/h. La Chine envisage même de progresser encore jusqu'à 400 km/h : limite haute de l'intervalle de vitesse commerciale ferroviaire qu'il est possible d'offrir à la clientèle.

Mais la vitesse commerciale doit-elle être, partout, fixée au maximum de ce que permet la technologie ?

L'UIC propose cinq définitions de vitesse :

- **la vitesse permise par l'infrastructure** : c'est le plafond de vitesse qu'un train suffisamment motorisé pourrait atteindre compte tenu de la géométrie de l'infrastructure, notamment les rayons de courbure et les dévers associés. Cette vitesse peut ne pas être uniforme tout au long de la ligne si l'infrastructure comporte des segments qui ont des difficultés à s'insérer dans l'environnement géographique ;
- **la vitesse maximale du train en service sur cette infrastructure** : cette vitesse est forcément inférieure ou égale à la vitesse de l'infrastructure (définition précédente). Cette vitesse peut varier en fonction du profil en long de la ligne et être plus faible dans les rampes que dans les pentes ;
- **la vitesse commerciale maximale** : c'est la vitesse maximale choisie pour l'offre commerciale. Elle est nécessairement inférieure aux deux vitesses précédentes. Elle résulte d'une décision commerciale pour un marché donné ou d'un parti d'exploitation visant à optimiser le débit des circulations sur l'infrastructure ;
- **la vitesse commerciale moyenne** : c'est la vitesse moyenne obtenue en divisant la distance entre deux gares par le temps mis par le train pour la parcourir. Cette vitesse caractérise les horaires publiés des chemins de fer ;
- **la vitesse moyenne de porte-à-porte** : c'est la vitesse moyenne que constate un client entre l'origine et la destination véritables de son déplacement avec le mode de transport qu'il a choisi.



La bonne vitesse, par rapport à quoi ?

Comme les investissements ferroviaires n'ont de sens que dans le long terme, « la bonne vitesse » varie nécessairement dans le temps car la technologie ferroviaire, comme celle de ses concurrents routiers et aériens, évolue assez rapidement et les conditions socio-économiques des territoires changent avec le temps.

Cinq critères, au moins, sont à considérer :

- **le critère temporel** (court, moyen et long termes) ;
- **le critère environnemental** qui dépend de décisions politiques prenant en considération l'état actuel et futur de la planète ;
- **le critère socio-économique** parce que les infrastructures de la grande vitesse ferroviaire ont toujours deux sources de financement (l'usager et le contribuable) et il s'agit de décider comment leur charge financière se répartira entre elles ;
- **le critère de capacité** selon le type de trafic qui empruntera l'infrastructure : trains à grande vitesse seuls, ou mix de trains de voyageurs à grande vitesse et de trains régionaux moins rapides ou mix de trains de voyageurs et de trains de fret ;
- **le critère historico-géographique** qui intègre les paramètres précédents dans le contexte spécifique d'un pays, une région, voire un continent.

	Critère temporel	Critère environnemental	Critère socio-économique	Critère de capacité	Critère historico - géographique
Vitesse permise par l'infrastructure	Très long terme	Minimisation des émissions des impacts environnementaux et en particulier des émissions de gaz à effets de serre pendant la construction	Minimisation du coût de construction et de maintenance	Adaptation des caractéristiques géométriques de l'infrastructure au trafic empruntant la ligne	Respect du patrimoine humain et naturel
Vitesse maximale du matériel roulant	Moyen terme	Minimisation des émissions de gaz à effet de serre sur le cycle de vie Maximisation de la part recyclable	Optimisation du coût de possession sur la durée du cycle de vie Aptitude à rouler à une vitesse commerciale adaptée au marché tout au long de ce cycle de vie	Choix du mode d'exploitation séparant ou non de façon temporelle les trafics de natures différentes	Adaptation de la vitesse en fonction des distances et des arrêts
Vitesse commerciale maximum des trains	Court terme	Optimisation du bilan carbone global	Juste répartition de la charge financière entre usagers et contribuables	Optimisation de la capacité de la ligne en fonction du programme d'exploitation	Recherche de la vitesse maximisant la part de marché du train

La bonne vitesse concerne aussi la vitesse commerciale moyenne. La différence entre la vitesse commerciale maximale et la vitesse commerciale moyenne correspond à la marge de régularité du train. Les horaires des trains ne peuvent pas être bâtis en retenant seulement ce qui est appelé leur marche de base qui correspond à la meilleure performance que peut réaliser un train en respectant la vitesse commerciale maximale. Cette marge de régularité vise à allonger le temps de parcours pour y inscrire une marge couvrant les aléas du trajet et résulte d'un compromis entre les attentes de qualité des voyageurs et le temps de parcours.

Enfin, **la bonne vitesse de porte-à-porte peut être obtenue par diverses combinaisons de temps d'accès et du temps de parcours principal**. Il peut être physiquement équivalent, pour un trajet de porte-à-porte, de faciliter l'accès à la gare en gagnant quelques minutes avec de meilleurs moyens de transport urbains par exemple ou, toutes choses restant égales quant à l'accès à la gare, d'accélérer le train à grande vitesse sur son trajet principal.

Ainsi la bonne vitesse de porte-à-porte ne dépend pas que de la vitesse du train à grande vitesse.

Enfin, d'autres facteurs affectent le bilan environnemental et le bilan socio-économique d'une ligne nouvelle :

- **l'attractivité commerciale** du service qui ne dépend pas que de la vitesse mais aussi de la qualité du service offert à bord et dans les gares. Cette attractivité est toujours mesurée en termes relatifs, c'est-à-dire par comparaison avec les offres concurrentes ;
- **l'accessibilité du service** pour la distribution et la réservation en plus de l'accès physique proprement dit ;
- **l'information fournie en temps réel** pour le voyageur ;
- la situation géographique des gares qui commande les politiques **d'aménagement du territoire**.

Notons, pour finir, que la vitesse influence le coût de production et indirectement le prix du billet, ce qui revient à dire que la définition de la « bonne vitesse » suppose des itérations économiques.

Les résultats généralement obtenus après application de ces critères ne convergent pas vers une solution bien définie, en raison de la multiplicité de ces facteurs. Ce qui est construit puis exploité et le service qui en résulte font pratiquement toujours l'**objet de compromis ou de choix**.

Rôle joué par le critère temporel

La grande vitesse ferroviaire ne trouve sa justification économique et environnementale que si elle est attractive sur le marché des transports de voyageurs et le reste durablement. Cette qualité repose sur l'attractivité relative de son offre comparée à celle de ses concurrents virtuels, routiers et aériens. Sont donc en jeu pour un trajet (une origine-destination-OD) déterminé, essentiellement :

- le temps de parcours ;
- la fréquence des trains effectuant ce trajet ou l'adaptation des horaires au motif et aux contraintes du déplacement ;
- le prix du transport ;
- la qualité du service incluant le service à bord et le service en gare, la vente et l'après-vente ;
- la qualité environnementale (émissions de CO_2 caractérisant le déplacement par exemple) ;
- la qualité de l'information avant, pendant (en temps réel) et après le trajet ;
- l'accessibilité (vers la gare au départ et à partir de la gare à l'arrivée).

Ces qualités ne peuvent être jugées dans l'absolu car, sur un marché, le consommateur fait des arbitrages en comparant les offres à sa disposition.

