



Évaluer la commodité d'usage des transports publics



Rapport de la table ronde

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE/FIT (2014), *Évaluer la commodité d'usage des transports publics*, Tables rondes FIT, No. 156, Éditions OCDE/ITF.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789282107706-fr>

ISBN 978-92-82-10769-0 (imprimé)
ISBN 978-92-82-10770-6 (PDF)

Collection : Tables rondes FIT
ISSN 2074-3394 (imprimé)
ISSN 2074-3386 (en ligne)

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Crédits photo : Couverture © Transport for London.

Les corrigenda des publications de l'OCDE sont disponibles sur : www.oecd.org/editions/corrigenda.

© OCDE/FIT 2014

La copie, le téléchargement ou l'impression du contenu OCDE pour une utilisation personnelle sont autorisés. Il est possible d'inclure des extraits de publications, de bases de données et de produits multimédia de l'OCDE dans des documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel pédagogique, sous réserve de faire mention de la source et du copyright. Toute demande en vue d'un usage public ou commercial ou concernant les droits de traduction devra être adressée à rights@oecd.org. Toute demande d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales devra être soumise au Copyright Clearance Center (CCC), info@copyright.com, ou au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), contact@cfcopies.com.

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

Le Forum International des Transports, lié à l'OCDE, est une organisation intergouvernementale comprenant 54 pays membres. Le Forum mène une analyse politique stratégique dans le domaine des transports avec l'ambition d'aider à façonner l'agenda politique mondial des transports, et de veiller à ce qu'il contribue à la croissance économique, la protection de l'environnement, la cohésion sociale et la préservation de la vie humaine et du bien-être. Le Forum International des Transports organise un sommet ministériel annuel avec des décideurs du monde des affaires, des représentants clés de la société civile ainsi que des chercheurs éminents.

Le Forum International des Transports a été créé par une Déclaration du Conseil des Ministres de la CEMT (Conférence Européenne des Ministres des Transports) lors de la session ministérielle de mai 2006. Il est établi sur la base juridique du Protocole de la CEMT signé à Bruxelles le 17 octobre 1953 ainsi que des instruments juridiques appropriés de l'OCDE.

Les pays membres du Forum sont les suivants : Albanie, Allemagne, Arménie, Australie, Autriche, Azerbaïdjan, Bélarus, Belgique, Bosnie-Herzégovine, Bulgarie, Canada, Chili, République populaire de Chine, Corée, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, États-Unis, Ex-République yougoslave de Macédoine, Finlande, France, Géorgie, Grèce, Hongrie, Inde, Irlande, Islande, Italie, Japon, Lettonie, Liechtenstein, Lituanie, Luxembourg, Malte, Mexique, République de Moldova, Monténégro, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Fédération de Russie, Serbie, République slovaque, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie, Ukraine.

Le Centre de Recherche du Forum International des Transports recueille des statistiques et mène des programmes coopératifs de recherche couvrant tous les modes de transport. Ses résultats sont largement disséminés et aident la formulation des politiques dans les pays membres et apportent également des contributions au sommet annuel.

Pour des informations plus détaillées sur le Forum International des Transports, veuillez consulter :
www.internationaltransportforum.org

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Table des matières

Résumé	9
Chapitre 1. Synthèse des discussions	
par Mark Wardman	13
Introduction	15
Contexte	18
Mesurer et évaluer la commodité d’usage	30
Analyse des observations empiriques	36
Le programme stratégique de recherche	71
Enseignements à tirer du point de vue de l’action des pouvoirs publics	75
Observations finales	77
Notes	78
Références	79
Chapitre 2. Tour d’horizon du secteur des transports publics dans le monde : Pratiques et défis à relever	
par Richard Anderson, Benjamin Condry, Nicholas Findlay, Ruben Brage-Ardao, Haojie Li	85
Introduction	86
Mesurer la commodité	89
Évaluer la commodité	108
Conclusions	115
Remerciements	118
Annexe A	119
Notes	120
Références	120
Chapitre 3 Évaluation des services ferroviaires urbains : Expériences à Tokyo, Japon	
par Hironori Kato	123
Introduction	124
Le manuel d’analyse coûts-avantages des projets ferroviaires utilisé par l’administration au Japon	124
Exemple d’évaluation d’un service ferré urbain : schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo	135
Conclusions	143
Remerciements	146
Références	146
Chapitre 4 Évaluation de la commodité des transports publics en Corée	
par Sungwon Lee	149
Introduction	150
Justification de la réforme des transports publics en Corée	151
Réseau de transports publics de Séoul	157
Résultats de la réforme des transports publics à Séoul	159
Résumé et résultats de la réforme des services de transports Publics	163

Références.....	165
Chapitre 5 Valorisation de l’affluence dans les transports publics en Île-De-France	
par Eric Kroes Marco Kouwenhoven, Laurence Debrincat, Nicolas Pauget	167
Contexte.....	168
Objectifs et méthodologie.....	168
Analyse des travaux antérieurs.....	169
Analyse qualitative.....	171
Étude des préférences déclarées.....	172
Typologie en fonction des attitudes	175
Analyse des préférences déclarées.....	177
Analyse des préférences révélées.....	185
Analyse des résultats et valeurs d’affluence obtenues	186
Exemple d’application de l’analyse coûts-avantages.....	187
Conclusions.....	190
Remerciements.....	191
Notes	191
Références.....	191
Liste des participants.....	193

Tableaux

1.1 Multiplicateurs officiels pour les termes de commodité des transports publics.....	27
1.2 Multiplicateurs de temps de marche et d’attente.....	38
1.3 Multiplicateurs THV par pays.....	39
1.4 Multiplicateurs de marche et d’attente (PR)	40
1.5 Multiplicateurs THV par objectif de déplacement.....	40
1.6 Multiplicateurs THV par mode.....	41
1.7 Multiplicateurs de marche et d’attente et affluence (Transport for London).....	42
1.8 Incidence de l’affluence sur les temps de marche et d’attente dans les gares.....	43
1.9 Multiplicateurs d’intervalle et de décalage par pays.....	45
1.10 Multiplicateurs d’intervalle et de temps de décalage par objectif de déplacement.....	46
1.11 Multiplicateurs d’intervalle et de décalage d’heure de départ en fonction du mode	46
1.12 Multiplicateurs sous-entendus par le méta-modèle.....	47
1.13 Pénalités de correspondance implicites.....	49
1.14 Variations des pénalités de correspondance.....	49
1.15 Pénalités de correspondance sous-entendues	50
1.16 Pénalités de correspondance en métro	50
1.17 Multiplicateurs de fiabilité par spécification de modèle	52
1.18 Multiplicateurs de fiabilité par pays.....	53
1.19 Multiplicateurs de fiabilité par objectif de déplacement.....	53
1.20 Multiplicateurs par mode	53
1.21 Multiplicateurs de fiabilité implicites pour le train et le bus	54
1.22 Nouvelles données de ratio de fiabilité des Pays-Bas	56
1.23 Multiplicateurs d’affluence implicites	58
1.24 Multiplicateurs d’affluence estimés	58
1.25 Multiplicateurs de temps dans le métro parisien.....	59

1.26	Pénalités d'affluence à Paris	60
1.27	Multiplicateurs d'affluence japonais.....	60
1.28	Valeur des améliorations au niveau des trains de 60 % à 70 %	64
1.29	Valeur des améliorations dans les gares de 50 % à 70 %	64
1.30	Avantages de la fourniture d'informations pour le métro en utilisant les scores MSS/SIS	66
1.31	Avantages pour le métro	67
1.32	Améliorations ferroviaires	67
1.33	Améliorations pour les bus	68
2.1	Les huit critères de qualité de service définis par la norme EN 13816.....	89
2.2	Les dix principaux indicateurs mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova	93
2.3	Les dix principaux indicateurs mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova	94
2.4	Mesure de la qualité du service : critères mesurés CoMET et Nova	95
2.5	Métros - Élasticités de la demande.....	100
2.6	Mesurer les incidents de retard : accent mis sur l'exploitation et sur l'orientation clients	103
2.7	Sensibilité à la technologie et à la demande des incidents de retard des métros.....	107
2.8	Variations relatives du temps de trajet et de la fréquence nécessaires pour produire le même effet sur la demande	111
3.1	Derniers manuels d'analyse coûts-avantages d'investissement dans les transports au Japon.....	125
3.2	Valeurs standard du temps en 2010, estimées à partir de l'enquête statistique mensuelle sur l'emploi.....	129
3.3	Fonctions de l'encombrement des véhicules proposées par le Manuel d'analyse coûts-avantages	131
3.4	Multiplicateurs du temps de correspondances par type de correspondance.....	133
3.5	Résultats estimatifs du modèle des choix d'itinéraire ferroviaire	141
3.6	Valeurs des services ferroviaires estimées avec le modèle des choix d'itinéraire ferroviaire	141
3.7	Multiplicateurs estimés avec le modèle des choix d'itinéraire ferroviaire.....	142
3.8	Définition des neuf « indicateurs de confort et de commodité des transports publics » proposés par le MLIT, Japon	147
4.1	Élasticité-prix de la demande de transports urbains	151
4.2	Résultats d'estimation des comportements de choix de mode de transport des automobilistes...	153
4.3	Élasticité de la demande d'automobilité par rapport au prix du carburant et transfert modal....	153
4.4	Élasticité de la demande d'automobilité par rapport au tarif des transports publics et transfert modal	154
4.5	Variation de la part modale suite à une hausse du prix du stationnement.....	154
4.6	Élasticité croisée de la demande d'automobilité par rapport au temps passé dans le véhicule et transfert modal.....	155
4.7	Élasticité croisée de la demande d'automobilité par rapport au temps passé hors du véhicule et transfert modal.....	155
4.8	Réaction des automobilistes à la variable d'encombrement des véhicules	156
5.1	Niveaux de perception de l'affluence	171
5.2	Présentation des niveaux d'affluence selon le mode de transport.....	175
5.3	Coefficients estimés pour le modèle à constantes et pour le modèle proportionnel	179
5.4	Coefficients estimés pour chacun des modèles et pour le modèle simultané.....	180
5.5	Coefficients estimés pour chaque type de voyageurs.....	182
5.6	Coefficients estimés pour chaque mode de transport dans le cas d'un modèle proportionnel.....	183
5.7	Multiplicateurs du temps de trajet en fonction du niveau d'affluence pour différents modes de transports publics franciliens	184
5.8	Résultats de la modélisation du trafic avec et sans prolongement du RER E.....	188
5.9	Temps de trajet perçu avec et sans prolongement du RER E'heure de pointe matinale en tenant compte de l'affluence pour tous les voyageurs, par liaison.....	189

Graphiques

2.1	EN 13816 – Le cycle de la qualité de service	90
2.2	Élasticités-tarifs connues des métros (2009) : sensibilité de la demande au prix	101
2.3	Voitures-kilomètres entre incidents occasionnant des retards de cinq minutes ou plus	102
2.4.	Vue d'ensemble des données disponibles sur les incidents : Enquête de CoMET et de Nova	103
2.5	Retards des voyageurs dans les métros : taux de ponctualité.....	104
2.6	Nombre d'incidents de retard du métro et nombre de voyageurs concernés par les retards	105
2.7	Nombre de correspondances par trajet en métro rapporté à la taille du réseau.....	106
2.8	Fréquence maximale de circulation aux heures de pointe.....	107
2.9	Exemple de l'incidence relative sur la demande de certains critères de commodité	114
2.10	Taille du réseau et trajets voyageurs	117
3.1	Fonctions de l'encombrement des véhicules.....	132
3.2	Schéma directeur du réseau ferré urbain dans la région métropolitaine de Tokyo	137
3.3	Système d'analyse de la demande de déplacements dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo	139
3.4	Résultats du calcul des multiplicateurs de l'encombrement des véhicules Manuel d'ACA	143
4.1	Évolution de l'urbanisation dans la région métropolitaine de Séoul	157
4.2	Évolution des immatriculations de véhicules.....	158
4.3	Part modale dans chaque région de la métropole de Séoul	158
4.4	Réseau de lignes de bus principales et de rabattement.....	160
4.5	Nouveau réseau de lignes principales et de rabattement.....	161
4.6	Service d'information sur les bus.....	161
4.7	Couloir réservé aux bus.....	162
4.8	Modernisation des arrêts de bus.....	162
4.9	Hausse de la fréquentation des transports publics.....	163
4.10	Évolution de la satisfaction de la population vis-à-vis des transports publics	164
5.1	Exemple de scénario pour l'expérience PD1	173
5.2	Exemple de scénario pour l'expérience PD2	173
5.3	Coefficients d'affluence estimés	178
5.4	Comparaison entre les multiplicateurs obtenus dans la présente étude et ceux rapportés par Wardman et Whelan 2011	184
5.5	Pourcentage de voyageurs qui attendent la rame suivante en fonction du niveau d'affluence de la rame à quai	185
5.6	RER A, RER B, RER E et prolongement de leur section centrale en Île-de-France	187

Résumé

Il va de soi que l'amélioration de la commodité des transports publics favorise l'utilisation de ce mode par rapport aux autres formes de mobilité et peut faire croître la demande globale de transport. La commodité est l'un des principaux atouts de la voiture particulière pour le transport de personnes. Il s'agit bien entendu d'un critère important pour les usagers des transports publics également, mais qui n'est pas toujours clairement défini, ni souvent mesuré, au moment de la conception des systèmes de transport ou de l'évaluation de leur fonctionnement.

Il est moins évident, mais néanmoins capital, de bien saisir la valeur que les usagers attachent à la commodité par rapport à d'autres caractéristiques de service et de définir des indicateurs de commodité qui soient concrets et mesurables. Les retours d'expérience des usagers des systèmes de transport, sur le plan du confort, de la fiabilité, de la sécurité et, surtout, de la commodité, sont absolument indispensables, à tout le moins lorsqu'il existe d'autres moyens de se déplacer.

Dans bien des cas, l'amélioration de la commodité des transports publics se traduit par un recul du coût généralisé des déplacements (exprimé en euros/dollars par heure ou en centimes/cents par minute), avec des bénéfices équivalents à ceux générés par une réduction des temps de trajet. Le présent rapport s'intéresse à la commodité et à l'importance qu'elle revêt pour les usagers. Il fait le point sur les définitions opérationnelles de la commodité, sur le consentement des usagers à payer pour bénéficier de cette commodité et sur l'utilisation d'indicateurs pour évaluer et améliorer la commodité des transports publics dans le but de rendre ces derniers plus efficaces et compétitifs.

Éléments saillants

La commodité est associée à « l'absence d'effort » dans l'utilisation de services de transport exploités d'une manière adaptée à leur finalité. La notion de commodité est plus restreinte que celle de qualité de service ; les analystes des transports ont depuis longtemps établi une distinction entre coût, temps, commodité et confort, cette dernière notion ayant à voir avec le degré de pénibilité d'un déplacement. Il n'existe cependant aucun réel consensus autour de ce que l'on entend par commodité dans le domaine des transports publics, et le terme est employé sans même avoir de définition explicite. Les participants à la Table ronde ont estimé, dans une optique pragmatique, qu'il conviendrait de donner la priorité à certains éléments jugés essentiels, qui permettent de broser un tableau plus complet de l'attractivité des transports publics et, surtout, peuvent faire l'objet de mesures et d'évaluations. Pour les participants, ces éléments ont trait à l'incommodité résultant :

- du temps d'accès et de sortie, et plus particulièrement du temps consacré à la marche au cours d'un déplacement ;
- de l'attente, notamment lors des changements de service ou de mode de transport ;
- de l'impossibilité de se déplacer au moment voulu, qui recouvre les intervalles de circulation et la durée de déplacement ;
- de la nécessité de correspondances sur un parcours donné ;
- de la variabilité du temps de trajet ;
- de l'absence de renseignements fiables ;

- de l'affluence.

De nombreux pays ont précisé des valeurs officielles à utiliser pour l'évaluation des investissements et des politiques intéressant les transports, notamment lorsqu'il y a financement sur fonds publics. Le souci premier a longtemps été d'évaluer les gains réalisés sur le temps passé à bord des véhicules. Le présent rapport met l'accent sur les multiplicateurs affectés aux gains de temps de trajet qui peuvent être utilisés pour rendre compte des facteurs de commodité dans le cadre d'une évaluation.

Ce rapport dresse le bilan des connaissances actuelles sur les multiplicateurs applicables aux temps de marche et d'attente, aux intervalles de circulation et à la durée de déplacement, aux correspondances, à la fiabilité, à l'affluence et à la communication d'informations. Il a été établi à partir de documents de synthèse, complétés, le cas échéant, par des données concrètes tirées d'études spécifiques.

Précisons d'emblée que les multiplicateurs ne sont pas nécessairement les mêmes d'un pays à l'autre, bien qu'ils soient par définition plus facilement transposables que les évaluations monétaires. De plus, les différences ne tiennent pas exclusivement à des questions de culture mais peuvent être dues à la diversité des normes et des attentes, des pratiques d'exploitation, des conditions de transport et de la composition socio-économique des usagers (et de l'échantillon considéré).

S'il est bien évident que les attentes premières des personnes diffèrent selon le contexte, une généralisation des résultats donne toutefois à penser que les principales pierres d'achoppement, en matière de commodité, pour les usagers des transports publics sont les suivantes :

- l'attente dans des conditions d'affluence ;
- la marche dans des conditions d'affluence ;
- la marche lorsqu'elle demande un effort supérieur à la normale ;
- la fiabilité du temps de trajet.