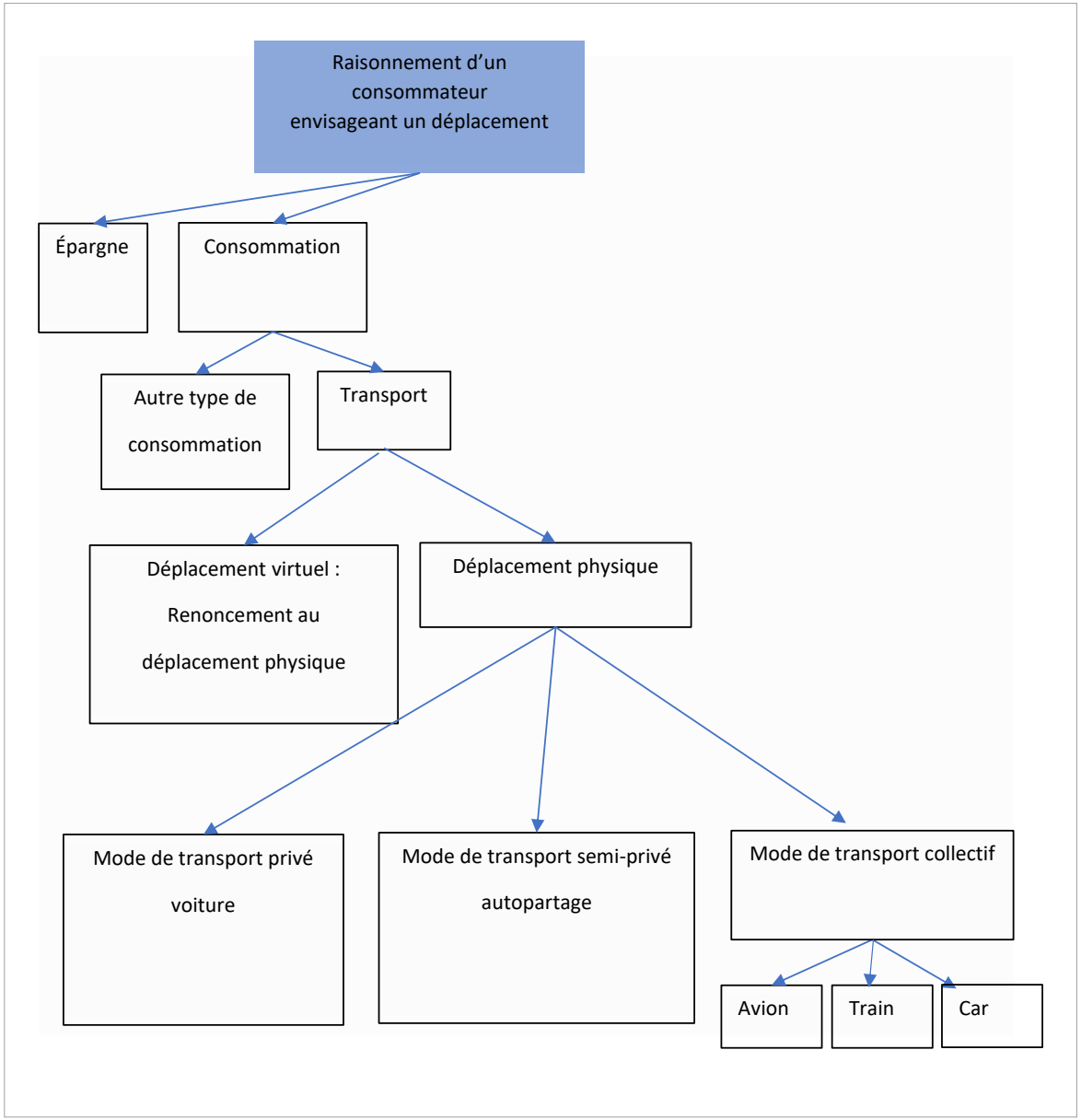
Ces qualités ne peuvent être définitivement acquises car le contexte et les technologies du transport évoluent en permanence.

Ces qualités sont en partie en opposition car agir sur un levier pour augmenter certaines d'entre elles conduit parfois à en dégrader d'autres. Par exemple, on peut être tenté de réduire la vitesse pour consommer moins d'énergie et émettre moins de gaz à effet de serre mais cela est au prix d'une moindre attractivité du temps de parcours.

C'est la raison pour laquelle « la bonne vitesse pour notre planète » est forcément un compromis valable à un moment donné, sur un marché donné, dans des contextes économique, environnemental et technologique globaux donnés. Ce qui est adapté aujourd'hui ne le sera peut-être pas ou moins demain. La stratégie de la grande vitesse doit intégrer les évolutions prévisibles de ces contextes pour prendre les décisions de long terme qui orienteront favorablement des investissements consentis pour des dizaines d'années et éviteront les fausses manœuvres qui résulteraient d'une vision trop étroite de l'avenir.

Plus précisément, la donne a changé et continuera d'évoluer en raison de nouveautés intervenant dans les choix des consommateurs dont le raisonnement, par hypothèse rationnel, prend les **arbitrages** successifs suivants :

- entre consommer et épargner ;
- entre se déplacer et un autre type de consommation ;
- entre un déplacement physique et un déplacement virtuel ;
- entre un transport collectif, un transport individuel ou privé et un transport semi-privé (co-voiturage) ;
- entre les différents moyens de transport collectifs : avion, car ou train ?



Le consommateur est censé implicitement calculer l'utilité de chaque possibilité et choisir celle qui la maximise. L'utilité est donc le concept quantitatif implicite qui régule son comportement. Cette utilité peut être considérée comme l'opposé d'un coût généralisé qui intègre le fait que le consommateur est confronté à la rareté et qu'il a un ressenti : il ne dispose pas d'un budget infini, ni d'un temps infini et, par ailleurs, il est sensible à des plaisirs et déplaisirs susceptibles d'être traduits en termes monétaires sous la forme de bonus ou de pénalités. Par exemple, le fait de se déplacer pour une visite médicale engendre un **coût généralisé** qui est la somme de trois éléments :

- le prix à payer pour le transport nécessité par cette visite et pour la rencontre avec le médecin ou pour effectuer ces analyses médicales ;
- la valeur du temps consacré à ce transport et à cette visite ou ces analyses ;
- l'utilité ressentie de la visite ou des analyses pour la conservation ou l'amélioration de la santé.

Pour une même personne, un même motif de déplacement, toutes autres choses étant égales par ailleurs, ces arbitrages évoluent dans le temps pour au moins trois raisons.

1. L'offre sur le marché des transports se diversifie

Deux nouveautés sont d'ores et déjà entrées dans les mœurs : le transport virtuel et le co-voiturage.

La pandémie du COVID-19 a très largement augmenté et répandu l'usage des logiciels permettant de se connecter à distance pour des réunions privées ou professionnelles. Il est aussi possible de faire des visites virtuelles de sites, de certains musées, par exemple. Le déplacement virtuel s'est donc affirmé comme une alternative à part entière au déplacement physique de personnes et, désormais, le concurrence. Il se caractérise par un temps de transport proche de zéro, un coût marginal d'usage également nul et une perte d'utilité par rapport au rapport physique interpersonnel qui a, jusque-là, été la norme.

Le co-voiturage est un mode de transport intermédiaire entre le transport privé et le transport collectif. Pour le conducteur de la voiture, par rapport à un voyage strictement individuel, le co-voiturage impose des contraintes (attendre au point de rendez-vous, par exemple) mais réduit le coût du déplacement en le partageant. Pour le passager, il y a également des contraintes (être à l'heure au point de rendez-vous ou bien limiter le volume de ses bagages, par exemple) en contrepartie d'un coût inférieur à celui consistant à utiliser son propre véhicule. Il s'agit donc d'un **mode de transport nouveau** car cumulant certaines qualités du transport privé et certaines contraintes du mode collectif.

L'attractivité du service ferroviaire (ou la part de marché) obtenue grâce à la construction d'une ligne nouvelle n'est aujourd'hui pas aussi forte qu'il y a 20 ou 30 ans lorsque ces deux modes de transport (virtuel et co-voiturage) n'existaient quasiment pas.

2. La technologie des modes de transport évolue

En se projetant assez loin dans l'avenir, il est probable que la voiture du futur différera très sensiblement de celle d'aujourd'hui. D'abord, elle sera autonome et pourra donc être utilisée par une partie de la clientèle qui en est exclue (soit trop jeune, soit trop vieille, soit par incapacité de conduire) et qui est donc captive des modes collectifs. Le temps passé à bord n'aura pas la même valeur car la nécessité d'attention à la route disparaîtra. Au lieu d'être la propriété du conducteur, cas général actuel dans lequel elle passe l'essentiel de son temps garée quelque part, elle pourra appartenir à une société et pourra être plus intensément utilisée car successivement occupée par des utilisateurs qui l'appelleront avec leur téléphone. Ainsi, ses coûts fixes seront partagés entre de nombreux consommateurs. Comme elle sera autonome, elle sera sûre et son assurance coûtera aussi beaucoup moins cher. Bref, le coût généralisé du transport en voiture va tendre vers un coût marginal plus faible. D'ailleurs, dans cette perspective, le co-voiturage aura disparu si bien qu'il n'aura été que temporairement l'ancêtre de la voiture autonome partagée.

Au même horizon, l'avion aura probablement réussi sa conversion par exemple vers une propulsion à hydrogène. Cela modifiera à la fois ses qualités environnementales et son coût d'usage, par le remplacement d'une énergie fossile rare par une énergie renouvelable.

Bien entendu la technologie ferroviaire progressera en parallèle.

Il faut s'attendre au XXI^{e} siècle à des bouleversements sur le marché des transports aussi importants que ceux constatés au XX^{e} siècle, quand le train s'est vu confronté à l'apparition de la concurrence routière puis à celle de l'aviation civile.

La question n'est plus celle du réalisme des évolutions décrites mais celle de leur vitesse respective d'apparition et celle de leur impact quantitatif en temps de transport et en coût pour le client.

Il y a aujourd'hui suffisamment d'avancées technologiques pour prédire que ce changement du paysage des transports aura lieu à un horizon qui est plus proche que celui envisagé lorsqu'un gestionnaire d'infrastructure décide d'investir dans la construction d'une ligne nouvelle ou qu'un opérateur ferroviaire décide d'acquérir un matériel roulant.

3. La valeur du temps, elle-même, varie dans le temps

Beaucoup d'études économétriques mettent en lumière une corrélation entre la valeur du temps des usagers et le niveau de vie caractérisé par le PIB par tête. L'Union Européenne, dans son guide pour les bilans socio-économiques des infrastructures de transport, préconise par exemple d'utiliser une élasticité comprise entre 0,5 et 0,7 entre l'augmentation de la valeur du temps des usagers et la croissance du PIB.