Viennent ensuite d'autres éléments déterminants pour la commodité, à savoir :

- l'attente et la marche dans des conditions normales ;
- le fait de devoir voyager debout ; en cas de très forte affluence, ce désagrément devrait toutefois prévaloir sur la marche et l'attente dans des conditions normales ;
- le temps de trajet et l'intervalle de circulation ; la durée de déplacement revêt davantage d'importance dans le cas des longs parcours, souvent planifiés à l'avance, l'intervalle de circulation a quant à lui plus de poids sur les trajets courts, moins planifiés, pour lesquels on s'attend peut-être à de meilleures fréquences.

Les deux variables qui, en règle générale, contribuent le moins à la commodité sont :

- le désagrément lié à la nécessité d'une correspondance ;
- la communication d'informations dans les gares et aux arrêts. Toutefois, à l'ère du numérique, le public est de plus en plus demandeur d'informations qui, en plus d'être de bonne qualité, soient également facilement accessibles. On constate que l'information à bord des véhicules l'emporte sur l'information dans les gares et aux arrêts. L'annonce des perturbations de la circulation semble des plus indiquées. Pratique relativement récente, la communication en temps réel d'informations sur les services pouvant être consultées en ligne par l'utilisateur avant que celui-ci ne quitte son domicile ou son lieu de travail se révèle essentielle, même si aucune étude empirique ne paraît avoir été engagée sur le sujet.

Conclusions finales

1. Les participants à la Table ronde étaient d’avis que, dans l’ensemble, la commodité n’était pas dûment prise en considération lors de l’examen des politiques et des projets, que ce soit faute de procédures officielles applicables aux évaluations économiques ou en raison des limites inhérentes aux méthodes d’évaluation employées. Un tel constat est décevant lorsque l’on sait combien la commodité influe sur l’attractivité globale des transports publics. Les décisions en matière de planification et d’investissement s’en trouvent faussées. Certaines stratégies d’amélioration des transports en commun qui se révéleraient payantes sont écartées et sous-estimées, d’où un sous-investissement dans la qualité de ce mode de transport et, partant, une perte d’attractivité. On laisse ainsi échapper des occasions de favoriser l’intégration modale, puisque qui dit amélioration de la qualité des transports en commun dit souvent facilitation des déplacements pour les piétons et les cyclistes ou amélioration des interconnexions avec d’autres modes de transport. Il s’ensuit que les transports publics perdent de leur intérêt par rapport aux automobiles, qui dès lors apparaissent d’autant plus indispensables et n’en deviennent que plus nombreuses tandis que les taux de fréquentation et les recettes des services de transports en commun sont en recul.
2. Un futur programme de recherche sur l’évaluation de la commodité des transports publics devra porter sur deux aspects essentiels :
 - consolider et surtout enrichir la base de connaissance sur les multiplicateurs affectés à la commodité ;
 - contrôler l’application de ces multiplicateurs, la valider et procéder à des analyses a posteriori.
3. En plus d’approfondir les thèmes de recherche, il s’agira également d’exploiter de nouvelles sources de données et d’informations mettant en évidence les choix des individus, leurs préférences, leurs évaluations implicites et bien sûr ce qui a sur eux un effet dissuasif. Ainsi, une récente analyse des données de téléphonie mobile a fourni des indications utiles sur le comportement des usagers du métro parisien. Les participants à la Table ronde ont identifié les nouvelles sources d’informations suivantes comme étant prometteuses en ce qui concerne le comportement des usagers:
 - les données sur les entrées et sorties ;
 - les données de téléphonie mobile ;
 - les données de vidéosurveillance ;
 - les applications mobiles permettant de recueillir en direct les impressions des voyageurs et de réaliser des enquêtes de marché ultérieures.

Les conclusions de ces études devraient être une source précieuse de renseignements pour les responsables de la planification et les décideurs, les exploitants et les bailleurs de fonds, qui pourront ainsi accéder à un important corpus de données empiriques sur les facteurs – souvent négligés – qui déterminent la qualité d’un déplacement.

Chapitre 1

Synthèse des discussions

Mark Wardman¹

Ce rapport a pour but:

- *De souligner l'importance de la commodité d'usage des services de transports publics ;*
- *De fournir des données qui puissent être utilisées pour améliorer les services ;*
- *D'inciter les opérateurs de transports publics, les planificateurs et décideurs politiques à prendre les attributs de la commodité d'usage en compte dans leurs décisions ;*
- *D'encourager les recherches dans ce domaine pour en dériver des paramètres pertinents localement ;*
- *D'améliorer la compréhension de ces questions, là où des données existent, par des recherches complémentaires susceptibles de fournir des indications plus détaillées ou approfondies.*

1 Université de Leeds, Royaume-Uni

Glossaire des termes :

Evaluer la commodité d'usage dans les transports publics

CG :	coût généralisé, exprimant la désutilité quantifiée d'une option de voyage en unités monétaires
TG :	le temps généralisé est le coût généralisé converti en unités de temps
TDV :	temps passé dans le véhicule
Retard :	retard moyen sur l'horaire
THV :	temps passé hors du véhicule
PR :	préférence révélée
RF :	ratio de fiabilité (valeur relative de l'écart-type entre le temps de voyage et le temps de voyage moyen)
ET :	écart-type de temps de voyage (ou retard)
ASH :	l'avance sur l'horaire est la quantité moyenne d'avance par rapport à l'heure d'arrivée préférée
RSH :	le retard sur l'horaire est la quantité moyenne de retard par rapport à l'heure d'arrivée préférée
PD :	préférence déclarée
DAP :	disposition à payer

Introduction

Objectifs et besoins

Il est évident que le fait d'améliorer la commodité d'usage des transports publics augmente les chances de voir les usagers choisir ces derniers de préférence à d'autres modes de transport et peut accroître la demande globale de transport. Il est moins évident mais néanmoins fondamental de comprendre la valeur que les usagers attachent à la commodité d'usage par rapport à d'autres caractéristiques de service, et de construire des indicateurs opérants et mesurables de cette commodité. Le Forum international des transports a donc convoqué une table ronde en septembre 2013 pour faire un tour d'horizon international de la mesure de la commodité, l'objectif étant d'établir les meilleures pratiques et de tirer des conclusions communes. Il s'est également penché sur l'utilisation pratique des mesures de commodité pour les analyses coûts-avantages et pour la mesure de la performance.

Le présent rapport fait la synthèse des questions débattues à la Table ronde et vise à consolider les éléments factuels concernant l'évaluation de la commodité des transports publics au profit général de la communauté des transports réunissant les dirigeants, les opérateurs, les universitaires et les consultants, et en dernier ressort les usagers des transports publics.

La Table ronde a estimé que la pratique consistant à intégrer la commodité dans la planification, les prévisions, la politique et l'évaluation préalable en matière de transports à l'échelle mondiale était très variable et souvent inexistante. Le présent document se propose :

- d'attirer l'attention sur l'importance de la commodité d'usage ;
- de fournir des observations empiriques qui pourront être utilisées pour améliorer les services ;
- d'inciter les opérateurs, les planificateurs et les responsables à tenir compte des éléments constitutifs de la commodité d'usage au moment de prendre des décisions ;
- d'encourager la recherche dans le domaine pour en tirer des paramètres applicables au plan local ;
- d'améliorer la compréhension dans les contextes où les éléments de preuve existent déjà grâce à d'autres recherches qui donneront un meilleur aperçu ou des connaissances plus détaillées.

Dans l'évaluation préalable des projets d'investissement dans les transports où une analyse coûts-avantages est utilisée, la valeur TDV (temps passé dans le véhicule) domine depuis longtemps, notamment parce qu'il s'agit du premier élément de temps à avoir été évalué en termes monétaires, et elle reste le paramètre le plus important dans l'évaluation. Cela s'explique également par la prédominance, dans l'analyse préalable des transports, des systèmes fondés sur la voiture, pour lesquels les termes de la commodité sont superflus. En conséquence, les études sur la valeur des économies de temps de trajet passé dans le véhicule s'accumulent depuis de nombreuses années (Hensher, 1976 ; MVA *et al.*, 1987 ; Lawson, 1989 ; Waters, 1992 ; Wardman, 1998, 2001, 2004 ; Miller, 1996 ; de Jong *et al.*, 1998, 2004 ; Booz Allen et Hamilton, 2000 ; Bickel *et al.*, 2004 ; Shires et de Jong, 2009 ; Abrantes et Wardman, 2011 ; Douglas et Wallis, 2013 ; Wardman *et al.*, 2013).

Dans de nombreux pays qui mènent des évaluations préalables pour leurs stratégies de transport et leurs investissements dans ce domaine, les transports publics ont parfois été considérés par le passé comme un bien « privé » générateur de recettes et pour lequel une évaluation financière est suffisante, par opposition à la fourniture d'une capacité routière qui est essentiellement un bien « public » nécessitant une analyse coûts-avantages plus poussée.

Le monde a évolué et on reconnaît plus volontiers aujourd'hui la nécessité d'évaluer les systèmes de transports publics de la même façon que les dispositifs autoroutiers¹, ce qui fait entrer en jeu une gamme plus étendue de facteurs qui sont d'une importance capitale pour déterminer l'attractivité des transports publics. Autre point essentiel : il existe désormais un vaste faisceau d'éléments de preuve concernant l'évaluation des moteurs de la commodité d'usage. Il n'est pas évident cependant que ces éléments factuels soient utilisés au mieux pour identifier et justifier des améliorations dans la commodité d'usage des transports publics.

Un exposé général et une analyse de la disposition des voyageurs à payer des évaluations qui permettraient d'améliorer la commodité d'usage sont donc opportuns. C'est l'objectif que le présent document se propose d'atteindre. Nous ne cherchons pas à donner de recommandations, mais plutôt à synthétiser les éléments de preuve pour :

- offrir une ressource utile aux planificateurs et aux opérateurs de transports publics ;
- servir de point de référence pour l'appréciation des nouvelles observations qui seront recueillies ;
- inspirer à la fois une plus grande prise en compte des mesures de commodité d'usage dans l'évaluation préalable et des recherches plus approfondies pour fournir des paramètres locaux ou de meilleures connaissances.

Cadre

L'exposé de ce que l'on entend par commodité d'usage est donné dans la section « Qu'est-ce que la commodité ? » ci-dessous. On se contentera d'indiquer pour commencer que la Table ronde s'est donné comme domaine de compétence les éléments liés au temps – autres que le TDV – ayant une incidence sur la commodité d'usage des transports publics suivants :

- L'inconvénient de ne pas avoir des transports publics immédiatement accessibles et disponibles, que l'on peut appeler « temps passé hors du véhicule » (THV). Cela comprend :
 - *Le temps de marche avant, pendant et après un trajet en transports publics ;*
 - *Plus généralement, le temps d'accès aux moyens de transports publics qui n'est pas nécessairement passé à marcher ;*
 - *Le temps d'attente, au point de départ ou ultérieurement, lors des correspondances entre services ou modes de transport.*
- L'inconvénient de ne pas pouvoir voyager au moment souhaité. Cela comprend :
 - *Les différences et variations par rapport aux horaires de départ souhaités ;*
 - *La fréquence de service.*
- L'inconvénient de devoir prendre des correspondances, indépendamment du temps de marche et d'attente impliqué.
- Le désagrément lié au manque de fiabilité et aux retards à l'arrivée.

- L'inconvénient que constitue l'absence d'informations de qualité pour les usagers concernant des facteurs comme l'orientation, les heures réelles d'arrivée, les horaires, les options de paiement, etc.
- Le désagrément lié à l'affluence et à l'obligation de voyager debout et l'inconvénient de l'allongement des temps de trajet en raison de l'affluence.

D'autres éléments incommodants pourraient être ajoutés, mais il y a des limites pratiques au cadre du débat de la Table ronde et les facteurs de désagrément abordés sont considérés comme les aspects les plus importants.

Les évaluations peuvent être utilisées dans la prévision des conséquences des changements en matière de commodité sur la demande, mais ce n'est pas le thème central ici. Le présent document est résolument axé sur la disposition des voyageurs à payer pour une plus grande commodité d'usage des services de transports publics adaptés pour être utilisés dans des analyses coûts-avantages à des fins d'analyse préalable.

Les avantages potentiels de la transposabilité

Les évaluations de facteurs de commodité d'usage comme la marche et l'attente sont généralement exprimées en unités équivalentes de TDV plutôt qu'en valeurs monétaires. Par conséquent, si les économies de temps de marche sont considérées comme étant deux fois plus importantes que la même quantité d'économies de TDV, le multiplicateur du temps de marche est de deux.

L'un des intérêts de travailler avec des multiplicateurs de temps est qu'ils sont potentiellement beaucoup plus transposables entre des cultures et des situations différentes que ne le sont les valeurs monétaires, handicapées qu'elles sont par les aléas des marchés de devises, par les différences de niveaux de revenu et de vie, et par les écarts entre les niveaux de revenu du public voyageur et les niveaux de revenu moyens, qui peuvent être particulièrement marqués dans les économies peu développées. En outre, les multiplicateurs s'interprètent et s'évaluent beaucoup plus facilement et il existe désormais une quantité non négligeable d'éléments probants à leur sujet.

Des valeurs monétaires de TDV existent dans de nombreux pays non seulement grâce à des études spécifiques mais aussi, et surtout, parce qu'elles peuvent être estimées en référence aux taux des salaires, la valeur des éléments de TDV étant souvent exprimée en termes de taux des salaires. Il est alors relativement simple d'obtenir les évaluations monétaires des variables de commodité d'usage nécessaires pour les analyses coûts-avantages en appliquant les multiplicateurs à la valeur monétaire du TDV utilisée.

Outre les observations directes ou déduites sur les valeurs du TDV dans de nombreux pays, certains possèdent des données sur les multiplicateurs de commodité d'usage, le plus souvent pour le temps de marche et d'attente. Il n'en demeure pas moins utile d'évaluer les valeurs utilisées à la lumière d'autres données empiriques, disponibles aujourd'hui en quantité appréciable, et d'élargir le champ d'observation aux éléments de commodité pour lesquels il n'existe pas de valeurs locales.

Approche

Nous n'affirmons pas qu'il n'a été réalisé aucun examen des éléments constitutifs de la commodité d'usage, mais qu'il existe très peu de choses en la matière par comparaison avec les études menées sur les valeurs de TDV. Des analyses notables existent concernant les multiplicateurs associés au temps de marche et d'attente (McKnight, 1982, Waters, 1992 ; Wardman 2004 ; Australian Transport Council, 2006 ; Abrantes et Wardman, 2011, Wardman, 2013), à la variabilité du temps de trajet (Noland et Polak,

2002 ; Tseng, 2008 ; Li *et al.*, 2010 ; Carrion et Levinson, 2012 ; Wardman et Batley, 2014), à l'intervalle entre les services (Wardman, 2004, 2013 ; Australian Transport Council, 2006 ; Wallis *et al.*, 2013), et à l'affluence (Li et Hensher, 2011 ; Wardman et Whelan, 2011 ; Wallis *et al.*, 2013).

Nous savons que la littérature contenant des résultats spécifiques sur les multiplicateurs qui nous intéressent ici est aujourd'hui volumineuse et que son examen dépasse très largement le champ de la présente analyse. Mais il n'est pas indiqué pour autant de s'intéresser uniquement à une sélection arbitraire d'études qui ont produit des éléments factuels. Quant à compiler ce qui pourrait être considéré comme les travaux « clés » dans le domaine, l'exercice peut s'avérer subjectif.

L'approche que nous avons adoptée est de nous appuyer sur les éléments d'analyse qui existent, pour ensuite tirer parti de données spécifiques et facilement accessibles afin de fournir des renseignements supplémentaires sur des questions précises.

Structure

La prochaine section fournit un exposé général de ce qu'est la commodité d'usage sur le marché des transports publics. Elle présente explicitement ce que nous considérons comme les principales variables de commodité et explique pourquoi elles sont importantes. Elle contient également une synthèse et une analyse des recommandations officielles et autres orientations actuelles.

Dans la section « Mesurer et évaluer la commodité d'usage », nous nous intéressons à la mesure des variables de commodité d'usage des transports publics, à la façon de procéder pour les inclure dans une mesure de l'attractivité des transports publics, et à la manière d'évaluer ces inclusions en termes de disposition des voyageurs à payer pour des améliorations.

La section « Analyse des observations empiriques » dresse un tableau général des observations empiriques pour les multiplicateurs de temps de marche et d'attente, de temps de décalage et d'intervalle, de pénalités de correspondance, de fiabilité, d'affluence et de diffusion d'informations. Nous utilisons ici des éléments de synthèse existants, complétés par des études qui donnent des indications plus détaillées.

La section « Le programme stratégique de recherche » traite du programme stratégique de recherche à entreprendre, tandis que la section « Enseignements à tirer du point de vue de l'action des pouvoirs publics » réfléchit aux enseignements à tirer du point de vue de l'action des pouvoirs publics. Les observations finales sont formulées dans la section « Observations finales ».

Contexte

Qu'est-ce que la commodité ?