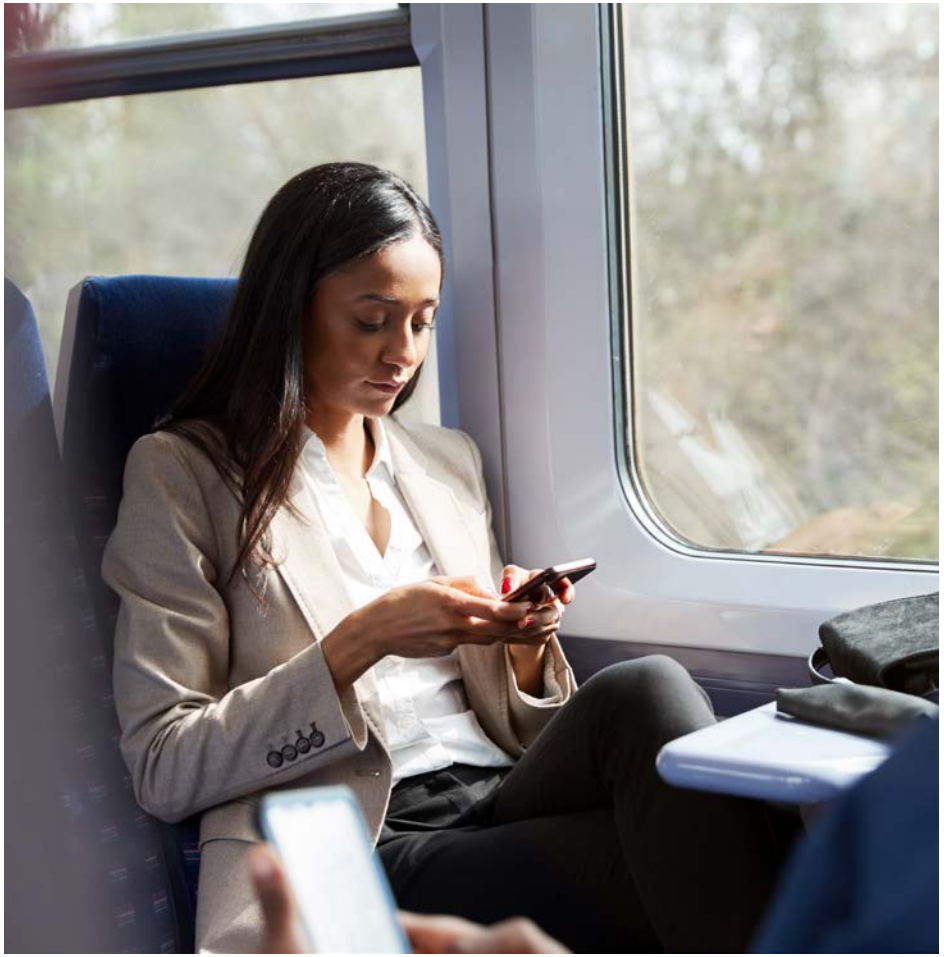
Lorsque la valeur du temps d'un individu augmente, il a tendance à préférer les modes de transport les plus rapides. Il serait donc enclin à abandonner le car pour le train, puis le train pour l'avion, lorsque cette hiérarchie temporelle concerne les trajets de porte à porte, toutes autres choses étant égales par ailleurs.

D'autres facteurs que le PIB modifient la valeur du temps. En effet, un individu a en réalité plusieurs valeurs du temps qui caractérisent les motifs pour lesquels il se déplace. Ainsi, une même personne peut avoir une valeur du temps élevée lors d'un déplacement professionnel et une valeur du temps plus faible lors d'un voyage d'agrément. Ainsi, lors de la pandémie du COVID-19, certaines personnes ont décidé de déménager à cause de la possibilité de pouvoir travailler à distance. Ces personnes ont donc revu la gestion de leur temps et cela ne peut pas être sans impact sur leur valeur du temps pendant les déplacements. Cela implique que les usages de la société, au même titre que la richesse, influent sur ce paramètre essentiel du coût généralisé de transport, donc sur la répartition intermodale de la demande.

Au terme de cette analyse, les deux variables majeures de l'offre sur lesquelles chaque mode de transport peut agir qui sont **la vitesse et le coût**, correspondent exactement aux deux paramètres prédominant dans le choix de la demande : **le temps et le prix**.

La « bonne vitesse » est donc un facteur doublement central puisqu'elle entre directement dans l'équation du choix du consommateur, via le temps de transport, et parce qu'indirectement elle influence le coût de production donc le prix.

Compte tenu de la rapidité des évolutions du marché, de la technologie et des usages, l'horizon temporel joue un rôle majeur dans la stratégie de l'offre et déterminant dans le choix de la bonne vitesse pour notre planète.



Rôle joué par le critère environnemental

Le critère environnemental est important, d'autant plus que les populations sont sensibilisées à cet effet avec, en particulier, une attirance vers les modes de transport plus respectueux de l'environnement en évitant de prendre l'avion (flight bashing).

Aussi, les durées de transport acceptables par les voyageurs peuvent être plus longues, ce qui privilégie le mode ferroviaire par rapport au mode aérien.

1. Bilan environnemental global de la grande vitesse ferroviaire

Pour une infrastructure ferroviaire à grande vitesse, ce bilan se résume assez simplement en trois phases.

Dans une première phase, la construction de l'infrastructure ne peut que globalement dégrader l'environnement et c'est la raison des études d'impact qui doivent précéder la décision de construction le projet. Plus la dégradation sera profonde, plus la seconde phase d'exploitation mettra de temps à « réparer » cet impact. Dans une troisième phase, celle du renouvellement, le paramètre majeur est celui du taux de recyclage des investissements.

Contrairement à l'avion et à la voie navigable qui n'ont besoin que d'infrastructures ponctuelles (aéroports et ports), la route et le rail ont besoin d'une infrastructure sur toute la longueur du trajet. Les principaux inconvénients de cette infrastructure sont :

- son caractère quasi définitif ;
- sa continuité et sa linéarité qui imposent de sévères contraintes de tracé, avec des conséquences significatives sur les expropriations, les zones naturelles, l'agriculture, l'habitat et le patrimoine ;
- ses caractéristiques géométriques très strictes liées à l'adhérence, la puissance et la vitesse des véhicules qui l'empruntent ;
- son coût élevé.

Ces inconvénients ont une contrepartie : l'aménagement du territoire par une desserte plus fine et fréquente que celle du mode aérien.

2. Rôle de la vitesse dans la définition de l'infrastructure ferroviaire

La vitesse a deux effets de sens opposés sur le profil vertical et le profil horizontal d'une infrastructure nouvelle à grande vitesse.

Plus les trains qui circulent sur la ligne sont puissants, mieux ils s'accommodent de fortes déclivités. Quand les lignes classiques étaient limitées à des rampes de 1,5 %, voire moins, elles devaient être tracées dans des plaines ou des vallées. Les lignes nouvelles dédiées aux seuls trains à grande vitesse acceptent des déclivités plus fortes pouvant aller jusqu'à 3,5 % voire 4,0 % (cas respectifs de la ligne Paris-Lyon et de la ligne Cologne-Francfort). Avec de telles pentes et rampes, la ligne n'est plus nécessairement inscrite dans des vallées, est moins sinueuse, et traverse des régions avec moins de contraintes naturelles et humaines.

Les déclivités plus fortes sont aussi intéressantes car elles permettent de réduire les mouvements de terre et les ouvrages de franchissement. Là où un déblai profond ou un remblai élevé était nécessaire avec une ligne conventionnelle, une pente (ou une rampe) accentuée réduit la profondeur ou l'élévation de l'ouvrage en terre quand elle ne le rend pas inutile en s'accommodant du relief naturel. Pareillement, un viaduc et un tunnel verront leur longueur réduite par un profil en long plus prononcé quand ces ouvrages ne seront tout simplement pas évités parce qu'inutiles.

Plus la vitesse est élevée, plus les rayons de courbure en plan doivent être accrus et plus la ligne devra être rectiligne. Cela rend plus difficile d'éviter des points singuliers, qu'il s'agisse d'habitations ou d'usines, d'éléments de patrimoine humain ou naturel, encore que ces points singuliers soient moins nombreux quand la ligne prend de l'altitude.

Les lignes nouvelles, construites pour un trafic mixte de voyageurs et de marchandises, voient leurs caractéristiques géométriques imposées par les convois les plus exigeants, en général les marchandises. Cette mixité limite sérieusement le gradient des rampes et pentes et oblige à des compromis pour les insuffisances de dévers, si bien que la mixité impose très généralement plus d'ouvrages métalliques ou en béton, plus de tunnels, plus de terrassements et plus d'investissement. En contrepartie, elles permettent le transport du fret.