La commodité est associée à « l'absence d'efforts » dans l'utilisation de services de transport, lesquels sont « adaptés à leur finalité » par la manière dont ils sont exploités. C'est un concept plus étroit que la qualité de service, et les analystes du transport font depuis longtemps la distinction entre coût, temps, commodité et confort, cette dernière notion renvoyant plutôt à l'agrément du voyage (Hensher, 1975). Il n'existe pas toutefois de consensus général sur ce que la commodité représente dans le contexte des

transports publics, et le terme est utilisé même sans définition explicite. On sait par ailleurs que les études qui passent en revue de grandes quantités d'éléments d'évaluation à l'échelle internationale ne précisent pas souvent ce qu'est la commodité et utilisent même rarement le terme (VTPI, 2009 ; Wardman, 2013).

Ce manque de clarté sur ce qu'est vraiment la commodité n'est pas propre au domaine des transports. Dans la littérature plus générale sur le marketing, et relativement récemment, Berry *et al.* (2002) affirmaient :

« La commodité est reconnue comme étant de plus en plus importante pour les consommateurs, mais à notre connaissance, aucune recherche n'a encore défini le concept de commodité de service ou étudié la façon dont celle-ci est évaluée. Bien que la majorité des chercheurs et des directeurs considèrent que la commodité de service va au-delà de la proximité géographique ou des heures de fonctionnement, les types spécifiques de commodité de service n'ont pas été établis. »

Ils définissent ensuite cinq types de commodité : commodité de décision, commodité d'accès, commodité de transaction, commodité d'avantages et commodité post-avantages. Les quatre premiers types au moins correspondent étroitement aux facteurs étayant l'attractivité des transports publics.

Claffey (1964) fournit l'une des premières définitions de la commodité dans le contexte du voyage. Il affirme que la commodité « la meilleure est lorsque les usagers sont le moins obligés de régler leur agenda personnel et leurs habitudes de vie en fonction des transports publics qu'ils doivent utiliser, et lorsque les difficultés de se rendre à des points de transports en commun et d'utiliser des moyens de transports collectifs sont minimisées ».

Une autre étude ancienne (Stopher *et al.*, 1974) attirait l'attention sur ce qui est devenu un thème récurrent dans les diverses définitions de la commodité données par les analyses, à savoir qu'il « est très probable que chaque individu répondant à une enquête sur les transports donnera une définition personnelle du confort et de la commodité ». Cette étude suggère que l'attractivité des transports publics peut être décomposée en quatre éléments génériques : sûreté, coût, confort et commodité. Le confort y est défini comme « faisant référence à l'environnement dans lequel le trajet est effectué et la mesure dans laquelle un voyage peut être apprécié ou non », alors que la commodité désigne au contraire « l'efficacité et l'efficacé avec lesquelles une personne peut être transportée d'un point de départ à un point d'arrivée ». Les auteurs indiquent que cette dernière notion comprend l'accès et la sortie, le temps passé dans le véhicule, la marche, l'attente, la fiabilité et le nombre de changements.

Le document de référence préparé pour la présente table ronde par Anderson *et al.* (2013) donne une analyse très complète de la manière dont la commodité a été interprétée jusqu'ici. Les auteurs font remarquer que la commodité est un « concept ambigu » et que la voiture sert de référence en tant que « l'essence même de la commodité de déplacement ». Le déplacement commode est invariablement caractérisé par le fait qu'il s'effectue de porte-à-porte, avec des temps d'accès et de sortie très limités, par l'absence d'attente et par la capacité de voyager à l'heure de départ souhaitée et dans son propre espace ou un espace partagé avec des amis ou de la famille. Certes, les déplacements en voiture peuvent avoir leurs inconvénients, qui vont des embouteillages à la difficulté de trouver une place de parking, en passant par la nécessité de laver la voiture le week-end ! Mais une mise en relation de la commodité et des traits distinctifs du déplacement en voiture indique que ce dernier recouvre des caractéristiques liées au temps telles que le temps d'accès et de sortie, la fréquence de service, la nécessité de transiter lors d'un voyage comportant des correspondances et l'affluence. On pourrait ajouter à cela les coûts « invariants dans le temps » comme les heures de fonctionnement, l'obtention d'informations et l'acquisition de billets pour le voyage, et l'accessibilité pour les personnes ayant des besoins spécifiques.

Anderson *et al.* (2013) ont relevé pour nous des définitions pertinentes des termes. L'*Oxford English Dictionary* donne les définitions suivantes de « **commodité** » et de « **commode** » :

« **commodité** [nom]... état consistant à pouvoir *procéder sans difficulté* la qualité de ce qui est *utile, facile, ou approprié* pour quelqu'un ... une chose qui contribue à un mode de vie facile et *sans effort*... »

« **commode** [adjectif] ... qui correspond aux *besoins, aux activités* et aux *projets* d'une personne implique *peu de peine ou d'effort* *étant placé ou se présentant opportunément*... »

Ils affirment ainsi :

Dès lors, un service de transport public *approprié* devrait offrir la bonne capacité et un confort adapté aux fins. Un service fiable, ponctuel, sûr, donnant les informations nécessaires, une intégration et une billetterie appropriées permettront au voyageur de *procéder sans difficulté*. L'accès aux transports publics et la sortie de ces derniers sont facilités par des points d'embarquement *opportunément placés et accessibles* (« se présentant »), qui *correspondent* aux *activités* qui donnent lieu à la demande de transport.

Ils concluent que « procéder sans difficulté » ou « avec peu d'effort » coïncide au fond avec les attributs du coût généralisé. Ils citent Crocket et Hounsell (2005), qui soutiennent qu'« il est possible de considérer la commodité dans les voyages en chemins de fer comme une mise en œuvre de quatre thèmes : accès/sortie, environnement/équipement des gares, horaires/fréquence de service et correspondance entre les services de train ».

La Table ronde a jugé que la commodité était fonction des aspects temporels, autres que le temps passé dans le véhicule prévu ou la possibilité de voyager au moment souhaité. Les retards à l'arrivée et la nécessité de prendre des correspondances ont été considérés comme des sources de désagrément indiscutables. Le niveau d'affluence nuit surtout au confort, mais nous l'incluons ici car l'affluence comporte un élément de désagrément, par exemple lorsqu'elle nuit à la possibilité d'entreprendre des activités au cours d'un voyage². Au même titre que les variables précédentes, il peut être exprimé comme un multiplicateur de temps et sera vraisemblablement un élément significatif du coût généralisé.

Notre champ d'observation est donc établi sur la base d'une « approche renforcée du coût généralisé », comme exposé dans l'équation 1 de la section « Comment évaluons-nous la commodité » ci-dessous. La Table ronde a estimé qu'une manière pragmatique de procéder était d'accorder la priorité à ce que nous avons considéré comme des éléments essentiels, qui contribueront le plus à une meilleure représentation de l'attractivité des transports publics et, surtout, pourront être mesurés et évalués. Selon elle, ces éléments étaient les inconvénients concernant :

- le temps d'accès et de sortie, et en particulier le temps de marche à n'importe quelle étape du voyage ;
- le temps d'attente, y compris celui passé dans les correspondances entre les services ou les modes ;
- l'impossibilité de voyager au moment souhaité, ce qui englobe l'intervalle entre les services et le temps de décalage ;
- la nécessité de prendre des correspondances durant un voyage ;
- la variabilité du temps de trajet ;
- l'absence d'informations de qualité ;
- l'affluence.

Pourquoi s'intéresser à la commodité ?

La commodité d'usage est importante car elle compte, ou devrait compter, pour les usagers existants et potentiels des transports publics, les décideurs et les régulateurs, les organismes de financement, et les opérateurs. Elle importe pour les raisons suivantes :

- elle est un élément significatif de l'attractivité globale des transports publics et influe directement sur le bien-être des voyageurs ;
- de mauvaises performances constituent une barrière importante à l'utilisation, contrecarrant ainsi les efforts des autorités pour aiguiller un nombre croissant de personnes vers des modes de transport durables ;
- les attentes en matière de commodité d'usage ne cessent d'augmenter ;
- l'amélioration de la commodité est particulièrement importante pour attirer vers les transports publics les voyageurs discrétionnaires tels que ceux qui autrement utiliseraient la voiture, et pour concourir ainsi à la réalisation des objectifs de planification stratégique comme la réduction de la circulation, des problèmes de parking, des accidents de la route et des émissions de polluants ;
- il existe une relation entre l'amélioration de la commodité d'usage et la performance financière des transports publics ;
- dans la pratique, la planification des transports implique souvent des concessions mutuelles entre la commodité d'usage des transports publics et d'autres objectifs ;
- la commodité a une influence sur les objectifs généraux de mobilité.

Les coûts en unités de temps des trajets en transports publics (euros/dollars par heure, ou centimes/cents par minute) sont extrêmement variables. Quand les conditions de voyage sont favorables (bonnes conditions de marche et d'attente, véhicules propres et confortables, informations commodes pour les usagers, etc.), le coût de temps de trajet généralisé du déplacement en transports publics peut être inférieur à celui du déplacement en voiture, car les passagers sont soumis à un stress minimal et peuvent utiliser leur productivité de temps de trajet (repos, travail, relations sociales, etc.) ; c'est pourquoi les voyageurs choisissent parfois un trajet qui dure plus longtemps en transports publics qu'en voiture, afin de pouvoir utiliser leur temps de façon utile. Cependant, si les conditions de transport en commun sont défavorables (inconfortables, déplaisantes, peu sûres, difficiles à utiliser, etc.), les temps de trajet unitaires ont tendance à être plus élevés que pour la voiture, ce qui inévitablement réduit l'utilisation des transports publics.

Sommers (1969) a très tôt essayé d'examiner les attitudes des usagers face à diverses dimensions des transports publics. La commodité d'usage y figurait en très bonne place. Le classement par ordre d'importance était le temps, la commodité, le confort, la sûreté, la fiabilité par rapport aux conditions météorologiques, le coût, le bruit et la fiabilité mécanique. Dans une autre étude précoce (Paine et al., 1969) et plus complète, le classement par ordre d'importance comportait 33 termes dans les domaines du temps, du coût, de la commodité, du confort, de la sûreté et de l'attitude. Là encore, les questions de commodité figuraient dans le haut du classement, la fiabilité et le temps de trajet constituant les deux facteurs les plus importants.

Les usagers des transports publics accordent immanquablement la priorité aux améliorations relevant de la commodité. Une étude de marché récente portant sur les usagers des bus au Royaume-Uni (Passenger Focus, 2010a) a exploré 30 améliorations possibles aux services d'autobus. Les facteurs de commodité occupent une place prédominante, notamment la fiabilité (1^{ère}), la fréquence (2^e), la disponibilité des places (3^e) et le nombre de destinations desservies par le réseau d'autobus (5^e). On remarque ainsi qu'une diminution du temps de trajet de cinq minutes, en dehors de notre définition de la commodité, occupe le 23^e rang au classement des améliorations les plus importantes ! Pour les passagers du rail (Passenger Focus, 2010b), la première priorité en matière d'amélioration parmi les 31 facteurs pris en compte était le

prix, devant la fiabilité (2e), le nombre suffisant de trains au moment de voyager (3e), la disponibilité des places (4e), les informations sur les retards (5e), les informations sur les quais et les horaires des trains (6e) et le temps passé dans les files d'attente (7e). La réduction du temps de trajet de cinq minutes arrivait en 11e position.

Trompet *et al.* (2013) donnent une dimension internationale au problème en s'intéressant à dix villes, pour lesquelles ils utilisent un ensemble type de questions concernant les trois caractéristiques les plus importantes, sur huit présentées, pour la qualité des services d'autobus. Pour chaque aspect de la qualité de service, voici la fourchette de pourcentages de personnes interrogées, sur l'ensemble des villes (en 2012), qui l'ont cité parmi les trois critères les plus importants :

- Disponibilité (fréquence et fiabilité du service, heures de fonctionnement) : 86-98
- Accessibilité (facilité de montée et de descente) : 8-17
- Information (disponibilité et qualité des plans, des horaires et des informations sur les retards) : 32-50
- Temps (temps de trajet et ponctualité du service) : 66-78
- Assistance aux usagers (serviabilité du personnel, réponse aux suggestions et aux réclamations) : 6-20
- Confort (température, aération, conditions de voyage confortables, propreté, affluence) : 25-42
- Sécurité (sentiment de sûreté et de sécurité) : 19-34
- Environnement (effets sur la pollution, bruit, affluence) : 5-17

Ces chiffres démontrent l'importance des facteurs se rapportant à la commodité d'usage. Par exemple, la disponibilité est le point le plus important, plus encore que le temps de trajet. Ces deux éléments, plus l'information, comptent plus que le confort et la sécurité, et beaucoup plus que l'assistance aux usagers, les considérations environnementales ou la facilité de montée et de descente.

Telle que nous l'avons définie ici, la commodité est un aspect important de l'attractivité des transports publics. Prenons un exemple. Un déplacement quotidien typique comporte 30 minutes de temps passé dans le véhicule, 5 minutes d'accès et 10 minutes de sortie, plus 5 minutes d'attente. Si l'on prend des valeurs pouvant être considérées comme classiques avec pondération double du temps passé hors du véhicule, cela donne 70 minutes de temps de trajet généralisé, dont 57 % pour l'élément « commodité » à lui seul. Si l'on ajoute à cela un retard moyen d'une minute, avec un multiplicateur de 3, et des conditions d'affluence qui augmentent généralement de 25 % la valeur du temps passé dans le véhicule, la part de la commodité dans le temps de trajet généralisé est alors de 63 %. D'autres scénarios produiront des proportions différentes, mais on voit bien qu'il n'est pas infondé de dire que la commodité d'usage est une portion significative de l'élément « temps » des trajets. Cela sera également le cas pour le coût généralisé du voyage. Une fois inclus les éléments monétaires, la commodité devrait logiquement représenter entre 25 et 50 % du coût généralisé total. L'affluence constitue à elle seule entre 8 % et 12 % du coût généralisé pour les migrants journaliers à Tokyo (Kato, 2014).

Les variables de commodité représentent un aspect significatif des voyages en transports publics et leurs valeurs relativement élevées sont le signe d'une contribution disproportionnée à l'attractivité de ces derniers. Leur importance ouvre également des voies pour rendre les transports publics plus compétitifs.

D'abord, comme l'affirment Krygsman *et al.* (2004) : « L'accès et la sortie sont les maillons faibles dans une chaîne de transports publics et déterminent la disponibilité et la commodité des transports en commun.

Les mesures destinées à améliorer l'accès et la sortie ont le potentiel de réduire significativement le temps de trajet en transports publics et constituent des options bon marché par rapport aux solutions de rechange onéreuses fréquemment envisagées pour améliorer les infrastructures et les véhicules ». Non seulement il devrait pouvoir être plus rentable, dans certaines circonstances, d'obtenir des réductions globales de temps de voyage en jouant sur les termes THV mais en plus, l'évaluation améliorée des économies de THV devrait donner de meilleurs dividendes.

Ensuite, Litman (2014) fournit des exemples intéressants montrant comment les coûts de temps de trajet en transports publics peuvent dépasser ceux d'un trajet équivalent en voiture mais, avec des améliorations progressives de la commodité en raison des conditions dans lesquelles s'effectue le voyage, peuvent renforcer significativement l'attractivité des transports publics et les rendre concurrentiels par rapport à la voiture sans réduction du temps de trajet en lui-même.

Dernier point, si la commodité est importante pour les usagers des transports publics, on peut imaginer l'importance qu'elle revêt pour les gens qui n'utilisent pas les transports en commun précisément parce qu'ils la considèrent comme problématique.

Nous pouvons par conséquent conclure que la commodité d'usage est une « question importante ». Si la commodité est importante pour les usagers et les usagers potentiels, on peut aussi penser qu'elle aura une incidence sur le résultat financier des opérateurs et intéressera en ce sens un large éventail d'intervenants. En fait, plusieurs observations portent à croire que les améliorations de la qualité de service entraînent des réponses comportementales plus fortes sur la demande que les changements de tarifs (voir les documents de référence par Anderson *et al.* (2013) et Lee (2013)). La gestion de la qualité de service peut avoir un impact sur la viabilité financière des transports publics, en particulier si elle s'accompagne d'une gestion des tarifs.

Il est possible que les opérateurs estiment que la commodité échappe souvent à leur contrôle, introduisant ainsi un degré d'incertitude non souhaitable. Les opérateurs de trains sont aux prises avec un réseau fixe et éprouvent donc des difficultés à agir sur les temps d'accès et de sortie et autres coûts qui ont une incidence indéniable sur leur attractivité. Les opérateurs d'autobus peuvent être plus flexibles dans leurs réseaux, mais ils sont exposés aux aléas des embouteillages, qui rendent les bus notoirement peu fiables, surtout aux horaires où les gens voyagent le plus.

La commodité est également une question importante pour les régulateurs qui cherchent à stimuler les performances des opérateurs. Les contrats entre autorités et opérateurs qui sont basés sur des indicateurs de commodité peuvent conduire à une amélioration de cette dernière. Au Royaume-Uni par exemple, le système de paiement du Schedule 8 prévoit que les opérateurs de trains et les fournisseurs d'infrastructures reçoivent des amendes et des indemnités en fonction de l'importance du retard qu'ils provoquent ou subissent. À Transantiago, les opérateurs d'autobus reçoivent des amendes non négligeables si la fréquence d'une ligne est inférieure à celle demandée, et si la variabilité d'intervalle entre les services dépasse un certain seuil. Le STIF (régulateur des transports publics pour la région Île-de-France) a signé récemment un contrat de quatre ans avec la RATP et la SNCF (opérateurs de transports publics pour le réseau ferroviaire de Paris et sa banlieue et celui de la région respectivement). Le contrat entre le STIF et la RATP, signé pour la période 2012-15, représente à lui seul une enveloppe financière totale pour la fourniture du service et les investissements prévus d'environ 15 milliards d'euros, dont 28 millions correspondent à un système de bonus et de pénalités en fonction de la qualité du service fourni aux usagers (dans le précédent contrat, pour 2008-11, cette somme était de 21 millions). Dans ce système de bonus et de pénalités, la ponctualité pèse 50 %, l'information des usagers 14 % et la satisfaction des voyageurs par rapport à la qualité du service 10 %. Ce dernier critère est évalué par le biais d'une enquête annuelle auprès de 120 000 usagers portant sur les trois principaux thèmes que sont

l'environnement, l'accessibilité et l'information. Les usagers du RER (Réseau Express Régional) seront remboursés (50 % du titre de transport Navigo) si la qualité de service devient « inacceptable ».

Une mesure incitative à effets pervers utilisée par certains régimes fondés sur les performances consiste à « gonfler » les horaires avec des temps de rattrapage complémentaires. Kroon *et al.* (2009) font observer au sujet des chemins de fer néerlandais : « Pour renforcer la robustesse de l'horaire, nous avons ajouté aux temps de circulation, aux temps d'arrêt et aux temps d'intervalle des suppléments de temps fondés sur l'expérience et des avis d'experts. Les suppléments de temps pour les temps de circulation et d'arrêt absorbent les petites perturbations dans les opérations en temps réel, ce qui permet aux trains de rattraper des retards. Les suppléments pour les temps d'intervalle, appelés également « temps tampons », réduisent la propagation des retards d'un train à l'autre ». Un équilibre doit être trouvé entre vitesse et fiabilité.

On considère souvent que les consommateurs ont des exigences de qualité sans cesse croissantes sur tous les marchés. Par conséquent, quelle que soit l'importance actuelle de la commodité des transports publics, et nous avons de bonnes raisons de penser qu'elle est significative, la question va prendre de l'ampleur à l'avenir, en particulier au regard de l'attractivité grandissante du voyage en voiture. L'amélioration de la commodité des transports publics peut être vertueuse : elle accroît la demande, les revenus, le soutien de l'opinion publique et l'acceptabilité auprès de cette dernière, et aide à garantir la fiabilité à long terme des transports collectifs.

Dernier point, l'ajout de la commodité à l'analyse coûts-avantages peut conduire à une augmentation appréciable des avantages. Par exemple, dans leur document de référence intégrant la valeur de l'affluence dans l'évaluation socio-économique de l'extension de la ligne E du RER, Kroes *et al.* (2013) indiquent une augmentation de 6 % du bienfait total. L'ordre de grandeur est le même dans les études réalisées au Japon, comme on a pu l'observer à la Table ronde grâce à la présentation de Kato.

Valeurs de multiplicateur officielles

Dans certains pays, des valeurs officielles sont spécifiées afin d'être utilisées dans les analyses préalables aux stratégies de transport et d'investissement, en particulier lorsque des fonds publics sont en jeu. Depuis des années, l'attention se focalise principalement sur l'évaluation des économies de temps de trajet passé dans le véhicule. Nous nous intéressons toutefois ici aux multiplicateurs recommandés pour les facteurs de commodité exposés dans la section « Qu'est-ce que la commodité ? »

Dans le cadre du projet HEATCO financé par l'Union européenne et qui porte sur le coût des transports et l'évaluation préalable des projets, Bickel *et al.* (2004) ont dressé un bilan utile des multiplicateurs de commodité en Europe au début du XXI^e siècle. Ils affirment :

« Quatre pays utilisent des valeurs ou des coefficients de pondération indicatifs pour le traitement des temps de marche, d'attente et de correspondance (Danemark, Suède, Suisse et Royaume-Uni). D'autres pays, comme la France et les Pays-Bas, font référence au fait que les temps de marche, d'attente et de correspondance peuvent avoir des valeurs différentes du temps passé dans le véhicule, mais ne proposent pas de coefficients de pondération. Le Danemark et la Suède accordent au temps de marche le même poids qu'au temps passé dans le véhicule, mais attribuent au temps d'attente et au temps de correspondance le double de la valeur du temps passé dans le véhicule. Pour les voyages en avion, la Suède évalue le temps de correspondance à 1.7 fois la valeur du temps passé dans le véhicule. La Suisse accorde elle aussi au temps de correspondance le double de la valeur du temps passé dans le véhicule, mais ne donne pas d'indication particulière concernant le traitement des composantes du temps de marche et du temps d'attente. Le Royaume-Uni donne au temps de marche 2 fois et au temps d'attente 2.5 fois la valeur du temps passé dans le véhicule³ ».

Sur la question de l'affluence et de la fiabilité, ils ajoutent :

« La Suède, le Danemark et le Royaume-Uni prennent en compte les évaluations du temps de trajet qui va au-delà du temps prévu (c'est-à-dire les retards) seulement pour les voyages en transports publics. Le Danemark et le Royaume-Uni donnent aux retards la même valeur que le temps passé à attendre un transport public (soit 2 fois le temps passé dans le véhicule pour le Danemark et 2.5 fois le temps passé dans le véhicule pour le Royaume-Uni). La Suède utilise quant à elle une fourchette de valeurs (de 1.6 à 3.7 fois le temps passé dans le véhicule) en fonction de l'objectif du voyage (travail/autre) et du mode de déplacement. Les critères français donnent aux voyages en transports publics dans des conditions d'entassement 1.5 fois la valeur du temps passé dans le véhicule normal. Les principes directeurs du Royaume-Uni font la différence, pour les voyages dans des conditions d'entassement, entre les passagers assis et ceux qui restent debout. Pour les voyages ne relevant pas du travail, les valeurs vont de 1.1 penny par minute à 30.8 pence par minute, ce qui représente une fourchette d'environ 1.1 fois à 4.5 fois le temps passé dans le véhicule ».

La situation il y a une dizaine d'années était donc que même dans les économies développées d'Europe, la prise en compte des variables se rapportant à la commodité était limitée dans les recommandations officielles.

Le récent rapport d'évaluation comparative de Mackie et Worsley (2013) porte sur un plus petit nombre d'États européens, mais élargit l'analyse à certains pays non européens. Nous avons puisé dans ce document pour collationner les valeurs officielles du tableau 1.1. Nous avons également demandé aux participants de la Table ronde s'ils avaient connaissance de valeurs de multiplicateur officielles pour les transports publics. Nous avons également consulté des universitaires et des organisations au Canada, en Italie, en Corée, en Espagne, en Suisse, au Portugal et au Taipei chinois.

En l'état de nos connaissances, la situation actuelle concernant les valeurs de multiplicateur officielles est que peu de pays dans le monde en possèdent. En réalité, aucun pays ne dispose de recommandations pour l'intégralité des variables de commodité qui nous intéressent ici. Pour ceux qui ont des valeurs officielles, les multiplicateurs pour la marche et l'attente sont les plus courants, suivis de la fiabilité et de l'affluence. Nous n'avons pas connaissance de valeurs officielles pour le temps de déplacement.

Nous ne commenterons pas tout de suite les recommandations officielles. Cette question sera discutée plus largement dans l'analyse des observations empiriques de la section « Analyse des observations empiriques ». Nous notons toutefois que les valeurs des évaluations préalables officielles ne révèlent pas l'ensemble du tableau, et ce pour les raisons principales suivantes :

- certains pays diffèrent assez sensiblement dans leur approche de l'évaluation préalable et des prévisions ;
- dans plusieurs pays, des organisations et des opérateurs infranationaux donnent des orientations ;
- les stratégies et les projets spécifiques, invariablement pour les plus grands et occasionnellement pour les autres, ont élaboré des modèles sur mesure pour appuyer leurs prévisions et leurs évaluations ;
- en partie pour les raisons données dans les points ci-dessus, mais également grâce à la recherche théorique, il existe désormais une profusion d'éléments factuels sur le sujet.

Évaluation préalable et prévisions

Plusieurs pays diffèrent assez sensiblement dans leurs approches de l'évaluation préalable et des prévisions, comme nous le faisons remarquer dans les notes du tableau 1.1. Au Chili, on ne fait aucune distinction entre les différents éléments du temps de trajet dans l'évaluation préalable, mais la modélisation de la demande utilise des multiplicateurs de temps de marche et de temps d'attente de 3.6 et 1.9 respectivement, ainsi qu'une pénalité de correspondance de 7.5 minutes. La fiabilité et l'affluence ne sont pas explicitement incluses, mais sont supposées être discernées par les constantes propres à chaque mode de transport.

Aux Pays-Bas, l'évaluation préalable utilise également le temps porte-à-porte, où la valeur du temps ne fait pas la distinction entre les types de temps, mais la fiabilité est prise en compte. Le modèle national (LMS), de son côté, distingue bien entre les différentes composantes de temps.

Tableau 1.1. Multiplicateurs officiels pour les termes de commodité des transports publics

	Marche	Attente	Intervalle	Fiabilité	Affluence	Correspondances
Australie	1.4 1.2 < 5 min 1.8 > 20 min	1.4 2.0 Affluence 1.2 Correspondance		3.0 Retard 6.0 Retard à l'arrêt 1.5 Retard dans le véhicule	1.0 CR < 70 % 1.1 Assis 1.4 Debout CR = 100 % 1.3 assis 2.0 debout serré	5 À l'intérieur du mode 7 Entre modes 10 Équipement différent
Chili^A	1.0	1.0			1.0	
Danemark	1.5 Correspondance	2.0 1.5 Correspondance	0.80	2.0 Retard		6
France	2.0	1.5		^B	Assis 1 + 0.08 PM ² Debout 1.25 + 0.09 PM ²	
Allemagne^A	1.0	1.0			1.0	
Japon	1.25 Correspondance sur le plat 1.65 Correspondance en montant les escaliers 1.53 Correspondance en descendant les escaliers 0.89 Correspondance en empruntant un escalator	1.0		1.0 Retard	1 + 0.027 CR ^c (CR < 100 %) 0.9442 + 0.0828 CR (100 % < CR < 150 %) 0.8 + 0.179 CR (150 % < CR < 200 %) -0.22 + 0.690 CR (200 % < CR < 250 %) -1.37 + 1.15 CR (250 % < CR)	2.0 (Méthode avec multiplicateur) ou 10 min par correspondance
Norvège	1.0 Accès < 50 km 1.36 Accès > 50 km	En fonction de l'intervalle	Comme la Suède	RF ^D 0.67 TP < 50 km RF 0.42 Bus > 50 km RF 0.54 Train > 50 km	^E	2-10 < 50 km 10 > 50 km
Suède	1.36 Accès 2.5 Correspondance	2.5 Correspondance	< 100 km 1.13 < 10 m d'intervalle 0.92 11-30 d'intervalle 0.45 31-60 d'intervalle 0.28 > 61-120 d'intervalle 0.13 > 120 d'intervalle > 100 km 0.51 < 60 m d'intervalle 0.26 61-480 m d'intervalle 0.21 > 480 m d'intervalle	3.5 Retard	1.0-3.0 en fonction de l'affluence	
Pays-Bas^A	1.0	1.0		RF 0.4 Trajet quotidien RF 1.1 Affaires RF 0.6 Autre		

Tableau 1.1 Multiplicateurs officiels pour les termes de commodité des transports publics (suite)

	Marche	Attente	Intervalle	Fiabilité	Affluence	Correspondances
Nouvelle-Zélande	1.4 Accès 2.0 Correspondance	2.0 Correspondance		3.9 Retard 5.0 Retard à l'arrêt 2.8 Retard en route	1.4	
Royaume-Uni	2.0 pour les non-actifs 1.0 pour les actifs	2.5 pour les non-actifs 1.0 pour les actifs	Plein : billets à tarif réduit ^f 1.0:1.0 ≤ 15 m d'intervalle 0.95:0.85 20 m d'intervalle 0.87:0.70 30 m d'intervalle 0.65:0.45 60 m d'intervalle	Retard 2.5 RF ^g 1.4	1.0 CR < 70 % 1.0-1.05 Assis 70 % < CR < 100 % 1.06-2.12 Assis 1-3 PM ² 1.45-2.80 Debout 1-3 PM ²	^h
États-Unis	2.0 pour les déplacements locaux et pour les non-actifs	2.0 pour les déplacements locaux et pour les non-actifs				

^A Au Chili, aux Pays-Bas et en Allemagne, les évaluations préalables prennent en compte le temps porte-à-porte et n'utilisent donc pas de multiplicateurs pour les autres éléments de temps.

^B Des fonctions compliquées pour le temps de retard sont impliquées en fonction de la part de base du trajet concerné par le retard et la quantité de temps de retard.

^C Au Japon, le coefficient de remplissage (CR) correspond au nombre de passagers par rapport au nombre de places assises et à l'espace pour les personnes voyageant debout.

^D RF désigne le ratio de fiabilité, le ratio de la valeur de l'écart-type de temps par rapport à la valeur du temps.

^E Des valeurs existent pour le voyage debout mais elles sont en unités monétaires et les multiplicateurs impliqués ne sont pas bien définis.

^F Valeurs officielles de l'industrie ferroviaire.

^G Ici, RF est défini comme l'écart-type entre le retard et le retard moyen.

^H Des pénalités officielles de l'industrie du rail existent, mais elles ne sont pas des pénalités de correspondance pures et comprennent de plus les conséquences de ne pas utiliser de majoration pour la quantité de temps passé en correspondance.

En Allemagne, les investissements ferroviaires au niveau national incluent le temps de correspondance dans les temps de trajet et dans l'évaluation préalable, les diverses composantes de temps se voient attribuer les mêmes poids relatifs, différents de ceux utilisés dans les prévisions, qui eux ne sont généralement pas publiés. Pour les investissements de transports publics au niveau local et régional, les temps de marche, d'attente et de correspondance sont calculés et comptabilisés avec une pondération de un.

Jusqu'à une période récente, les valeurs de multiplicateur officielles britanniques portaient uniquement sur le temps de marche et d'attente, alors que l'industrie ferroviaire, dans ses procédures de prévision types, utilise depuis plus de 25 ans des multiplicateurs pour l'intervalle entre les services, la correspondance, l'affluence et la fiabilité (ATOC, 2013).

Recommandations infranationales

Le tableau 1.1 comporte des valeurs qui proviennent des administrations ferroviaires. En outre, des organisations et des opérateurs régionaux importants donnent des orientations sur les multiplicateurs destinées à être utilisées dans les évaluations préalables de stratégie, de planification et d'investissement dans les transports.

Transport for London a son *Business Case Development Manual* (Transport for London 2013), qui contient un certain nombre de recommandations types du Department for Transport et, nous allons le voir ci-dessous, une quantité importante de renseignements ajoutés pour tenir compte de l'affluence dans les gares et les trains, des conditions précises de marche et d'attente, et d'une multitude d'autres informations utiles.

En Île-de-France, le STIF utilise des multiplicateurs de 2 pour le temps d'attente, le temps de marche pour accéder aux transports publics et sortir de ces derniers, et le temps de correspondance. Concernant la fiabilité, le STIF considère qu'une amélioration de la fiabilité de 5 % équivaut à 4.6 minutes d'économie de temps de trajet. Le modèle actuel ANTONIN utilise un multiplicateur de 2.5 pour le temps de marche lors des correspondances et de 2 pour le temps d'attente et le temps de marche pour l'accès et la sortie (Kroes *et al.*, 2006).

À Hong-Kong, le MTR (Mass Transit Railway) utilise des multiplicateurs pour la marche et l'attente de 2 dans ses prévisions de ferroviaire, mais il n'existe pas de multiplicateurs particuliers pour les autres éléments de commodité abordés ici. Dans l'Ontario, Metrolinx fait usage de multiplicateurs allant de 1.5 à 2.5 pour la marche et l'attente, avec des pénalités de correspondance allant de 2.5 à 10 minutes.

À New York, la MTA (Metropolitan Transportation Authority) et le NYCT (New York City Transit) disposent d'une série de modèles. Le modèle d'affectation donne un poids, toutes fins confondues, de 1.5 au temps de marche, de 1.25 au temps d'attente, et utilise une pénalité de correspondance de 1 minute. Il est toutefois admis que la pondération du temps à 1.15 pour 100 % de capacité ne rend pas complètement compte du désagrément lié à l'affluence. Dans le Regional Transport (Mode Choice) Forecasting Model de la MTA, des multiplicateurs de 1.5 sont utilisés pour la marche, l'attente et les correspondances, avec une pénalité de correspondance d'environ 5 minutes. L'accès par la route aux chemins de fer a un multiplicateur de 2, qui passe à 2.5 pour l'accès aux transports publics. Son « Best Practices Model » concernant le trajet jusqu'au lieu de travail évalue le temps d'attente et le temps de correspondance pour le train à 2.6 pour des temps d'attente de 7 minutes ou moins et à 1.42 pour plus de 7 minutes ; le raisonnement est que plus les intervalles entre les services sont longs, plus les usagers sont susceptibles de consulter les horaires. Le temps de marche a un multiplicateur de 3.36.

Le métro de Barcelone attribue des multiplicateurs de 1.5 au temps de marche pour l'accès et la sortie, de 1.5 à 2 au temps d'attente, de 1 à l'intervalle, et de 2 à 4 au temps de correspondance.