3. Rôle de la vitesse dans l'exploitation

Il est évident que plus le train roule vite, plus il consomme d'énergie et les lois de la physique indiquent que la consommation d'énergie évolue comme le carré de la vitesse et le besoin de puissance installée dans le matériel roulant comme le cube de la vitesse.

En contrepartie de cet excès de consommation, deux effets se produisent.

Le premier est lié à la plus grande attractivité obtenue par une réduction des temps de parcours dont la conséquence est qu'une partie de la demande qui emprunte la voiture ou l'avion se reporte sur le train. Cela génère de moindres émissions de gaz à effet de serre.

Un autre effet de la vitesse est d'accroître l'accessibilité des zones desservies par la nouvelle infrastructure, ce qui génère une augmentation de la mobilité, donc du trafic à transporter. En théorie, cela devrait augmenter les consommations d'énergie et aller dans le sens contraire des économies de gaz à effet de serre précédemment évoquées. Un constat souvent effectué est que par leur succès, les trains à grande vitesse sont mieux remplis que les trains conventionnels et l'amélioration de ce ratio de productivité compense totalement ou partiellement les émissions de gaz à effet de serre provenant de :

- la nouvelle mobilité ;
- le report de voyageurs de trains classiques plus lents mais moins bien occupés vers les trains à grande vitesse.

Le point essentiel dans cette somme algébrique d'émissions de gaz à effet de serre suscitées ou évitées est l'ampleur des reports de trafic des modes de transport gourmands en énergie fossile vers le train à grande vitesse. Or, le volume de trafic qui se reporte de l'avion vers le train dépend essentiellement du temps de parcours :

- lorsque le temps de parcours en train est inférieur ou égal à 2 heures, le train a en principe déjà capté l'essentiel de la clientèle aérienne et l'avion a abandonné le marché sauf pour des parcours de correspondance pour des vols longs courriers ;
- lorsque le temps de parcours du train est compris entre 2h et 5h30, l'élasticité de report de l'avion vers le train est la plus forte et toute accélération du train est payée de retour par un transfert significatif de voyageurs ;
- lorsque le temps de parcours du train excède 5h30, l'avion reste dominant et ne perd que peu de voyageurs.

Il résulte de cette analyse que, du point de vue des reports de l'air vers le rail, la vitesse optimale dépend du temps de trajet ferroviaire sur les principaux marchés en concurrence avec l'avion. En-dessous de 2h et au-delà de 5h30, le trafic prêt à changer de mode est limité en volume alors qu'entre ces deux bornes le train a tout intérêt à aller aussi vite qu'il peut.

Encore faut-il que le prix du billet soit compétitif, car c'est le premier critère du choix du mode de transport dans de nombreux pays.

La concurrence entre le train et la voiture se joue sur des distances plus courtes. À la différence de la concurrence air-fer essentiellement basée sur le temps de trajet principal en train, la concurrence rail-route (pour les segments de clientèle non captifs d'un mode ou de l'autre) est très influencée par trois paramètres :

- la fréquence des services ferroviaires ;
- le temps de trajet de porte-à-porte ;
- le prix du billet.

En effet, l'avion et le train sont tous deux des modes de transport collectifs se caractérisant par des horaires ou des fréquences de desserte (forcément en nombre limité) d'une part et par leur incapacité à offrir des solutions directes de porte-à-porte.

La voiture et le train diffèrent plus profondément :

- l'un est un mode de transport privé quand l'autre est un transport collectif ;
- l'un ne transporte que de gare à gare et a besoin d'être complété en amont comme en aval par un moyen de transport à courte ou moyenne distance quand l'autre propose un trajet de l'origine vraie jusqu'à la destination finale.

Comme l'écart de vitesse entre la voiture et celle du train est au moins dans un rapport de 1 à 2, le train finit par compenser son handicap de porte-à-porte. Autrement dit, plus la distance est longue, meilleures sont les chances du train confronté à la voiture. Cela signifie que sur les longues distances, la vitesse n'est pas cruciale vis-à-vis de la route mais elle le devient sur les distance courtes et moyennes. En deçà de 100 kilomètres, il devient très difficile de battre la voiture, sauf dans le cas de trajets quotidiens ou très fréquents, pendulaires domicile travail ou domicile école.

Ainsi, il apparaît que les optima de vitesse pour la concurrence aérienne et pour la concurrence routière ne coïncident généralement pas. La bonne vitesse sera donc celle qui maximise une fonction qui est la somme pondérée de deux termes, chaque terme étant le produit d'un volume de voyageurs transférés vers le train par l'économie de CO_2 correspondante.

Restent enfin les reports de trafic du train classique vers le train à grande vitesse qui, souvent, se substitue à lui. Le bon sens commun a tendance à considérer négativement ce report avec l'idée préconçue qu'un voyageur qui abandonne un train classique pour utiliser un train à grande vitesse, sur le même trajet, va forcément consommer plus d'énergie et donc dégrader davantage l'environnement.

Mais, comme le train à grande vitesse a attiré de la clientèle que n'avait pas le train classique, il rassemble mieux les marchés. Ainsi, il est mieux rempli d'une part et, d'autre part, il a besoin de moins d'arrêts pour obtenir ce remplissage. Donc, il a moins d'accélérations et de freinages et répartit sa consommation sur plus de voyageurs.

Divers calculs ont été faits au terme desquels il apparaît paradoxalement que la consommation d'énergie par voyageur-kilomètre est parfois inférieure lorsque ce voyageur emprunte un train à grande vitesse plutôt qu'un train conventionnel.

Rôle joué par le critère socio-économique

Les avantages socio-économiques résultent de trois effets : les nouvelles demandes adressées à l'économie, les transferts de trafic entre modes de transport, à mobilité globale inchangée, d'une part et l'augmentation de la mobilité, d'autre part.

1. Les demandes nouvelles adressées à l'économie

Beaucoup voient dans l'investissement nécessaire pour construire une ligne nouvelle et acheter du matériel roulant pour l'exploiter une façon de donner un coup de pouce à l'économie du pays. Cela est vrai à deux conditions : qu'il s'agisse réellement d'une demande nouvelle adressée à l'économie du pays et que son financement provienne d'une augmentation de sa dette.

Si, en effet, le choix de l'investissement se fait au détriment d'un autre investissement, à budget constant, il n'y a pas vraiment de demande nouvelle adressée à l'économie nationale. Il ne s'agit que d'un choix entre deux dépenses d'un même montant, au même moment. Un effet positif sur l'économie ne peut alors surgir que si l'investissement ferroviaire a, par unité de monnaie, un contenu plus favorable à l'emploi et plus frugal en importations que l'investissement dit de référence. Sinon, il eût mieux valu réaliser l'investissement qui a été écarté (de référence) et auquel il s'est substitué.

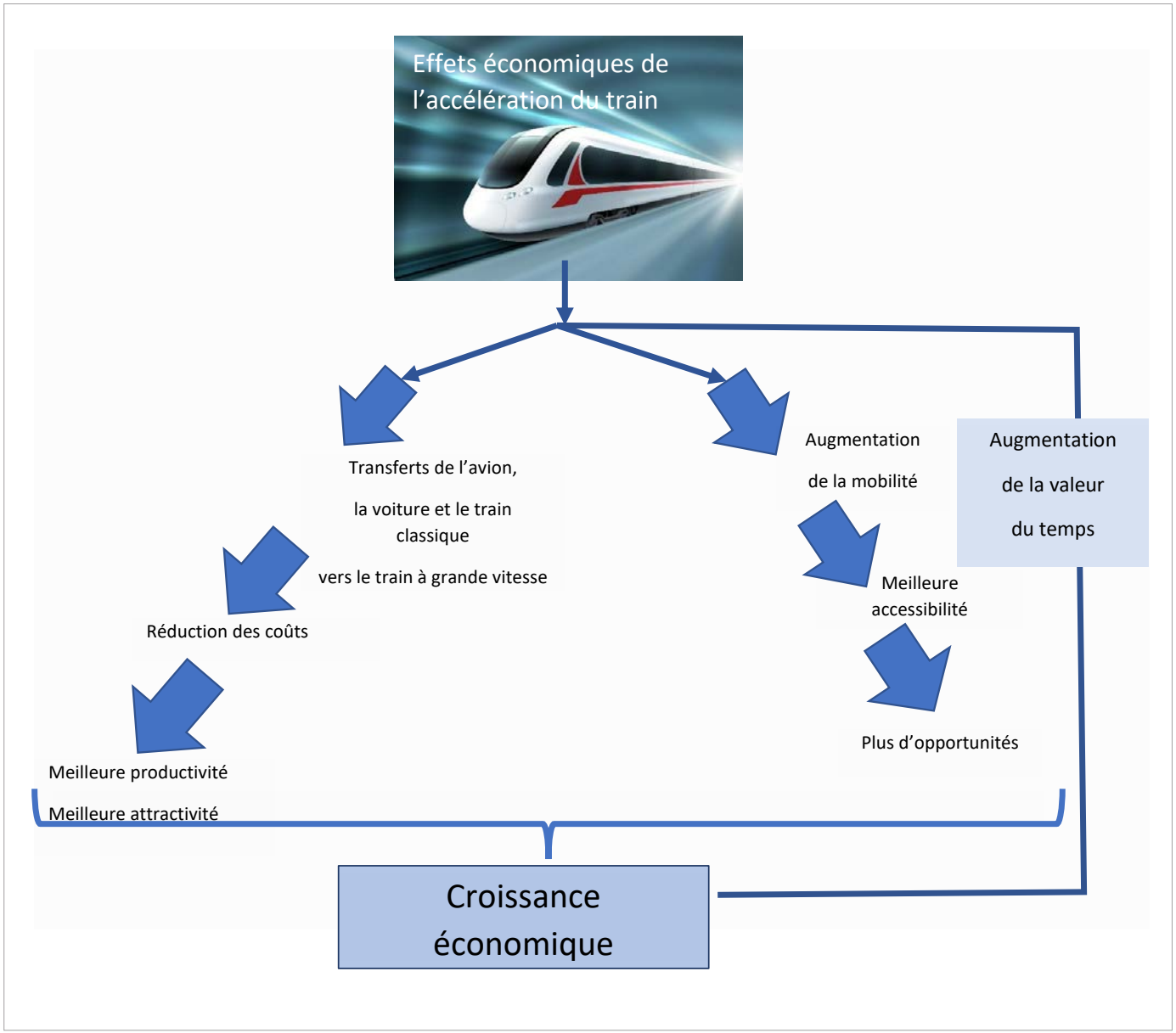
C'est pourquoi, lorsque l'investissement est financé par de la dette, il a toutes chances d'être une demande nouvelle adressée à l'économie nationale, mais avec l'inconvénient qui caractérise toute dette nouvelle.