Éléments factuels des systèmes sur mesure et autres résultats de recherche

Il existe maintenant une quantité considérable d'éléments factuels, comme notre examen ci-dessous le démontre, en matière de valeurs de multiplicateur pour les variables de commodité, provenant en grande partie de modèles élaborés pour faire face à des inconnues, des problèmes et des projets spécifiques, plutôt que pour apporter des éléments d'information aux politiques publiques nationales.

Résumé

Les participants de la Table ronde ont été d'avis que l'utilisation de la mesure du coût généralisé, telle que proposée ici, par les opérateurs et les autorités, n'est pas très bonne en pratique, même si elle est meilleure dans certains métros européens qu'ailleurs.

Leur sentiment est que des avantages considérables pourraient découler de l'utilisation des éléments d'appréciation existants ou des observations qui pourront être recueillies au niveau local.

Mesurer et évaluer la commodité d'usage

Les améliorations de la commodité d'usage peuvent se produire de deux façons. La première est essentiellement axée sur le client et consiste à répondre à la demande des voyageurs. La seconde est centrée sur le produit et repose sur l'investissement et le remplacement, la nouvelle technologie et des facteurs externes comme la concurrence et les directives des pouvoirs publics. Dans les deux cas, il est fondamental d'être capable de mesurer les changements qui toucheront les voyageurs et de pouvoir leur attribuer une valeur. Dans leur document de référence, Anderson *et al.* (2013) font une observation intéressante à ce sujet :

« Pour rendre les services de transports publics plus commodes et donc plus attractifs pour les passagers, les autorités et les opérateurs de transports publics doivent avoir à cœur de garantir une qualité de service élevée dans le système de transports publics. Cela nécessite peut-être une amélioration de la qualité de service, ce qui ne peut s'obtenir qu'à partir d'une compréhension aiguë des habitudes de voyage ainsi que des attentes et des besoins des usagers. Il devient alors essentiel de mesurer le niveau de service afin d'identifier les forces et les faiblesses potentielles du système de transports publics. Cela peut donner des indications aux responsables des transports publics qui évaluent les possibilités d'amélioration du service afin de renforcer la satisfaction des usagers et d'accroître la part de marché ».

Intéressons-nous d'abord aux problèmes de mesure. Nous analyserons ensuite la manière d'obtenir les évaluations.

Mesurer la commodité d'usage

Trois approches peuvent être adoptées ici :

- mesurer les perceptions et les attitudes ;
- mesurer les indicateurs clés de performance stratégiques ;
- mesurer tous les éléments d'une expression du « coût généralisé élargi ».

Mesurer les perceptions et les attitudes

La mesure de la façon dont les usagers tout comme les non-usagers perçoivent la commodité d'usage des transports publics, et des critères qu'ils utilisent, serait riche d'enseignements pour les principales parties intéressées. En fait, on voit difficilement comment une approche de la planification et des décisions d'investissement axée sur le client pourrait faire l'économie d'un processus de mesure. Comme le constatent Anderson *et al.* (2013) :

« Cependant, l'élaboration de mesures de qualité de service précises et valables est une tâche complexe, en ce sens qu'elle porte sur les perceptions et les attitudes. Dès lors, il est important d'arriver à une meilleure compréhension de la façon dont les consommateurs perçoivent la qualité du service fourni par les transports publics ».

Si la mesure des perceptions et des attitudes est aujourd'hui assez largement utilisée pour fournir des informations de gestion importantes en elles-mêmes, elle sert également depuis longtemps à améliorer la modélisation de la demande de transport.

Dans une étude ancienne (Paine *et al.*, 1969), « une tentative a été réalisée de donner une gamme plus complète de variables significatives exerçant une influence sur les choix de moyen de transport ». Cette étude reconnaissait qu'à l'époque, il n'était pas atypique pour les modèles de choix de mode de transport de contenir uniquement les deux termes du temps et du coût. Des échelles de satisfaction et d'importance étaient utilisées pour évaluer toute une série d'attributs relatifs au choix du mode.

Spear (1976) a entrepris une autre tentative précoce d'élargir les modèles de choix de mode reposant simplement sur le temps et le coût en utilisant des échelles de notation psychométriques basées sur des enquêtes, afin de prendre en compte les effets d'une gamme plus étendue de mesures, dont la commodité d'usage. Il a défini des scores d'importance et des cotes de satisfaction pour 14 attributs presque tous liés à la commodité d'usage, comme le temps de trajet ainsi que le fait d'arriver à l'heure prévue, d'éviter de longues attentes, de ne pas avoir à partir trop tôt au travail, de ne pas être obligé de marcher trop longtemps et de pouvoir choisir son heure de départ. Un indice de commodité a été conçu et utilisé pour améliorer le modèle de choix de mode de transport. Son degré d'adéquation était significativement meilleur qu'un modèle fondé exclusivement sur le temps et le coût.

Les premiers modèles fondés sur des données PR (préférence révélée) étaient généralement pauvres en termes de variables de commodité, principalement en raison de données, de capacités informatiques et de tailles d'échantillon limitées, même si l'inclusion de termes de commodité n'était certainement pas inexistante, comme l'indiquent les documents de synthèse évoqués ci-dessous.

C'est toutefois l'apparition et l'acceptation généralisée des données PD (préférence déclarée) qui ont permis aux termes de commodité d'être incorporés de façon régulière et fructueuse dans les modèles comportementaux en tant que termes objectivement mesurés. Cela aussi ressort clairement de l'analyse de synthèse qui suit.

Les progrès dans la modélisation des choix, qui ont été bénéfiques pour les approches PR et PD, ont fait qu'il n'était plus nécessaire d'avoir recours aux mesures psychométriques, et la possibilité d'utiliser des termes objectivement mesurables dans l'analyse et la prévision pour les variables de commodité intéressantes possède ici des avantages évidents.

Les approches psychométriques ont toujours un intérêt considérable dans l'évaluation des variables de confort plutôt que dans l'estimation de celles se rapportant à la commodité. Cela s'explique par le fait que les variables de confort, qui englobent des aspects tels que la qualité du voyage, les niveaux sonores, le confort des sièges, le matériel roulant, la sûreté et la sécurité, la propreté et le décor, n'ont souvent pas d'unités naturelles, ou alors des unités naturelles qui ne peuvent pas être utilisées à bon escient. Si l'on veut généraliser à partir d'approches catégorielles fondées sur l'évaluation d'attributs spécifiques qui en eux-mêmes ne sont pas transposables, comme les sièges en cuir ou un type particulier de train, alors il faut utiliser des échelles psychométriques. Cela devient même plus impératif encore si l'on veut comprendre les facteurs psychosociaux qui régissent le comportement des personnes en matière de voyage (Ellaway *et al.* 2003). Mais ce n'est pas le cas ici. Nous pouvons mesurer objectivement et évaluer quasiment tous les termes de commodité. À partir de là, il est possible d'élargir le terme du coût généralisé au-delà de la représentation simpliste du temps et du coût.

Certains facteurs de commodité, comme l'obtention d'informations et la facilité d'achat des billets, ne sont certes pas si faciles à mesurer de façon objective. C'est pourquoi des méthodes de notation s'appuyant sur des enquêtes sont nécessaires.

Mesurer les indicateurs clés de performance stratégiques

Le document de référence d'Anderson *et al.* (2013) fournit des renseignements considérables sur la façon dont les opérateurs de transports publics mesurent leur performance, à l'aide notamment de différents termes liés à la commodité. Ces derniers prennent généralement la forme d'indicateurs clés de performance, qui sont particulièrement intéressants pour le suivi de la performance d'un opérateur et peuvent être importants pour des raisons contractuelles, stratégiques et de réglementation.

Sans les bons indicateurs, les opérateurs, les planificateurs et les autorités des transports ne peuvent pas déterminer précisément le niveau de commodité qu'ils fournissent à leurs usagers. Comme dit le vieil adage, « ce qui est mesuré est géré » (*what gets measured, gets managed*). Parmi les indicateurs clés de performance les plus courants en matière de commodité d'usage, figurent notamment : le nombre de passagers affectés par les retards, le pourcentage de matériel roulant disponible pour le service, le pourcentage de distributeurs automatiques de billets et d'escalators en service, le nombre de fois où la quantité de passagers est supérieure à la capacité maximum des gares ou la proportion des services en heures de pointe dépassant un seuil de places assises, le pourcentage de passagers retardés de X minutes ou plus, et ainsi de suite. Le problème avec certains indicateurs clés de performance est qu'ils sont en général stratégiques, cumulés ou catégoriels par nature et sont donc difficilement utilisables parallèlement aux évaluations dans l'analyse préalable. Certains sont recueillis parce qu'ils sont faciles à obtenir.

Cependant, certaines informations d'indicateurs clés de performance peuvent être rendues opérationnelles avec des données d'évaluation, comme les coefficients de remplissage moyens et les dépassements de temps de trajet. De plus, il n'est pas essentiel pour les opérateurs de mesurer leur performance dans la poursuite des objectifs à l'aide d'une approche de coût généralisé ; ils peuvent utiliser des mesures plus directes de la qualité de service telles que le pourcentage de passagers arrivant à l'heure ou obligés de rester debout. À mesure que les systèmes de données s'amélioreront et deviendront plus granulaires, les opérateurs et les planificateurs disposeront de plus de données transformables en informations sur le degré de commodité de leurs services. Les données des cartes intelligentes et des téléphones mobiles fourniront plus de renseignements sur les temps de trajet et leur variabilité, les systèmes de pondération des trains

amélioreront les données sur l'affluence et les informations GPS augmenteront la précision des informations sur la fiabilité des autobus. Ces indicateurs de performance ne sont pas toujours bien mesurés de nos jours, mais la technologie va leur permettre d'être mieux mesurés et gérés. Ces données fourniront des informations précieuses en tant que telles en matière de gestion, de performance et de réglementation, et seront plus adaptées pour être incluses dans l'expression du coût généralisé sur laquelle s'appuie l'évaluation préalable des systèmes et vers laquelle nous nous tournons maintenant.

Mesurer les éléments détaillés de l'expression du coût généralisé

Notre approche centrale ici est d'utiliser une approche renforcée du coût généralisé afin de prendre en compte plus de termes de commodité. Cette méthode est essentiellement celle préconisée il y a de nombreuses années par Hensher et McLeod (1977), qui ont recherché une représentation explicite plutôt que comportementale de la commodité (ainsi que du confort et de l'effort) et ont communiqué des modèles (de préférence révélée) à cet effet qui contenaient les termes de commodité du temps de marche, du temps d'attente, du nombre de correspondances et de la disponibilité des places, parmi beaucoup d'autres facteurs. Ils ne disposaient pas de grandes quantités de données de préférence déclarée pour explorer la question, mais ont néanmoins démontré comment ce qu'ils ont appelé des variables mesurées en « unités sensibles aux stratégies » pouvaient remplacer l'utilisation de « schémas comportementaux ». Cette position est bien résumée par Hensher et McLeod (1977) eux-mêmes :

« Il existe une littérature de plus en plus riche sur l'utilisation de diverses techniques de mesure comportementales dans l'identification des influences en matière de choix de transport, mais ces travaux certes utiles sont loin de satisfaire aux exigences d'un modèle sensible aux stratégies ».

Voie à suivre dans le contexte de l'évaluation des variables de commodité

Nous ne prétendons pas ici que les indicateurs clés de performance n'apportent rien, ni que la mesure des perceptions et des attitudes est dénuée d'intérêt. Tous les deux ont un rôle important à jouer pour :

- alerter les opérateurs et les autorités de la nécessité d'agir ;
- informer les opérateurs et les autorités des conséquences de toute action ;
- fournir des informations de gestion précieuses à des fins contractuelles, de financement et d'analyse comparative.

Les indicateurs clés de référence peuvent fournir des informations de gestion très importantes, à condition de préciser qu'un indicateur clé de référence ne peut pas être comparé directement avec un autre sans passer par une conversion dans une « devise commune » telle que le coût généralisé, ou sans appliquer des poids « politiques » aux différents aspects de la commodité d'usage. Si nous voulons élargir l'expression du coût généralisé pour couvrir un éventail plus large de termes, alors il semble naturel de mesurer ces variables, pas seulement pour l'évaluation préalable de systèmes spécifiques, mais plus généralement dans la gestion et l'évaluation de la performance. Ces variables peuvent être mesurées en termes objectifs et peuvent se passer des approches psychométriques et de la difficulté d'application qui leur est propre. Certains des indicateurs clés de référence normalement recensés sont difficiles à appliquer dans le cadre de l'approche du coût généralisé élargi, mais les développements technologiques dans le suivi et la mesure peuvent laisser espérer des améliorations dans ce domaine.

Comment évaluons-nous la commodité ?

Nous entendons par « valeur » la somme qu'une personne est prête à payer pour une amélioration d'« une unité » dans une variable de commodité donnée. Par exemple, si quelqu'un est prêt à payer 1.20 € pour

économiser 15 minutes de temps de marche, la valeur monétaire des économies de temps de marche sera de 8 centimes par minute. Les valeurs des attributs de commodité sont généralement exprimées comme multiplicateurs par rapport au temps passé dans le véhicule (TDV). Par conséquent, si la valeur monétaire du temps d'attente est de 20 centimes par minute et que la valeur monétaire du TDV est de 10 centimes par minute, alors le temps d'attente est évalué à deux fois le taux du TDV et le multiplicateur est de deux.

La pratique habituelle de planification des transports dans le monde entier a toujours représenté l'attractivité globale d'un moyen de transport public (ou même de n'importe quel autre moyen) comme étant composée d'une série d'éléments de temps, de coût et d'autres facteurs chacun exprimé en unités monétaires communes utilisant les poids décrits dans le paragraphe précédent. Cette représentation est qualifiée de « coût généralisé » (CG) du transport. Nous pourrions l'illustrer ainsi :

$$CG = P_I + P_O + \lambda(IVT + \alpha A + \beta S + \gamma AT + \delta R + \theta AF + \mu T) \quad (1)$$

PI et PO désignent les prix des déplacements en véhicule et hors du véhicule. Les autres termes sont pondérés pour être convertis en unités monétaires communes. Ainsi λ est la valeur du TDV tandis que α , β , γ , δ , θ , μ et ω sont des multiplicateurs qu'il faut appliquer au λ pour représenter en termes monétaires la « non-attractivité » supplémentaire du temps d'accès (A), du temps de sortie (S), du temps d'attente (AT), du temps de retard prévu (R), de l'affluence moyenne (AF), du nombre de correspondances durant le voyage (NC) et des avantages tirés de l'information (I).

Il est assez simple d'obtenir des variantes de ce terme. Ainsi, lorsque les déplacements sont prévus, et que les voyageurs n'arrivent pas de façon aléatoire pour effectuer leur trajet, le temps d'attente pourrait être remplacé par l'intervalle entre les services, même si le temps d'attente lié aux correspondances reste applicable. En revanche, s'il y a des restrictions sur le temps réel du trajet, il sera alors plus approprié d'avoir recours à des termes se rapportant explicitement aux désagréments de ne pas pouvoir voyager au moment souhaité. Comme nous allons le voir, d'autres représentations de la fiabilité sont possibles.

D'autres termes pourraient être inclus pour prendre en compte les variables de confort, les coûts de transaction, la sûreté et ainsi de suite, à condition de veiller à ce qu'ils constituent bien des effets indépendants. Les termes devenant plus subjectifs et étant moins facilement mesurés, ou n'ayant à vrai dire pas d'unités naturelles de mesure, le terme de CG pourrait inclure des notations pour rendre compte de la qualité des performances d'une option de transport par rapport à des facteurs tels que le bruit intérieur, la qualité du trajet, le confort des sièges, le décor ou la sûreté ressentie. Mais même dans ce cas, il serait nécessaire dans un terme de CG renforcé de pondérer ces termes de notation sensiblement de la même manière que pour les termes de l'équation 1, afin de les convertir en unités monétaires équivalentes. Nous examinerons des exemples de ce genre de modèles dans la section 4.

L'attractivité globale d'un moyen de transport telle que représentée par l'équation 1 pourrait être exprimée en unités de temps, ce qu'on appelle le « temps généralisé » (TG), en divisant par la valeur du temps (λ).

Notons que les divers paramètres peuvent varier en fonction des différents types de trajets et de voyageurs. Comme exemple parmi de nombreux types de variations possibles, on peut penser que la valeur du temps pour des voyages d'affaires sera un peu plus élevée que pour des déplacements non professionnels, reflétant ainsi les avantages pour les employeurs de pouvoir utiliser productivement le temps économisé, tout comme les personnes à hauts revenus devraient en principe avoir des valeurs monétaires plus élevées que celles voyageant dans des conditions moins plaisantes.

La fonction n'est pas non plus nécessairement linéaire en paramètres ; la valeur du temps et les autres multiplicateurs pourront dépendre des niveaux atteints par les variables. Par exemple, une minute de TDV économisée sur un voyage de 60 minutes aura une valeur différente d'une minute de TDV gagnée sur un

trajet de 10 minutes. En particulier, on peut prévoir qu'une augmentation donnée de l'occupation aura un impact plus marqué à des niveaux plus élevés d'affluence. Des interactions peuvent également se produire entre les variables (par opposition à des interactions avec les caractéristiques socio-économiques et les attributs de trajet définis ci-dessus) de telle sorte que, par exemple, la valeur du temps sera moindre lorsque le tarif est plus élevé car les voyageurs sont moins disposés à payer pour des économies de temps s'ils estiment que le service fournit un mauvais rapport valeur-prix. On considère généralement que l'inconvénient du manque de fiabilité peut être réduit par la mise à disposition d'informations de qualité.