Il ne semble pas y avoir ici de lien entre l'importance d'une demande nouvelle adressée à l'économie et la « bonne vitesse » des trains sur l'infrastructure à créer. Cependant, ce lien existe et il est subtil car il joue indirectement. Il apparaît lorsque se pose la question de phaser l'investissement pour lisser les besoins de financement. Un projet ferroviaire peut être découpé en phases à plusieurs conditions :

- que les tronçons d'infrastructure à réaliser par étape puissent être reliés au réseau existant, sinon ils ne sont pas exploitables en tant que tels ;
- qu'ils offrent un saut qualitatif suffisant pour provoquer un effet significatif sur la demande.

La « bonne vitesse » ferroviaire peut parfois être plus élevée lorsque le projet est incomplet, parce qu'avec seulement un ou deux tronçons en service, il ne donnera pas la qualité d'offre qui fait bouger la demande, alors qu'il y arrivera facilement une fois le projet entièrement en service. Ainsi la bonne vitesse, si elle est habilement choisie, peut rendre un projet réalisable en phases et donc plus facilement finançable avec une atténuation des risques afférents.

Au-delà de l'effet à court terme lié à la construction d'une ligne nouvelle, l'accélération des trains engendre des effets durables à moyen et long termes en raison des changements qu'elle induit sur le marché de la mobilité.



2. Les transferts de trafic entre modes de transport

Les transferts de trafic entre modes de transport génèrent, pour les voyageurs, une économie, et plus exactement une réduction de coût généralisé de transport. Si ce n'était pas le cas, en tant qu'agents économiques rationnels, les usagers n'auraient aucune raison de changer de mode de transport. Cette économie peut ensuite être transformée, selon les façons suivantes :

- être épargnée ;
- être utilisée pour une autre consommation ;
- être transférée à un autre agent économique.

Dans le premier cas, cette économie ne génère pas de croissance sauf si l'épargne est à son tour transformée en investissement.

Dans le deuxième cas, l'économie faite stimule la demande intérieure et contribue donc à la croissance du PIB.

Dans le troisième cas, celui du voyage d'affaires par exemple, l'économie est transférée à l'entreprise ou l'administration qui enregistre une baisse de ses coûts de production et peut donc réduire ses prix de vente et devenir plus compétitive sur les marchés intérieurs comme internationaux. Ainsi, le PIB et la balance du commerce extérieur en bénéficient.

Les transferts de trafic entre modes sont donc générateurs de croissance.

La « bonne vitesse » est alors celle qui maximise la réduction de coût généralisé de transport. Cependant, cette bonne vitesse engendre aussi un coût pour sa production qui normalement se répercute dans le prix du billet et vient en atténuation du gain de temps. C'est ici qu'entre en jeu la part du financement du projet de ligne à grande vitesse qui ne sera pas payée par l'usager mais par le contribuable (subventions à fonds perdus). Plus cette part sera grande, meilleur marché sera le billet et plus grand sera l'effet positif sur l'économie. C'est probablement cet aspect qui devrait retenir le plus l'attention dans la fixation de la tarification de l'accès à l'infrastructure ferroviaire.

3. Le développement de la mobilité et l'aménagement du territoire

Il y a deux façons d'aménager le territoire.

La première consiste à créer des pôles d'attraction qui ont pour objet de vaincre la résistance au déplacement des personnes. Autrement dit, la création de ces pôles engendre de nouvelles mobilités pour les rejoindre. Cet effet à court terme peut ensuite s'estomper à moyen et long terme lorsque les acteurs économiques estiment qu'il est de leur intérêt d'éviter cette mobilité en relocalisant leurs logements ou leurs centres d'activité.

La seconde consiste à investir dans les moyens de transport pour rendre certaines zones plus accessibles. En suivant cette politique, la possibilité est donnée aux agents économiques :

- soit de mieux accéder à des zones naturelles ou touristiques ;
- soit de rechercher et de trouver un emploi ou une formation plus loin de leur domicile ;
- soit de pouvoir rencontrer ou fréquenter plus intensément des membres de leur famille, des pairs, etc.

La grande vitesse ferroviaire est un des leviers très puissants pour agir sur la mobilité.

La Grande Vitesse Ferroviaire a donc des effets directs sur la mobilité, mais aussi des effets indirects sur l'aménagement du territoire. L'arrivée des trains à grande vitesse a souvent été l'occasion de projets urbanistiques de rénovation ou de développement plus ou moins ambitieux. La facilité d'accès a aussi changé l'image de la destination desservie par la Grande Vitesse, en dynamisant le tourisme, l'implantation d'entreprises ou d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche, le logement.

Les effets sur les territoires sont très disparates. Ils dépendent de la taille et de la configuration de l'aire urbaine, de la distance entre les villes desservies, du choix de lieu d'implantation des gares et de la qualité de l'intermodalité régionale et locale, de l'implication et de la coordination des acteurs locaux pour soutenir le développement territorial, mais aussi du schéma d'exploitation des trains et du prix des billets.

Ainsi, certaines villes desservies changent de caractère passant d'une prédominance rurale à un relais de croissance de la métropole principalement en économie tertiaire. Ou bien, elles deviennent des pôles d'attraction touristiques avec une offre préexistante à l'arrivée de la Grande Vitesse Ferroviaire, que ce soit du tourisme général ou du tourisme d'affaires.

La Grande Vitesse Ferroviaire constitue aussi un support pour intensifier le rayonnement d'un territoire sans en changer le statut. Elle peut en faire évoluer le visage économique sans réellement le transformer.

L'arrivée des trains à Grande Vitesse est parfois le déclencheur d'une reconfiguration des quartiers de gare et d'un renforcement des cœurs d'agglomération. La mobilisation des acteurs locaux est décisive sur le potentiel d'effets, car elle agit sur le tracé, la localisation des gares, les modalités de desserte et le financement de l'infrastructure.

L'arrivée de la Grande Vitesse Ferroviaire a donc quatre types d'effets :

- les effets sur la mobilité et l'accessibilité, qui sont les effets les plus directs et les plus déterminants. L'induction de trafic peut être très importante : des trajets se font avec la Grande Vitesse alors qu'ils ne se faisaient pas jusque-là en raison de temps de parcours trop importants ;
- les effets sur l'urbanisme et le foncier, avec principalement le réaménagement des quartiers de gares qui redeviennent des centres attractifs et la redistribution des dessertes urbaines ;
- les effets sur l'image et le tourisme, qui nécessitent une offre touristique attractive préexistante urbaine ou rurale régionale ;
- les effets sur l'implantation d'entreprises et l'économie locale, qui sont généralement mesurables à plus long terme, sauf si les acteurs locaux ont bien anticipé l'arrivée de la Grande Vitesse Ferroviaire sur leurs territoires. Bien évidemment, les villes déjà dynamiques profitent davantage de ces opportunités de développement.

Certains critiquent la grande vitesse ferroviaire au motif qu'elle suscite des inégalités territoriales. Deux d'entre elles sont facilement identifiables.

La première est « l'effet tunnel » qui provient du fait qu'un train à grande vitesse ne peut avoir des arrêts proches les uns des autres. Aussi, les zones qui sont placées entre ces arrêts n'ont que des désavantages : elles souffrent d'être traversées sans être desservies. Cet effet peut être atténué par la création de gares nouvelles mais ces arrêts nouveaux ralentissent les trains et agissent sur sa vitesse moyenne commerciale. Ils influencent donc négativement « la bonne vitesse ».