Les diverses variables des systèmes de transport de l'équation 1 peuvent être mesurées objectivement d'une façon ou d'une autre, même si des disparités peuvent apparaître entre les durées et coûts réels et ce que les gens perçoivent. Ainsi, des améliorations sont parfois apportées à la commodité des transports publics sans que tous les voyageurs en prennent conscience. En outre, il n'est pas rare que les personnes qui n'utilisent pas les transports publics les considèrent comme moins commodes qu'ils ne le sont réellement. Mais qu'en est-il des autres composants de l'équation 1 : comment ses divers paramètres sont-ils estimés ?

Les évaluations sont des termes relatifs exprimant la satisfaction obtenue grâce à des améliorations dans un attribut relativement à des améliorations dans un autre. C'est pourquoi on les appelle parfois « évaluations relatives ». Une disposition à payer 0.80 € pour gagner 10 minutes signifie que le voyageur ne voit pas de différence entre la situation de voyage actuelle et une autre où le coût serait supérieur de 0.80 €, mais avec 10 minutes de temps de trajet en moins⁴. Dans ce cas, la valeur d'une économie de temps de voyage en termes monétaires est de 0.08 € par minute. Le même raisonnement s'applique au fait d'être prêt à marcher 5 minutes de plus pour accéder à une liaison directe et économiser ainsi 15 minutes de temps de voyage. L'obtention d'estimations sur la disposition des voyageurs à échanger un attribut contre un autre dépend des informations sur leurs choix lorsqu'ils sont confrontés à ces situations de compromis. Des modèles mathématiques peuvent être élaborés afin d'expliquer les choix effectués dans ce genre de situations de compromis, à partir desquels les évaluations implicites peuvent être obtenues en comparant les taux auxquels les voyageurs sont disposés à faire des concessions mutuelles.

Les premiers types de modèles conçus pour obtenir des évaluations relatives, dans les années 1960 et 1970, portaient des choix réels des personnes en matière de voyage. Ces méthodes, dites de « préférence révélée » (PR), s'appuyaient sur des modèles de choix de moyen de transport, même si les modèles de choix d'itinéraire n'étaient pas complètement absents. Les économistes en particulier aiment fonder leurs déductions et leurs analyses empiriques sur ce que les gens font dans la réalité.

À la fin des années 1970, des méthodes basées sur des scénarios hypothétiques, importées de la littérature sur la recherche en marketing et plus particulièrement de la situation observée aux États-Unis, ont commencé à attirer l'attention, puis à gagner une certaine popularité dans les années 1980. De fait, au point que les approches dites de « préférence déclarée » (PD) sont de longue date, et sans aucun doute depuis les années 1990, le principal outil utilisé pour obtenir des évaluations sur le marché des transports. Ces méthodes imitent les conditions de marché réelles dont nous aimerions disposer dans l'idéal à des fins d'évaluation en offrant aux personnes des choix multiples qui exigent d'elles d'échanger un attribut pertinent contre un autre.

Les méthodes PR présentent l'intérêt de s'appuyer sur ce que les voyageurs font réellement. Dans des contextes de choix bien définis, où les usagers connaissent parfaitement les différentes possibilités de transport qui s'offrent à eux ainsi que leurs caractéristiques, et où des échantillons importants peuvent être obtenus, ces méthodes peuvent livrer des informations importantes. Il leur est en revanche plus difficile de donner des estimations solides dans les contextes où : les voyageurs connaissent mal le contexte de choix ; il n'existe pas suffisamment d'informations fiables sur la façon dont les voyageurs perçoivent les choix dont ils disposent ; les échantillons sont trop petits ; il y a une variation limitée dans certaines variables,

une corrélation élevée entre d'autres ou des compromis peu satisfaisants. De fait, les méthodes PR sont incapables de fournir des données sur les variables et sur les options de voyage qui n'existent pas déjà.

La fiabilité des valeurs obtenues à partir des méthodes PD dépend fondamentalement de savoir si les personnes interrogées feront réellement ce qu'elles déclarent vouloir faire, et en particulier de l'absence du biais stratégique en vertu duquel les personnes interrogées exagèrent leurs réponses concernant par exemple les gains de temps ou les augmentations de coûts afin d'influencer les décideurs. D'autres problèmes peuvent surgir en raison de contextes de choix ou de conceptions irréalistes, de non-prise en compte de certaines contraintes du monde réel ou plus simplement de la trop grande complexité de l'exercice. En outre, la nature même de la manière de présenter les informations PD rompt les effets d'habitude qui existent dans la réalité.

À la question de savoir si les valeurs obtenues à partir des enquêtes PD sont solides, les éléments de preuve ne permettent pas d'apporter une réponse catégorique. Alors que la PD est pour ainsi dire la seule option disponible pour les aspects liés au confort, il n'en va pas de même pour les facteurs de commodité qui nous intéressent ici. Ses avantages dans ce contexte sont qu'elle peut : s'appuyer sur des environnements de choix du monde réel, atteignant ainsi un plus haut degré de réalisme que si ce n'était pas le cas ; toucher des échantillons plus importants ; et contrôler les possibilités de compromis proposées aux personnes interrogées, augmentant ainsi la qualité des données. Les méthodes PD prédominent aujourd'hui en raison de leur rentabilité, de leur efficacité statistique et surtout de leur capacité à examiner des questions qui ne sont pas possibles sur les marchés réels. Nous recommandons toutefois la prudence car il est n'est pas rare pour ces méthodes de fournir des résultats qui ne sont pas entièrement crédibles. En outre, certains éléments factuels étudiés ci-dessous montrent que des écarts peuvent exister entre les multiplicateurs sous-entendus par les deux méthodes.

Signalons également au passage que l'utilisation directe du modèle PD dans les prévisions pose un certain nombre d'autres problèmes. Cela étant, notre propos ici n'est pas de prôner une telle utilisation. Nous nous intéressons avant tout à l'évaluation.

Analyse des observations empiriques

Nous donnons dans la présente section un aperçu des connaissances actuelles concernant les multiplicateurs pour le temps de marche et d'attente, l'intervalle de service et le temps de décalage, les correspondances, la fiabilité, l'affluence et l'information. Notre exposé s'appuie sur des éléments de synthèse existants, complétés si nécessaire par des observations empiriques provenant de travaux spécifiques.

Disons-le tout de suite, les multiplicateurs peuvent varier d'un pays à l'autre, même si intrinsèquement, ils sont plus facilement transposables que les évaluations de type monétaire. Ces variations ne sont pas seulement dues aux particularités culturelles. Elles peuvent provenir également de différences dans les attentes et les normes, les pratiques opérationnelles, les conditions de voyage et la composition socio-économique du public des usagers (et des personnes interrogées).

Multiplicateurs de temps de marche et d'attente

Malgré leur nature un peu différente, ces deux attributs font partie du THV associé aux transports publics et sont les premiers multiplicateurs à avoir reçu une attention particulière. On peut s'attendre à ce qu'ils soient évalués légèrement au-dessus de un en raison du désagrément, de la peine et de la frustration qu'ils provoquent. À vrai dire, la convention largement répandue d'appliquer un poids relatif de deux au temps de marche et d'attente est l'une des pratiques les plus anciennes et les plus communes à l'échelle mondiale dans la planification des transports. Il semble qu'elle tire son origine de la très novatrice *Mathematical Advisory Unit Note 179* du ministère britannique de l'Environnement (McIntosh et Quarmby, 1970).

Synthèse des multiplicateurs de temps de marche et d'attente officiels

Les multiplicateurs recommandés comme valeurs officielles dans le tableau 1.1 et utilisés par les opérateurs de transports publics dans les plus grandes villes présentent des écarts importants. D'abord, certains pays traitent tous les types de temps comme un seul, à savoir le temps porte-à-porte, ce qui donne implicitement des multiplicateurs de un. Cela sera également le cas pour les voyages d'affaires dans la vaste majorité des pays qui utilisent dans leur évaluation l'approche des économies de coûts (*Cost Savings Approach*), car tous les types de temps de voyage sont implicitement improductifs et tout gain de temps, quel qu'il soit, est supposé être transposé en effort productif.

Mais même pour les pays qui ont des multiplicateurs en bonne et due forme pour le temps de marche et d'attente, on observe des disparités considérables à la fois pour le temps de marche et le temps d'attente. Le temps de marche varie de 1.2 à 2.0, et jusqu'à 2.5 en correspondance, tandis que l'attente va de 1.4 à 2.5, avec une limite inférieure de 1.2 en correspondance. En réalité, il ne semble pas y avoir de consensus sur la question de savoir lequel est le plus grand.

On pourrait faire valoir que les multiplicateurs de temps d'accès sont inférieurs à ceux du temps de marche, vraisemblablement parce que l'accès implique des modes moins ardues que la marche, tandis que le temps d'attente en correspondance semble relativement élevé, ce qui peut s'expliquer par le fait que dans ce cas précis, l'attente est inévitable alors que dans les autres cas, le temps d'attente peut cacher un désagrément lié à l'intervalle entre les services, mais l'effet est atténué car les gens n'arrivent pas de façon aléatoire.

Éléments d'analyse des multiplicateurs de marche et d'attente

Il existe maintenant une quantité importante d'éléments factuels sur les valeurs de temps de marche et de temps d'attente, notamment parce qu'ils constituent un aspect fondamental des modèles de choix de mode. L'intervalle entre les services remplace souvent le temps d'attente, mais cela est compensé par le fait que le temps d'attente est une caractéristique de la correspondance qui figure quelquefois dans ces modèles.

Une analyse ancienne des multiplicateurs de temps de marche et d'attente (Goodwin, 1975) relève des multiplicateurs supérieurs à deux. McKnight (1982) a passé en revue des données empiriques provenant de 17 études concernant les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Australie et la France sur les relations entre les valeurs de la marche, de l'attente et du TDV. Le multiplicateur de temps de marche moyen était de 1.85, mais les valeurs de temps de marche avaient une moyenne plus élevée de 2.40. Sur les dix études ventilées fournissant des valeurs de temps de marche et d'attente abordées dans une synthèse d'observations recueillies à l'échelle internationale (TRRL, 1980), le temps de marche était en moyenne évalué à près de deux fois le TDV et, à l'exception d'une étude où son évaluation était très élevée, le temps d'attente était évalué à environ trois fois le TDV. Un examen à grande échelle de faits observés au plan international (Waters, 1992) conclut : « Plusieurs études ont montré qu'une valeur plus élevée est accordée au temps passé à attendre qu'au temps de voyage, dans une proportion de deux à un ou plus ». Ortúzar (1994) a

quant à lui fait le bilan de dix études chiliennes s'appuyant principalement sur la préférence révélée (PR) et menées entre 1983 et 1993. En moyenne, le temps de marche et le temps d'attente y sont évalués à 2.4 et 5.4 fois le TDV.

Miller (1996) a rendu compte de ce qui à l'époque constituait une analyse à grande échelle des données internationales sur les multiplicateurs de temps de marche : elle couvrait 18 études provenant de 7 pays et proposait 34 multiplicateurs. Le ratio moyen était de 2.28, avec une erreur-type de 0.17. Steer Davies Gleave (1997), dans une analyse de ses propres éléments d'appréciation et d'autres données recueillies en Europe, conclut que « le temps de marche est généralement évalué à un niveau allant de 1.8 à 2.4 fois le temps passé dans le véhicule. Une moyenne de 2.0 est recommandée par souci de simplicité. Le temps d'attente se voit donner une valeur parfois plus élevée que le temps de marche, jusqu'à 4.5 fois le temps passé dans le véhicule. Un ratio de 3 fois est recommandé ».

Si l'on s'intéresse maintenant à des éléments factuels plus récents, on constate à première vue – au Royaume-Uni et ailleurs – une remise en cause de la convention consistant à évaluer le temps de marche et d'attente à deux fois le niveau du TDV, ce qui contredit les résultats des études PR plus anciennes.

Bickel *et al.* (2005) ont réalisé une analyse approfondie de l'état des pratiques en cours dans l'évaluation préalable des projets de transport en Europe. Leur étude fait la synthèse des orientations officielles, mais n'apporte aucun enseignement supplémentaire par rapport à la base d'éléments probants fournis ici.

Plusieurs analyses de grande envergure de données empiriques recueillies au Royaume-Uni, axées principalement sur la valeur du temps, mais avec des indications supplémentaires concernant les multiplicateurs de temps, ont été menées par Wardman (2001, 2004) et Abrantes et Wardman (2011). Par exemple, les résultats obtenus par Wardman (2004) ont été utilisés pour porter à 2.5 la valeur du temps d'attente recommandée par le Department for Transport du Royaume-Uni⁵. Plus récemment, Wardman *et al.* (2013) ont élargi leur travail à l'Europe. Les multiplicateurs sous-entendus par ces études sont donnés dans le tableau 1.2.

Tableau 1.2 Multiplicateurs de temps de marche et d'attente

	Wardman (2001)	Wardman (2004)	Abrantes et Wardman (2011)	Wardman <i>et al.</i> (2013)	
				Royaume-Uni	Hors Royaume-Uni
Marche	1.66:0.06:140	1.68:0.05:183	1.65:0.04:296	1.62:0.05:272	1.93:0.10:68
Attente	1.47:0.09:34	1.76:0.10:62	1.70:0.09:90	1.68:0.10:77	1.93:0.09:59
Attente en correspondance				1.72:0.11:11	1.93:0.16:15
Accès	1.81:0.10:52	1.77:0.10:60		1.57:0.07:102	1.95:0.14:42
THV	1.46:0.10:64		1.43:0.09:73		

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Concernant les valeurs du Royaume-Uni, on n'observe pas de grandes variations entre les différents ensembles de données. Ce que l'on remarque en revanche, c'est que les chiffres du Royaume-Uni sont inférieurs à 2 (l'écart est parfois considérable) et certainement très loin du chiffre de 2.5 donné par les recommandations officielles pour le temps d'attente. En outre, les valeurs du Royaume-Uni sont environ 15 % plus basses que les valeurs européennes hors Royaume-Uni.

Les chiffres du tableau 1.2 cachent cependant des variations importantes. Par exemple, Abrantes et Wardman (2011) relèvent des multiplicateurs PR pour le temps de marche et le temps d'attente de 1.84 (0.15) et 2.32 (0.18) qui contrastent avec les chiffres PD respectifs de 1.62 (0.04) et 1.43 (0.07). Pour les

données recueillies à l'échelle européenne, Wardman *et al.* (2013) rapportent des multiplicateurs PR de 2.01 (0.18), 1.88 (0.16), 2.22 (0.14) et 2.03 (0.31) respectivement pour le temps de marche, le temps d'accès, le temps d'attente et le temps d'attente en correspondance, les valeurs PD correspondantes étant systématiquement plus basses : 1.63 (0.04), 1.55 (0.07), 1.60 (0.07) et 1.82 (0.11). Les chiffres PR semblent donc être quelque peu supérieurs et pas incompatibles avec des multiplicateurs situés aux alentours de 2.

L'explication PR pourrait être à l'origine des disparités entre les valeurs du Royaume-Uni et les autres, en raison du fait que les données du Royaume-Uni accordent une plus grande place aux éléments factuels PD. Wardman (2013) a rendu compte d'un méta-modèle dont les estimations portent sur un large éventail de multiplicateurs, comprenant 12 attributs et 1 389 observations tirés de 244 études et 18 pays européens. On constate que les multiplicateurs de marche et d'attente du Royaume-Uni sont inférieurs de 22 %, même après avoir tenu compte de l'évaluation supérieure de 20 % des multiplicateurs de temps de marche et d'attente PR.

Toutefois, étant donné que les différences ne sont pas particulièrement importantes, la discussion qui suit est basée sur l'intégralité des données du Royaume-Uni et hors Royaume-Uni, en ce sens qu'elles fournissent le plus vaste ensemble de données empiriques pour les multiplicateurs. De plus, le tableau 1.3 ventile les valeurs par pays, pour tous les termes THV combinés, et la variation n'est pas significative. Le Danemark en particulier, dont le multiplicateur moyen est faible, accorde lui aussi plus d'importance aux données PD.

Tableau 1.3 **Multiplicateurs THV par pays**

Pays	
Danemark	1.64:0.07:45
Espagne	2.16:0.19:12
Norvège	1.87:0.15:30
Pays-Bas	2.02:0.17:14
Royaume-Uni	1.62:0.04:468
Suède	2.00:0.13:28
Suisse	2.14:0.39:11
Tous les autres	2.11:0.13:44

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Concernant l'ensemble des données européennes combinées, le méta-modèle exposé dans Wardman (2013) peut être utilisé pour « prédire » les multiplicateurs de temps de marche et d'attente. Le multiplicateur de temps de marche varie en fonction du mode, et les multiplicateurs de temps de marche et d'attente selon l'objectif et la distance. Ce dernier point s'explique par le fait que la valeur monétaire du temps augmente avec la distance à un taux plus élevé que les valeurs monétaires du temps de marche et d'attente. On observe également une baisse tendancielle d'environ 1 % par an, tandis que les multiplicateurs PR sont plus importants. Les multiplicateurs prévus par le modèle pour 2011 et basés sur des données empiriques PR sont présentés dans le tableau 1.4. Ces chiffres semblent suggérer que des multiplicateurs de 2 constituent les limites supérieures.