Le second effet est transitoire. Les pays qui se sont lancés dans la grande vitesse ferroviaire commencent nécessairement par la construction d'un segment de ligne qui avantage une partie de leur territoire. Très vite, la perception des durées de trajet est influencée par le train à grande vitesse en exploitation. Les voyageurs transportés dans les trains classiques, là où il n'y a pas (encore) de ligne nouvelle, éprouvent alors un sentiment de déclassement qui se traduit parfois par l'expression d'un « réseau ferroviaire à deux vitesses ». Une façon d'atténuer cet inconvénient est d'étendre les services à grande vitesse au-delà des lignes nouvelles en utilisant l'interopérabilité avec le réseau classique. Ainsi, pour les trajets des amonts et avals des lignes nouvelles, la « bonne vitesse » consiste à bénéficier d'un gain de temps sur une partie du trajet. *Autrement dit, la bonne vitesse ne doit pas seulement tenir compte du marché des villes exactement situées sur les lignes nouvelles, mais d'un périmètre plus large incluant une part de réseau ancien interopérable.*

4. Les politiques tarifaires

Les paragraphes précédents n'ont abordé la question de l'accessibilité financière des services à grande vitesse que sous l'angle des coûts, notamment en fonction de la part de la charge de capital qui est ou n'est pas intégrée dans le prix du billet, via les redevances d'infrastructure.

Mais le prix du billet lui-même résulte aussi de la politique de marketing et de la façon dont l'offre et la demande entrent en adéquation. Les différents modèles tarifaires utilisés tournent tous autour de trois critères principaux pour moduler le prix :

- les caractéristiques socio-économiques du voyageur (autrement dit son pouvoir d'achat) ;
- le partage du risque entre le voyageur et l'opérateur ;
- la fidélité du client.

Comme il est incontestable que le niveau tarifaire joue sur le niveau de la demande, il est impossible de ne pas introduire dans l'équation qui permet de définir « la bonne vitesse » le paramètre tarifaire. Cela est d'autant plus vrai que l'expérience a montré, à de nombreuses reprises, le lien entre prix et volume de la demande, ce qui explique en partie l'apparition de trains « low-cost » qui sont surtout des trains « low-price ». Cela est aussi apparu nettement dans les situations de concurrence intra-ferroviaire comme en Italie, France et Espagne, récemment.

Rôle joué par le critère de la capacité

La capacité joue un rôle fondamental dans la recherche de la vitesse optimale.

1. L'optimum entre vitesse et débit

Il faut, en premier, rappeler que l'augmentation de la vitesse implique l'augmentation des distances de freinage, donc une réduction du nombre de trains. Or, plus la vitesse est élevée, plus le train est attractif, plus la demande augmente et plus il faut faire rouler de trains pour l'absorber.

Paradoxalement, la vitesse plaide pour plus de trains tout en réduisant le débit possible.

L'augmentation du débit physique peut être obtenue par un accroissement de la capacité des trains et par une optimisation du système d'espacement des trains. La digitalisation des réseaux couplée à l'intelligence artificielle devrait permettre de progresser en la matière et écarter les bornes entre lesquelles la « bonne vitesse » peut se situer.

Un autre effet de ce phénomène de débit paradoxal provient de la rareté économique qu'il suscite. À partir du moment où la capacité devient rare, la tarification des sillons tient compte de cette rareté. Il est patent que la vitesse commerciale optimale n'est pas la même pour les heures pleines ou les heures creuses.

Il faut aussi noter que les effets de saturation interviennent plus souvent à cause des nœuds où aboutissent les lignes que de l'encombrement de ces lignes proprement dites. Ainsi la rareté qui caractérise la capacité des lignes à grande vitesse, même quand elles sont spécifiquement dédiées aux trains à grande vitesse, dépend souvent de facteurs externes. Aussi, la bonne vitesse peut parfois être le résultat d'un compromis entre trains régionaux et trains à grande vitesse.

2. La variété des services

Le débit de la ligne dépend de l'homogénéité des vitesses commerciales des circulations. C'est lorsque tous les trains circulent à la même vitesse et marquent les mêmes arrêts que le débit est maximum. Lorsque les trains ont des missions différentes, soit qu'ils circulent à la même vitesse mais n'ont pas les mêmes arrêts, soit qu'ils roulent à des vitesses différentes, le débit maximum est obtenu en ralentissant les trains les plus rapides. Ainsi, la variété des services offerts va à l'encontre de l'attractivité des services les plus rapides.

Ainsi « la bonne vitesse » dépend de la sélection des services qui empruntent l'infrastructure.

Lorsque cette variété de services dépasse le seul éventail des voyageurs et s'étend au fret, la vitesse des trains se trouve affectée, non pour des raisons de débit mais de compatibilité. Dans la très grande majorité des cas où des trains de voyageurs et de fret « cohabitent » sur une infrastructure nouvelle :

- les caractéristiques géométriques de la ligne sont choisies différemment, notamment en limitant les gradients verticaux à 1,5% au maximum, ce qui renchérit l'investissement ;
- les trains ne circulent pas au même moment (voyageurs le jour et fret la nuit, par exemple), avec des incidences sur la maintenance des voies.

Ainsi, la mixité du trafic est un choix essentiel qui impacte sensiblement la vitesse des trains les plus rapides et donc oblige à rechercher une « bonne vitesse » plus faible que si le seul marché voyageur était considéré. En outre, il est plus coûteux de construire une ligne à grande vitesse mixte fret-voyageur qu'une ligne seulement dédiée aux voyageurs.

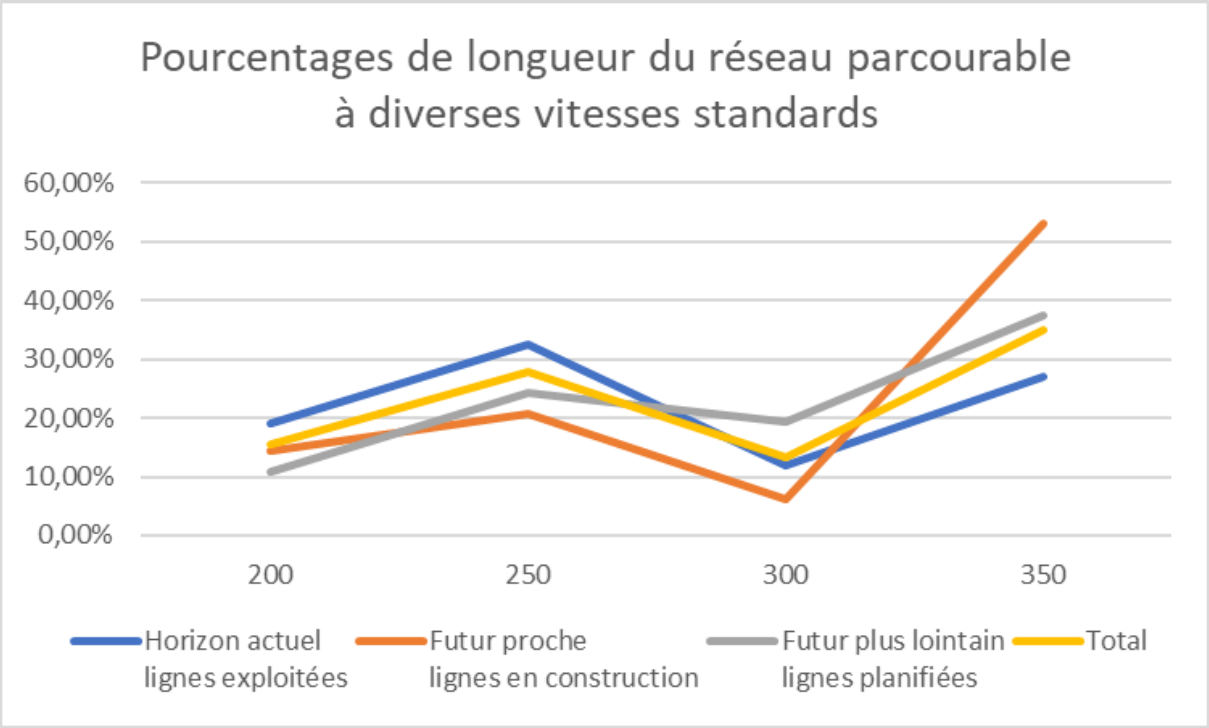
Rôle joué par le critère historico-géographique

1. Constat

Force est de constater que le réseau mondial de la grande vitesse ferroviaire est loin d'être homogène en vitesse. Le tableau suivant détaille, pour trois horizons (actuel : le réseau actuellement exploité, futur proche : les lignes en cours de construction, et futur plus lointain : les projets), les vitesses commerciales adoptées.

km/h	km en exploitation	km en construction	km en projet
110	4		
130	313		
140	76		
160	23		
200	10854	2865	4118
220	145		203
230	583	28	24
240	1059		
250	18370	4163	9205
260	965	66	
270	471		
275	79		
280	426		
285	515		
300	6742	1219	7262
305	643		
320		782	2384
330			385
350	15314	10617	14169
360		225	
Total	**56583**	**19964**	**37750**

Pour ces trois horizons temporels, quatre vitesses standards dominent : 200, 250, 300 et 350 km/h.



2. Le poids de l'histoire

Le poids des vitesses standards dans le réseau variera donc, comme il a déjà varié dans le passé. Le graphique précédent prouve que le paramètre temporel entre pleinement dans l'équation qui détermine la vitesse.

Cela s'explique en partie parce qu'une partie du réseau à grande vitesse est formée de lignes anciennes aménagées pour rouler à au moins 200 km/h. Aussi, à mesure que le temps passe, le réservoir de lignes pouvant encore être aménagées pour la grande vitesse se réduit.

Il faut aussi noter que le réseau à grande vitesse se construit non pas indépendamment du réseau classique existant mais en étant articulé avec lui. C'est tout l'intérêt de l'interopérabilité que de pouvoir exploiter un tronçon nouveau de ligne avec des trains qui proviennent de son amont et se dirigent vers son aval. La grande vitesse ferroviaire se développe en prenant appui sur les infrastructures qui existent à la fois pour pénétrer dans les zones denses (villes) et pour élargir son marché à plus de destinations.

Dans certains pays, le poids de l'histoire, c'est à dire du patrimoine, est donc fondamental dans le choix de la vitesse puisque les trains à grande vitesse ne roulent pas que sur des lignes nouvelles mais aussi sur des lignes anciennes, si bien que les temps de parcours de ville à ville résultent de vitesses très élevées sur des tronçons nouveaux et des vitesses plus classiques sur des tronçons anciens.

L'art du phasage de la construction d'un réseau à grande vitesse consiste précisément à tirer profit de cette interopérabilité entre le réseau d'antan et les projets de demain.

On ne peut pas non plus ignorer que la technologie ferroviaire progresse en permanence. La vitesse commerciale de 350 km/h, qui n'existe qu'en Chine, est récente. Ce pays montrera, peut-être dans un avenir proche, qu'il sera possible de la porter à 400 km/h. Cela sans devoir rappeler qu'au Japon, la grande vitesse ferroviaire a commencé en 1964 à 210 km/h entre Tokyo et Osaka alors que les trains circulent aujourd'hui sur cet axe à 285 km/h.

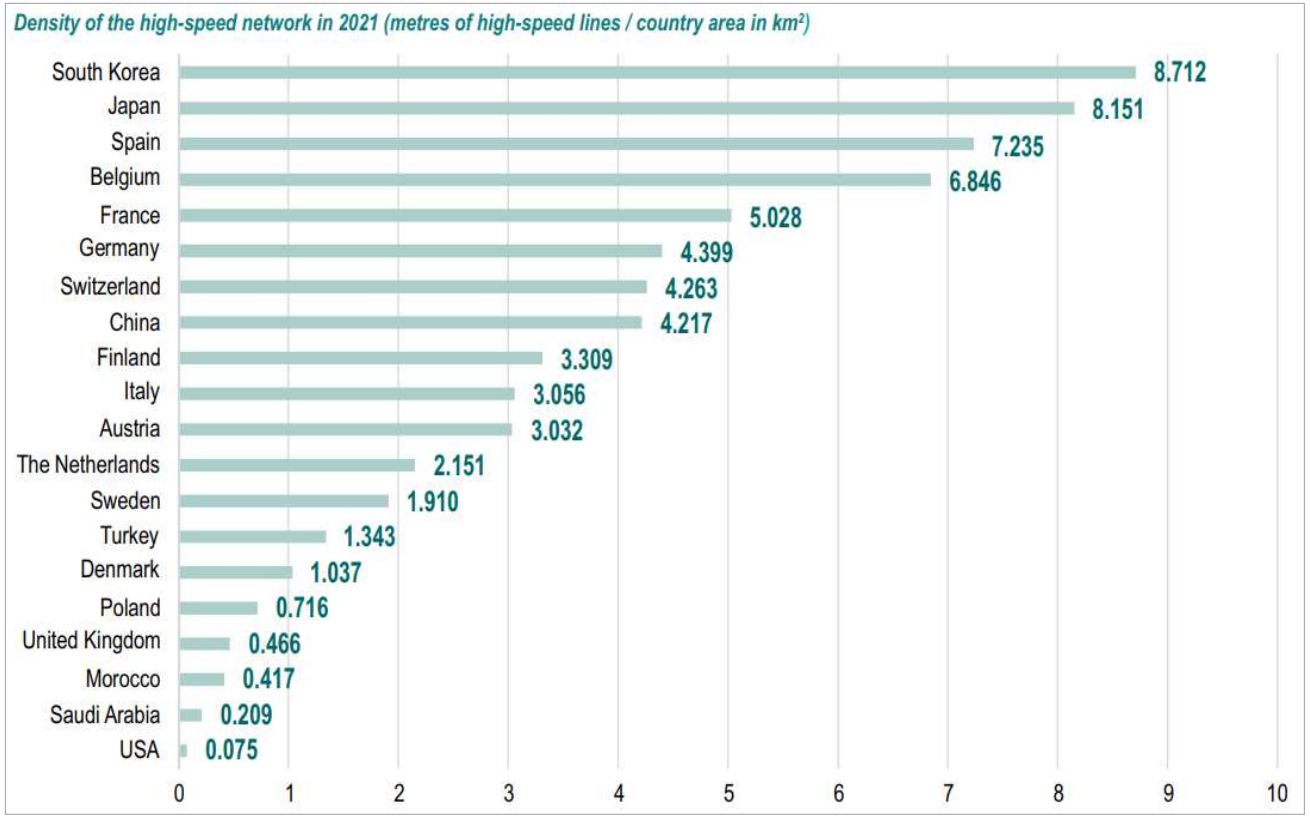
Un autre exemple significatif du poids du patrimoine est celui du corridor Nord-Est des Etats-Unis où l'héritage de l'infrastructure se conjugue avec l'évolution technologique du matériel roulant. Sur les 735 km de la ligne reliant Boston, New-York et Washington DC, la vitesse maximum est de 240 km/h sur un court tronçon seulement (entre Mansfield, Massachusetts et Richmond, Rhode Island), la vitesse moyenne sur l'ensemble du corridor n'étant que d'environ 110 km/h. Dans l'avenir, l'utilisation de nouvelles rames (matériel pendulaire Avelia Liberty d'Alstom), combinée avec une modernisation complémentaire de l'infrastructure, permettra d'atteindre 300 km/h, prouvant, une fois de plus, que la bonne vitesse n'est pas immuable dans le temps.

En dehors du corridor Nord-Est Américain, les exemples d'augmentation de la vitesse commerciale plafond fourmillent. C'est une des raisons pour lesquelles la conception des lignes à grande vitesse ne doit pas « insulter » l'avenir car il est difficile de modifier a posteriori la géométrie d'une infrastructure. Autant la créer avec des normes géométriques généreuses, quitte à ce que ce soit marginalement plus cher, pour éviter des fausses manœuvres plus tard, voire une impossibilité de faire mieux, c'est-à-dire de rouler plus vite alors que la technologie rend la chose possible.

D'autres pays exploitent des lignes à Grande Vitesse de point à point sans prolongements vers des lignes classiques. Ce cas est particulièrement flagrant lorsque les villes desservies sont des mégapoles entre lesquelles un service « navette ». C'est le cas de la première ligne à Grande Vitesse en Chine reliant Pékin à Tianjin.

3. Le poids de la géographie

La densité de réseau est très variable d'un pays à l'autre. Elle s'explique essentiellement par deux facteurs : la densité démographique d'une part et l'effort d'investissement national d'autre part. En effet, plus la population est éparpillée, moins elle constitue la masse critique du marché de la mobilité pouvant justifier l'investissement consistant à construire une ligne à grande vitesse. La géographie physique intervient également soit parce que certaines parties du territoire sont désertiques ou quasi désertiques, soit parce que des obstacles naturels réduisent les possibilités d'implantation de nouvelles infrastructures.



Note : The ratio of Denmark has been calculated excluding Greenland area

Source : compiled by authors based on Internation Union of Railways, 2022

La configuration géographique des pays s'invite également dans l'équation de la bonne vitesse. On peut classer les pays ou les corridors dans au moins quatre catégories pour ce qui concerne la structure de leur réseau :

- les pays et corridors linéaires, comme les corridors Nord-Est aux Etats-Unis ou à Taiwan ou les réseaux Japonais, Marocain (un axe nord-sud complété par un axe ouest-est branché sur la ligne nord-sud pour former un « Y » penché vers la droite) ou Italien (réseau en forme de « T »), voire Portugais (axe Nord-Sud) et Coréen du Sud ;
- les pays avec un point central (la capitale en général) et des axes rayonnant vers les quatre points cardinaux à partir de ce centre, comme l'Espagne, la France ou la Pologne ;
- les pays disposant d'une armature urbaine comportant de nombreux nœuds fortement peuplés dispersés sur l'ensemble ou une partie très significative de leur territoire comme l'Allemagne ou la Chine ;
- les corridors isolés comme celui en Arabie Saoudite.