Tableau 1.4 **Multiplicateurs de marche et d'attente (PR)**
sous-entendus par le méta-modèle de Wardman (2013)

	BUS				TRAIN			
	5	25	100	250	5	25	100	250
Distance (Km)								
MARCHE								
Trajets quotidiens	2.05	1.98	1.91	1.87	1.80	1.73	1.68	1.64
Affaires	1.85	1.79	1.73	1.69	1.62	1.57	1.52	1.48
Autre	2.18	2.10	2.03	1.99	1.91	1.84	1.78	1.75
ATTENTE								
Trajets quotidiens	1.80	1.73	1.68	1.64	1.80	1.73	1.68	1.64
Affaires	1.62	1.57	1.52	1.48	1.62	1.57	1.52	1.48
Autre	1.91	1.84	1.78	1.75	1.91	1.84	1.78	1.75

Remarque : l'accès et l'attente en correspondance ont les mêmes multiplicateurs que l'attente.

Pour en revenir aux données brutes, les tableaux 1.5 et 1.6 présentent les multiplicateurs THV ventilés par mode et objectif de déplacement pour les éléments factuels à l'échelle européenne dans Wardman (2013).

On observe qu'il y a en général relativement peu de variation par objectif de déplacement, en particulier lorsque la taille de l'échantillon est importante. Les multiplicateurs des loisirs sont même les plus élevés et les multiplicateurs des déplacements d'affaires les plus bas, ce qui est conforme aux prévisions du méta-modèle dans le tableau 1.4.

Tableau 1.5 **Multiplicateurs THV par objectif de déplacement**

Attribut	Tous	Déplacements quotidiens	Loisirs	Affaires	Autre
Temps de marche	1.68:0.04:344	1.69:0.07:119	1.70:0.09:81	1.52:0.25:7	1.65:0.07:137
Temps d'accès	1.68:0.07:144	1.68:0.13:34	1.82:0.14:46	1.66:0.17:17	1.55:0.11:47
Temps d'attente	1.80:0.07:138	1.83:0.11:56	1.76:0.14:37	1.54:0.32:5	1.84:0.11:40
Temps de correspondance	1.84:0.10:26	1.59:0.12:11	1.99:0.27:5	1.28:0.0:1	2.12:0.16:9

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées. « Autre » inclut ici des combinaisons d'objectifs.

Concernant le mode, les segmentations sont effectuées selon que les multiplicateurs varient en fonction du mode utilisé et du mode évalué. Les échantillons recensés sont des usagers des bus évaluant le THV pour le bus, des usagers des trains évaluant le TDV pour le rail et des usagers de la voiture évaluant n'importe quelle option de transport public. Étant donné la présence de combinaisons de modes utilisés et évalués, les chiffres s'appliquent à une portion seulement de l'ensemble complet des données. La principale différence entre les usagers des bus et ceux des trains est que le temps d'accès est un peu inférieur pour le rail, vraisemblablement parce que les trains impliquent souvent des modes d'accès qui ont une désutilité moindre que la marche, mode d'accès typique pour le bus. Bien qu'on puisse supposer que les utilisateurs de la voiture aient des valeurs plus élevées pour les variables THV, car ils sont moins habitués au THV et c'est d'ailleurs peut-être l'une des raisons pour lesquelles ils choisissent la voiture, aucun élément ne vient appuyer cette supposition. De façon générale, les variations modales sont assez minimes, conformément aux résultats du méta-modèle donnés dans le tableau 1.4.

Tableau 1.6 Multiplicateurs THV par mode

Attribut	Tous	Bus	Rail	Voiture
Temps de marche	1.68:0.04:344	1.64:0.12:29	1.65:0.12:17	1.47:0.08:98
Temps d'accès	1.68:0.07:144	1.62:0.12:8	1.29:0.14:12	1.45:0.13:21
Temps d'attente	1.80:0.07:138	1.74:0.13:25	1.49:0.17:17	1.75:0.25:10
Attente en correspondance	1.84:0.10:26	1.92:0.20:8	1.83:0.25:5	1.64:0.08:2

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Une analyse des valeurs du temps et d'autres attributs des transports publics a été achevée récemment en Australie et en Nouvelle-Zélande (Wallis *et al.*, 2013). Quelque 21 études ont produit 48 multiplicateurs de temps de marche d'une moyenne de 1.3, avec peu de variation en fonction du moment de la journée. Pour une moyenne, ce chiffre semble modeste. Les auteurs font remarquer que :

« À deux exceptions près, ces études étaient des enquêtes PD et à ce titre, il est utile de mentionner le problème potentiel pour les personnes interrogées de répondre à partir de l'hypothèse d'un lieu autre que l'arrêt de bus ou la gare ferroviaire qu'ils utilisent habituellement. Les exceptions étaient deux études PR menées à Sydney (Fox et al. 2010 ; Hague Consulting 1996) dans lesquelles la valeur du temps de marche était estimée transversalement d'après des données d'enquête sur les habitudes de déplacement des ménages. Ces deux études de type préférence révélée ont livré une estimation plus élevée du temps de marche en l'évaluant à 1.5 ».

Non seulement ce profil de résultats coïncide avec les chiffres présentés ci-dessus, mais l'explication est également similaire à celle proposée dans ces études en termes de réalisme de la variation du temps de marche.

À partir de 6 études et 15 multiplicateurs en Australie et de 1 étude et 1 multiplicateur en Nouvelle-Zélande, Wallis *et al.* (2013) arrivent à une moyenne de 1.25 pour le temps d'attente en correspondance. Là encore, ce chiffre paraît prudent, les données PD prédominent et leur incapacité à rendre compte de façon réaliste des variations du temps d'attente peut être un des facteurs responsables. Dans un document de référence pour la présente Table ronde, Lee (2013) fait état de modèles de choix de mode dans lesquels les multiplicateurs THV varient sur trois modèles entre 1.01, 1.05 et 1.7.

L'une des questions discutées à la Table ronde a été le degré de précision atteint par les données de multiplicateurs disponibles, et en particulier le fait que les multiplicateurs devraient en principe varier non seulement en fonction du type de personnes, mais également selon les conditions dans lesquelles le temps de marche et d'attente est passé. Le temps qu'il fait, les services et l'environnement de voyage, la sûreté ressentie, le degré d'affluence et la quantité d'efforts nécessaire auront une incidence sur ces multiplicateurs. En réalité, il est possible que les deux soient non linéaires, de sorte que les valeurs unitaires dépendent de la quantité de temps de marche ou d'attente. Toutes ces sources potentielles de variation sont autant d'explications possibles des légères variations observées dans les multiplicateurs THV.

Il n'existe pas une grande quantité d'éléments factuels concernant les effets des multiplicateurs de temps de marche et d'attente. Le *Business Case Development Manual* (Transport for London, 2013) de Transport for London atteint un rare niveau de précision dans ses paramètres recommandés pour l'évaluation préalable, même si les données empiriques sous-jacentes et leur poids ne sont pas immédiatement apparents. Néanmoins, des relations entièrement plausibles sont spécifiées.

Pour l'attente de trains ou d'ascenseurs dans des conditions acceptables et sans affluence, un multiplicateur de 2.5 est utilisé. Ce multiplicateur est cependant augmenté en situation d'affluence sur les quais. Le multiplicateur d'attente (AT) est alors fonction du facteur d'affluence (FA) :

$$AT = 2.5 + FA$$

La marche sans affluence (MA) a un multiplicateur de 2, mais ce dernier peut également varier en fonction du degré d'affluence :

$$MA = 2.0 + \frac{FA}{2}$$

Le FA dépend du nombre de passagers au m² (P) dans les proportions suivantes :

$$FA = 0.667(P - 0.5)^2 \text{ pour } 0.5 \leq P < 2$$

$$FA = 1.50 \text{ pour } P \geq 2$$

$$FA = 0 \text{ pour } P < 0.5$$

Des multiplicateurs indicatifs pour MA et AT sont donnés dans le tableau 1.7 ci-dessous pour divers degrés d'affluence (P).

Tableau 1.7 **Multiplicateurs de marche et d'attente et affluence (Transport for London)**

P	MA	AT
0.5	2.00	2.50
1.0	2.08	2.67
1.5	2.33	3.17
2.0	2.75	4.00
2.5	2.75	4.00

Les deux multiplicateurs commencent aux valeurs recommandées officielles du Royaume-Uni, avec des augmentations notables en situation d'affluence, en particulier pour le temps d'attente.

Transport for London dispose également d'une vaste gamme de modificateurs supplémentaires d'une grande pertinence :

- Montée d'escalier : 4.0
- Descente d'escalier sans affluence : 2.5
- Attente pour accéder à la machine ou au guichet de billetterie : 3.4
- Transaction à la machine ou au guichet de billetterie : 2.5
- File d'attente à un *PASS agent* : 3.0
- Transaction à un *PASS agent* : 2.0
- Retard au contrôle des billets : 4.0
- Temps passé sur des escalators : 1.5
- Temps passé dans des ascenseurs : 2.0

Pour les déplacements en bus, les poids utilisés sont simplement de 2.5 pour l'attente et de 2.0 pour la marche.

Comme il ressort du tableau 1.1, le Manuel japonais d'analyse coûts-avantages (ACA) pour les chemins de fer autorise des variations dans le multiplicateur de temps de marche selon que celle-ci se fait en montée d'escalier, en descente d'escalier, sur le plat ou sur un escalator (Kato, 2014). Nous notons toutefois que les multiplicateurs japonais recommandés sont relativement bas pour le temps de marche et d'attente. Cela est confirmé par les modèles PR de choix d'itinéraire ferroviaire à Tokyo de Morichi *et al.* (2001), où entre les catégories d'objectifs de déplacement « trajets quotidiens », « affaires » et « loisirs », les multiplicateurs d'accès et de sortie varient de 1.18 à 1.35 et les multiplicateurs de temps de correspondance de 1.19 à 1.46.

Douglas Economics (2006) apporte un éclairage intéressant sur l'incidence de l'affluence sur les quais ainsi que dans les zones d'accès et les entrées sur les multiplicateurs de temps de marche et d'attente. Ses estimations de multiplicateurs pour les différents degrés d'affluence définis en termes de passager par mètre carré (PM²) sont rapportées dans le tableau 1.8 On observe de très grandes variations dans les multiplicateurs, un peu supérieures à celles de Transport for London.

Tableau 1.8 **Incidence de l'affluence sur les temps de marche et d'attente dans les gares**

Affluence	< 0.2 PM ²	0.2-0.5 PM ²	0.5-2 PM ²	> 2 PM ²
Attente	1.9	1.5	3.2	5.5
Marche	2.2	2.2	3.5	6.2

Un résultat de recherche exposé lors de la Table ronde est intéressant du point de vue, entre autres perspectives, de la similarité d'effets entre deux villes relativement différentes, et parce qu'il apporte un éclairage supplémentaire grâce à des évaluations détaillées, en particulier pour la correspondance, comme nous allons le voir maintenant.

Raveau *et al.* (2014) ont utilisé des données d'enquête pour examiner les choix d'itinéraire réels des usagers du métro à Londres et Santiago. La gamme d'attributs d'explication des comportements était très similaire dans les deux villes, les multiplicateurs THV variant selon le moment de la journée, l'objectif et, dans le cas du temps de marche, un multiplicateur plus élevé pour les femmes. À Londres, le multiplicateur de temps d'attente va de 1.59 à 2.26, tandis que pour Santiago la fourchette est de 1.53 à 1.99. Quant au multiplicateur de temps de marche, il va de 1.24 à 2.90 à Londres et de 1.91 à 3.98 à Santiago. Notons que ces chiffres font ressortir des multiplicateurs globalement supérieurs aux résultats des études PD ci-dessus et qu'ils ont été calculés à partir de données PR.

Conclusions sur le temps de marche et d'attente

Il existe aujourd'hui, et à vrai dire depuis longtemps déjà, une multitude de données empiriques sur les multiplicateurs de temps de marche et d'attente. Les faits observés semblent indiquer que les multiplicateurs PR sont plus élevés que leurs équivalents PD. Une explication avancée est que cela pourrait venir de la difficulté de formuler des évaluations réalistes des temps de marche et d'attente dans les études PD.

On voit que les multiplicateurs varient sensiblement. Cela avait été constaté il y a longtemps déjà dans l'analyse des multiplicateurs de temps de marche et d'attente de Goodwin (1975) et confirmé 30 ans plus tard par HEATCO (Bickel *et al.*, 2005). En dehors de la dimension PR-PD, cela pourrait être dû à une certaine variation des conditions dans lesquelles le temps de marche et d'attente est vécu, ainsi qu'à de possibles non-linéarités. Cela dit, les variations par objectif et par mode ne semblent pas importantes.

Nous avons mis en évidence des variations assez considérables dans les multiplicateurs selon le degré d'affluence. Cela nous donne un élément de précision important. Pour poursuivre dans ce sens, il serait instructif de renforcer ce niveau de précision en quantifiant d'autres facteurs influents.

Sans perdre de vue l'hétérogénéité des données disponibles, il ne fait aucun doute qu'une majoration devrait être appliquée au temps de marche et d'attente par rapport au TDV, et l'on pourrait tirer comme interprétation de ces résultats que des multiplicateurs de 2 dans des conditions normales peuvent être considérés comme limites supérieures des fourchettes.

Les données probantes suggérant que les multiplicateurs de temps de marche et d'attente diminuent avec le temps sont limitées, même si des effets de confusion peuvent être à l'œuvre ici.

Commodité d'heure de départ

La possibilité de faire un déplacement essentiellement sans les contraintes imposées par les grilles horaires des départs est souvent citée comme l'une des caractéristiques fondamentales de la commodité de la voiture. Deux éléments comptent ici. Le premier est l'intervalle entre les services et le second est le temps de décalage. Plus les services de transports publics sont fréquents, plus les voyageurs ont tendance à se rendre à une gare ou à un arrêt de façon aléatoire et le désagrément de ne pas pouvoir voyager précisément à l'heure souhaitée est comptabilisé comme temps d'attente. Lorsque les services deviennent moins fréquents, il y a le désagrément lié non seulement au fait de partir à des horaires de moins en moins souhaités, mais également aux coûts liés à l'obtention d'informations et à la planification. Dans ce dernier cas, le temps de décalage est important, car il indique la désutilité occasionnée par le fait de ne pas partir à l'heure préférée.

L'intervalle de service peut représenter à la fois le temps d'attente et l'effet de temps de décalage. Comme nous allons le voir, cela peut être source d'ambiguïté dans l'interprétation. On peut également estimer directement le temps de décalage reflétant le désagrément de ne pas pouvoir partir à l'heure souhaitée.

L'intervalle peut également avoir des avantages « corrélés » comme de fournir un degré de flexibilité indépendant de tout problème de désagrément, tandis que des services plus fréquents seront en principe moins chargés et avantageux en cas de perturbations de service.

Synthèse des multiplicateurs officiels d'intervalle et de temps de décalage

Comme il ressort du tableau 1.1, nous n'avons pas identifié de valeurs officielles concernant le temps de décalage. Ces valeurs sont néanmoins utilisées dans la pratique ; par exemple, l'industrie ferroviaire au Royaume-Uni conçoit ses recommandations pour les pénalités de fréquence à l'aide de multiplicateurs de temps de décalage (ATOC, 2013).

La Suède propose les recommandations de multiplicateurs d'intervalle officielles qui ont été adoptées en Norvège tandis qu'au Royaume-Uni, le secteur des chemins de fer a des valeurs reconnues à l'échelle nationale. On remarque au sujet de ces valeurs qu'elles baissent à mesure que l'intervalle augmente, reflétant ainsi le phénomène selon lequel les arrivées sont souvent aléatoires lorsque les fréquences sont élevées et beaucoup plus planifiées quand les fréquences sont faibles.

Analyse des observations empiriques pour les multiplicateurs d'intervalle et de temps de décalage

Il existe moins d'éléments d'analyse sur la valeur d'intervalle et de décalage d'heure de départ. La plus grande étude menée, qui porte sur des observations recueillies au Royaume-Uni et en Europe, est présentée par Wardman (2013) et Wardman *et al.* (2013).

Une caractéristique des résultats d'étude est qu'ils n'établissent pas de distinction entre les éléments d'arrivée aléatoire et planifiée entourant l'intervalle. Les multiplicateurs d'intervalle estimés sont invariablement constants, indépendamment du niveau de l'intervalle. Le tableau 1.9 montre les multiplicateurs d'intervalle et de temps de décalage à l'échelle européenne obtenus chez Wardman (2013). Les valeurs d'intervalle sont assez variables d'un pays à l'autre. Cela reflète peut-être des équilibres différents entre arrivées planifiées et aléatoires. Les valeurs de temps de décalage proviennent largement d'études au Royaume-Uni, mais les 28 autres observations, dans leur vaste majorité, ne sont pas très différentes.