C'est sur les axes les plus longs et les corridors isolés que l'on peut s'attendre à découvrir les vitesses les plus élevées, sauf lorsque le poids inertiel du patrimoine freine cette tendance (cas de l'Est des Etats-Unis) et sauf lorsqu'ils sont jalonnés de villes de même importance obligeant les trains à s'arrêter fréquemment.

Lorsque les distances sont réduites, la vitesse perd de son intérêt. C'est typiquement le cas de la Suisse où les vitesses entre les principales villes ne sont guère élevées, mais où des efforts très importants ont été consentis sur les relations internationales plus longues, notamment en creusant des tunnels conçus pour 200 km/h.

Il est intéressant de comparer les stratégies « vitesse » de différents pays en examinant combien leurs réseaux respectifs comportent de lignes parcourables à différents intervalles de vitesse commerciale maximum. Le tableau suivant donne le pourcentage de longueur de réseau autorisant une plage de vitesse donnée.

Intervalle de vitesse	200-249 km/h	250 - 299 km/h	300 - 349 km/h	350 km/h et plus
Chine	20,2%	40,6%	0,9%	38,3%
Allemagne	27%	43%	30%	0,0%
Espagne	14,0%	22%	64,0%	0,0%
France	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Japon	11,5%	64,9%	23,6%	0,0%

Il apparaît que la Chine a clairement séparé :

- les axes très rapides (350 km/h) représentant 40% des lignes nouvelles ;
- d'un réseau à grande vitesse plus modéré de même importance relative (40%) ;
- et d'un réseau de liaisons à plus basses vitesses regroupant 20% des lignes.

Les autres pays ne proposent pas de vitesses commerciales égales à 350 km/h et répartissent leur réseau entre les trois intervalles de vitesse, dans des proportions variées.

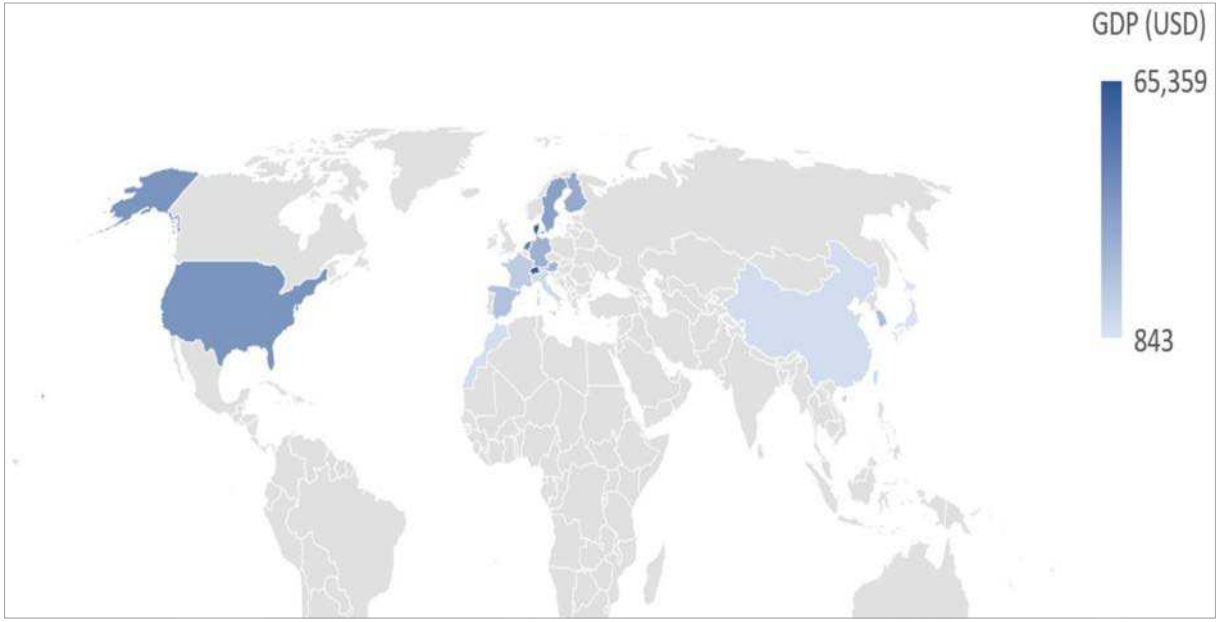
A partir du moment où le pays (ou le territoire concerné) est assez vaste, une variété de situations géographiques sont rencontrées qui justifient des choix de vitesse adaptés au cas par cas. La France fait exception en s'étant imposé un standard de vitesse de 300 km/h puis de 320 km/h/.

De cette analyse il convient de déduire que la géographie physique et la démographie n'étant pas uniformes, la bonne vitesse ne peut pas non plus être uniforme.

Reste à analyser le facteur économique : la richesse est-elle un facteur déterminant pour le développement de la grande vitesse ferroviaire ?

Longtemps a prévalu l'opinion que la grande vitesse est un luxe qui ne vaut que pour les sociétés riches. Mais les extensions les plus significatives du réseau à grande vitesse apparaissent actuellement dans des pays qui ne sont pas dans le TOP 10 des pays les plus riches en PIB par habitant.

La raison principale est que la grande vitesse est très productive, précisément à cause de la vitesse. Elle peut donc proposer des billets de trains à des prix accessibles et d'un niveau comparable, parfois inférieur, à l'équivalent en train classique.



Le tableau suivant indique pour chaque pays, à la date d'introduction de la grande vitesse, le PIB par tête (en USD).

Ce tableau montre clairement qu'il n'y a pas de lien direct entre richesse des habitants et faisabilité économique d'un réseau à grande vitesse. Cela dément l'idée que la grande vitesse ferroviaire est un produit de luxe. La raison essentielle de cette absence de lien est que la plus grande partie des investissements pour créer un réseau à grande vitesse est dédiée à la construction de l'infrastructure. Or, cette infrastructure est forcément construite localement avec des personnes rémunérées avec les salaires du pays considéré. Il en résulte qu'il y a nécessairement une corrélation, ou plus exactement un lien de proportionnalité, entre le montant de l'investissement et le pouvoir d'achat local, si bien que le billet de train reste forcément à un niveau de prix abordable par la population susceptible de l'acheter. Cela est renforcé par le fait que, même si les éléments de superstructure et le matériel roulant sont plus coûteux, le système bénéficie de la grande productivité issue de la vitesse des trains qui abaisse les prix de revient.

Ainsi, il n'y a pas de région qui, par son niveau de développement économique, doive être systématiquement écartée de la grande vitesse. Le critère de volume du marché reste le critère essentiel. Il faut en effet que l'investissement puisse être réparti sur un volume suffisant de passagers pour assurer l'attractivité du mode de transport.

Country	Train	Year of HSL activation	GDP (USD)
Japan	Shinkansen	1964	843
Italy	La direttissima	1977	4 603
France	TGV Sud-Est	1981	11 104
France	TGV Atlantique	1989	17 694
Austria	Linz-Wels	1990	21 680
Germany	ICE	1991	23 357
Spain	AVE	1992	16 112
Finland	Helsinki-Turku	1995	26 271
Sweden	Stockolm-Orebro	1999	30 941
United States	Acela Express	2000	36 334
South Korea	KTX	2004	16 496
Netherland	Hoofrddorp-Rotterdam	2006	44 863
Switzerland		2007	65 359
China	CHR	2008	3 468
Morocco		2018	3 226
Denmark		2019	60 213

Conclusion

Les paragraphes précédents montrent que la **bonne vitesse pour notre planète** dépend de considérations tant géographiques, commerciales, sociologiques que d'exploitation. Ils enseignent que l'investissement doit être assez généreux pour éviter de coûteuses fausses manœuvres du fait d'une vision trop étriquée des potentialités du rail et de l'évolution technologique dans les transports qui sont loin d'être terminées.

La bonne vitesse pour la planète est toujours à rechercher en fonction de critères de nombreuses natures.

UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER
16, rue Jean Rey - 75015 Paris - France
Tel. +33 (0)1 44 49 20 20
Fax +33 (0)1 44 49 20 29
E-mail: info@uic.org

Publié par : Département Voyageurs de l'UIC
Directeur de publication : Marc Guigon
Rédaction : Michel Leboeuf, Marc Guigon et ONCF
Suivi éditorial : Philippe Lorand, Michele Gesualdi, Cécile Gendrot
Couverture et mise en page : Ludovic Wattignies
Crédits photo : ADIF, Adobe Stock, ONCF, SNCF
Sources : UIC
Impression : ONCF

ISBN 978-2-7461-3232-0
Copyright deposit: Février 2023

www.uic.org

#UICrail