Tableau 1.9 **Multiplicateurs d'intervalle et de décalage par pays chez Wardman (2013)**

	Intervalle	Décalage
Danemark	0.59:0.07:19	-
Espagne	0.53:0.10:18	-
Norvège	0.89:0.22:15	0.52:0.09:8
Pays-Bas	0.36:0.05:6	0.52:0.07:18
Royaume-Uni	0.76:0.03:225	0.67:0.06:79
Suède	0.45:0.07:13	-
Suisse	0.53:0.06:25	-
Tous les autres	0.40:0.09:8	0.36:0.21:2
Tous	0.71:0.03:329	0.63:0.05:107

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Wallis *et al.* (2013) trouvent un multiplicateur d'intervalle moyen de 0.66 sur 22 études produisant 63 observations, et de 0.48 – soit un peu moins – sur 8 observations en Nouvelle-Zélande provenant de 5 études. Ces chiffres ne sont pas éloignés des résultats pour l'Europe.

Si l'intervalle représentait purement les effets d'arrivée aléatoire, la valeur de l'intervalle devrait alors être la moitié de la valeur du temps d'attente. Un multiplicateur d'intervalle moyen de 0.71 est par conséquent largement conforme au multiplicateur de temps d'attente, étant donné que ce dernier semble être de deux au plus et que l'intervalle ne représentera pas seulement les arrivées aléatoires. En vérité, Kroes *et al.* (2006) affirment : « Le pourcentage de passagers souhaitant voyager à bord d'un train spécifique est très étroitement lié à la fréquence de service prévue : pour les services de train dont les intervalles sont de 15 minutes ou plus, environ 80 % du nombre total de passagers souhaitent voyager à bord d'un train spécifique, alors que pour les services de train dont les intervalles sont de 5 minutes ou moins, seulement 20 % environ des passagers viseront un train particulier ».

Si l'intervalle représentait un pur effet de temps de décalage, alors dans des conditions d'heures de départ souhaitées uniformément réparties, un intervalle donné se traduirait en moyenne par un quart de temps de décalage en plus. Il apparaît clairement que les multiplicateurs moyens pour l'intervalle et le temps de décalage ne corroborent pas cela. Nous constatons que les études donnent rarement les heures de départ associées à un intervalle donné et ne font pas le lien avec le temps de décalage. En tout état de cause, les multiplicateurs d'intervalle, de décalage et de temps d'attente peuvent être concordants en fonction de la proportion d'arrivées planifiées et aléatoires.

Le tableau 1.10 ventile les multiplicateurs d'intervalle et de décalage de Wardman (2013) par objectif de déplacement. Il fait aussi la différence entre le temps de décalage qui implique de voyager plus tôt que l'heure souhaitée, plus tard que l'heure souhaitée, ou sans distinction entre les deux.

Les multiplicateurs d'intervalle sont remarquablement similaires par objectif de déplacement. Le temps de décalage semble avoir une évaluation plus élevée pour les départs plus tard que l'heure souhaitée, mais pas de beaucoup et pas pour les voyages de loisirs. Les départs après l'heure souhaitée déplaisent logiquement plus aux migrants journaliers que les départs avant l'heure souhaitée en raison des obligations d'heure d'arrivée au travail, alors que les passagers « loisirs » n'ont pas forcément envie de se lever plus tôt pour leur voyage et ont moins de contraintes d'heure d'arrivée. Il y a toutefois ici des facteurs de confusion, comme le sens du trajet et/ou le moment de la journée. On pourrait penser que ces éléments ont un effet sur les relativités, mais généralement les études ne les vérifient pas ou n'en rendent pas compte. En l'absence de ces dernières distinctions, et étant donné que les différences ne sont de toute façon pas importantes, il est peut-être avisé d'utiliser une valeur unique pour le temps de décalage, qui ne varie pas selon que les départs se font avant ou après l'heure souhaitée. L'analyse de la ligne correspondant aux multiplicateurs de tous les temps de décalage semblerait justifier des valeurs plus élevées pour les trajets quotidiens et plus basses pour les loisirs même si, répétons-le, les effets d'objectif peuvent dissimuler d'autres effets.

Tableau 1.10 **Multiplicateurs d'intervalle et de temps de décalage par objectif de déplacement**

Attribut	Tous	Trajets quotidiens	Loisirs	Affaires	Autre
Intervalle	0.71:0.03:329	0.67:0.05:68	0.71:0.04:95	0.74:0.07:37	0.71:0.05:129
Décalage plus tôt	0.56:0.07:44	0.59:0.14:18	0.63:0.22:8	0.50:0.06:7	0.50:0.02:11
Décalage plus tard	0.65:0.08:47	0.74:0.017:19	0.43:0.08:9	0.64:0.14:7	0.67:0.11:12
Décalage plus tôt et plus tard	0.74:0.14:16	1.63:0.87:2	1.00:0.0:1	1.00:0.00:1	0.55:0.08:12
Tous les décalages	0.63:0.05:107	0.72:0.11:39	0.55:0.11:18	0.60:0.08:15	0.58:0.05:35

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées. « Autre » inclut des combinaisons d'objectifs.

Le tableau 1.11 fournit des multiplicateurs par mode, où les multiplicateurs pour la voiture concernent les automobilistes relativement aux transports publics. Des pénalités d'intervalle beaucoup plus petites apparaissent pour le rail, vraisemblablement en raison de fréquences plus faibles et donc d'une planification accrue des déplacements. C'est ce qui explique peut-être aussi les multiplicateurs de décalage plus importants pour le rail que pour les usagers des bus, même si cela peut être simplement dû au fait que les décalages constituent un problème moindre pour les usagers des bus.

Tableau 1.11 **Multiplicateurs d'intervalle et de décalage d'heure de départ en fonction du mode**

Attribut	Tous	Bus	Rail	Voiture
Intervalle	0.71:0.03:329	0.76:0.10:40	0.42:0.03:43	0.80:0.05:92
Décalage	0.56:0.07:44	0.35:0.14:2	0.77:0.09:26	0.60:0.07:14

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Le méta-modèle rapporté chez Wardman (2013) peut être utilisé pour fournir des multiplicateurs implicites d'intervalle et de temps de décalage. On a constaté que ces derniers variaient en fonction de l'objectif, de la distance et du mode pour l'intervalle, et de la question de savoir si le trajet était interurbain pour le temps de décalage. On note également une légère variation selon que le décalage est avant l'heure souhaitée ou après l'heure souhaitée. Le tableau 1.12 contient des chiffres représentatifs.

Il y a également une forte réduction des valeurs d'intervalle avec la distance, ce qui représente vraisemblablement l'équilibre différent entre déplacements planifiés et non planifiés. Les voyageurs d'affaires accordent logiquement une importance maximale à l'intervalle. Les multiplicateurs d'intervalle semblent désormais plus importants pour les usagers des trains, et on peut penser que les résultats précédents étaient faussés par un fort effet de diminution de distance, étant donné que les données pour le bus concernent presque exclusivement les déplacements urbains. Le temps de décalage est quant à lui un aspect beaucoup plus important pour les voyages interurbains, ce qui explique que la différence entre le train et le bus apparaisse dans le tableau 1.11 disparaisse maintenant⁶. Comme dans le tableau 1.10, les migrants journaliers ont les multiplicateurs de temps de décalage les plus importants, bien que les variations soient relativement petites.

Tableau 1.12 **Multiplicateurs sous-entendus par le méta-modèle de Wardman (2013)**

	BUS				TRAIN			
	5	25	100	250	5	25	100	250
Intervalle								
Trajets quotidiens	0.65	0.47	0.35	0.29	0.83	0.60	0.45	0.37
Affaires	0.76	0.54	0.41	0.34	0.97	0.70	0.52	0.43
Autre	0.65	0.47	0.35	0.29	0.83	0.60	0.45	0.37
Décalage plus tôt								
Trajets quotidiens	0.48	0.48	0.80	0.80	0.48	0.48	0.80	0.80
Affaires	0.37	0.37	0.61	0.61	0.37	0.37	0.61	0.61
Autre	0.37	0.37	0.61	0.61	0.37	0.37	0.61	0.61
Décalage plus tard								
Trajets quotidiens	0.55	0.55	0.92	0.92	0.55	0.55	0.92	0.92
Affaires	0.42	0.42	0.70	0.70	0.42	0.42	0.70	0.70
Autre	0.42	0.42	0.70	0.70	0.42	0.42	0.70	0.70

Remarque : les valeurs d'intervalle pour le métro et le transport par réseau ferré léger seraient supérieures de 28 %. Cela reflète vraisemblablement le degré plus important d'arrivées aléatoires en raison des fréquences généralement plus élevées impliquées.

Conclusions sur le décalage d'heure de départ et l'intervalle

Il existe une grande quantité d'éléments factuels pour les multiplicateurs d'intervalle qui, une fois rassemblés, concordent avec les multiplicateurs de temps d'attente analysés dans la section précédente. On observe seulement de légères variations par objectif de déplacement mais, comme on s'y attendait, l'intervalle décroît à mesure que les voyages s'allongent. Le multiplicateur d'intervalle est plus élevé pour le train. Le temps de décalage semble être une donnée plus importante pour les déplacements interurbains, où la planification est de rigueur.

On remarque que l'analyse à variables multiples donne des résultats différents des mises en tableau simples concernant la façon dont les multiplicateurs varient en fonction du mode, ce qui s'explique probablement par le fait que ces derniers sont faussés par les effets de distance.

Les fréquences de service peuvent être facilement observées et leur utilisation dans des applications s'appuyant sur le CG est donc simple. Ce n'est pas le cas en revanche du temps de décalage, pour lequel des enquêtes doivent être menées concernant les heures de départ souhaitées, afin de convertir les horaires de départ prévus en temps de décalage.

Mais attention. Il existe un élément d'ambiguïté dans les multiplicateurs d'intervalle. On pourrait s'attendre à les voir décroître étant donné que l'équilibre entre les arrivées planifiées et les arrivées aléatoires évoluent en faveur des premières à mesure que les intervalles augmentent. Les données

disponibles n'établissent aucune distinction en matière de sens du trajet ou de moment de la journée, même si l'on se doute que les trajets aller prédominent et que l'on peut penser que les multiplicateurs de temps de décalage dépendent de ces derniers. Les différences entre les temps de décalage selon qu'ils sont avant l'heure souhaitée ou après l'heure souhaitée sembleraient porter sur les trajets aller, mais elles sont de toute façon suffisamment minimales pour être ignorées.

L'industrie ferroviaire au Royaume-Uni contourne le problème lié au fait que la valeur d'intervalle représente deux effets différents. Elle utilise une valeur de temps de décalage pour les personnes qui planifient leur voyage, dont la proportion augmente à mesure que les intervalles s'accroissent. Cela montre le désagrément de ne pas pouvoir voyager au moment souhaité. Pour les usagers qui arrivent de façon aléatoire, ce qui est plus probable lorsque les services sont plus fréquents, l'intervalle est converti en temps d'attente et un multiplicateur de temps d'attente est utilisé pour rendre compte de ce désagrément. Toutefois, il existe peu de données empiriques sur ce qui motive le choix des voyageurs entre arrivée planifiée et arrivée aléatoire.

Correspondance

Nous avons déjà abordé le temps d'attente et de marche impliqué dans la correspondance. Nous nous intéressons ici à la pénalité fixe liée à la nécessité de transiter entre véhicules. Cette pénalité émane des tracas et des risques impliqués, indépendamment de tout temps de marche et d'attente. Il existe ainsi un risque de manquer le prochain service, ce qui entraînerait l'interruption de toute activité initialement prévue.

Synthèse des pénalités de correspondance officielles

Les valeurs officielles sont relativement rares pour les pénalités de correspondance. Elles sont de 10 minutes ou moins, avec des variations par type de correspondance. Les pénalités en vigueur à New York et Toronto sont conformes à cette fourchette. Transport for London (Transport for London, 2013) utilise quant à lui une pénalité de 3.5 minutes pour la correspondance entre services de métro et de 5 minutes pour le transit entre le métro et le train.

Analyse des observations empiriques pour les pénalités de correspondance

Une correspondance est composée de trois éléments : la marche entre les services, un certain temps d'attente et une pénalité fixe pour le désagrément et les risques impliqués. Wallis *et al.* (2013) constatent que « de nombreuses études sur la correspondance ne font pas de distinction claire entre ces trois composantes de la correspondance », ce qui limite la quantité d'informations disponibles utilisables.

Wardman (2001) a lui aussi identifié ce problème dans la littérature. Il a fait la part entre les études qui évaluent une pénalité de correspondance pure et indépendante des effets de temps, celles qui évaluent simplement une variable de correspondance sans temps de transit distinct, et celles qui évaluent une pénalité de correspondance et prennent en compte un temps de transit, mais sans pondération supplémentaire de ce dernier. Dans ces deux derniers types d'évaluation, les variables sont logiquement plus grandes que la pénalité pure et atteignent en moyenne les 30 minutes, alors que les 8 observations concernant les pénalités pures représentent une moyenne de 17.6 minutes. Un méta-modèle a été élaboré à partir de 1 116 valeurs monétaires d'une série de variables, dont 47 valeurs de correspondance. Il en résulte que les valeurs de correspondance varient en fonction de l'objectif et de la région. Les pénalités de correspondance pure implicites sont rapportées dans le tableau 1.13.

Tableau 1.13 Pénalités de correspondance implicites (Wardman, 2001)

Kilomètres	5	25	100	250
Trajets quotidiens	6.9	5.8	5.0	4.5
Trajets quotidiens SE	5.0	4.2	3.6	3.3
Autre	13.7	11.5	9.9	9.0
Autre SE	10.0	8.4	7.2	6.5

Les multiplicateurs de temps diminuent puisque la valeur monétaire du temps a augmenté avec la distance, mais pas les valeurs monétaires de la pénalité de correspondance pure. Les valeurs pour le sud-est (SE) sont plus petites, ce qui est probablement dû à une plus grande familiarité des usagers avec le réseau ferroviaire en raison d'une plus forte utilisation, entraînant ainsi une réduction des risques et des incertitudes liés à la correspondance.

Wallis *et al.* (2013) prennent en compte 17 études australiennes et 63 valeurs, mais seulement une étude en Nouvelle-Zélande produisant une valeur. La plupart des études évaluaient un « effet » de correspondance contenant le temps d'attente, mais cela a été retiré pour ne conserver qu'une pénalité pure. Il faut néanmoins garder à l'esprit les approximations que cela implique.

Les pénalités de correspondance aux heures de pointe étaient de 4 minutes pour un même mode et de 9 minutes entre plusieurs modes. Les chiffres correspondants pour les heures creuses étaient de 12.5 pour un même mode et de 17 minutes pour des modes différents. Il est plausible que la pénalité soit plus élevée entre plusieurs modes. Concernant les valeurs élevées pour les heures creuses, cela peut venir du fait que le temps de trajet aux heures de pointe a une désutilité plus élevée, que les passagers aux heures de pointe sont des usagers fréquents qui sont donc plus habitués à la correspondance, et que les fréquences plus élevées aux heures de pointe ont comme conséquence une réduction des risques associés à la correspondance.

Douglas et Jones (2013) ont passé en revue 17 études de correspondance portant sur l'Australie et le Royaume-Uni, qui recourent largement les analyses de Wallis *et al.* (2013) et de Wardman (2001). Ce qui est particulièrement intéressant à propos de cette étude est qu'elle apporte plus de renseignements sur la façon dont la pénalité de correspondance peut varier. Les pénalités relevées figurent dans le tableau 1.14 pour les usagers des bus et ceux des trains. Les pénalités sont généralement plus fortes pour des distances plus longues. Les usagers des chemins de fer estiment logiquement qu'une correspondance sur le même quai est moins onéreuse qu'un transit impliquant une montée ou une descente vers un autre quai. Les usagers des bus sont plus réfractaires aux correspondances avec les trains, peut-être parce qu'ils y sont moins habitués. Pareillement, les usagers du rail ont une plus grande aversion pour les correspondances avec les bus que les usagers des bus. Cependant, même les usagers des bus ont des pénalités de correspondance avec les bus assez élevées, peut-être parce que les transits sont relativement peu courants entre bus.

Tableau 1.14 Variations des pénalités de correspondance (Douglas et Jones, 2013)

Correspondance	Bus Courte	Bus Moyenne	Bus Toutes	Train Courte	Train Moyenne	Train Toutes
Train - Même quai	9.0	13.7	12.5	6.8	7.2	6.9
Train - Montée ou descente vers un autre quai	11.3	13.6	12.9	9.5	9.3	9.3
Bus à train	11.1	16.6	15.1	15.8	19.3	17.5
Bus à bus	14.8	14.6	14.5	18.1	28.6	23.3

Wardman et Shires (2000) rendent compte d'un modèle combiné PR-PD pour expliquer les trois composantes de la correspondance, dans lequel la pénalité varie selon la durée du voyage, le type de circulation et la question de savoir s'il s'agit de la première ou de la deuxième correspondance. La deuxième correspondance a une incidence moindre que la première. Toutefois, il n'y a aucune différence selon que le train à prendre est sur le même quai ou sur un autre. On remarquera que Wardman et Shires ont trouvé des éléments qui tendent à démontrer que les pénalités de correspondance des résultats PD sont plus importantes que celles obtenues à partir de données PR. Les pénalités de correspondance sous-entendues par leur modèle sont consignées dans le tableau 1.15. Comme on pouvait s'y attendre, les pénalités sont moindres dans le réseau dense du sud-est, où les fréquences et l'effet d'habitude sont élevés. Pour les trajets suburbains, les pénalités sont conformes aux autres résultats d'étude.

Tableau 1.15 Pénalités de correspondance sous-entendues (Wardman et Shires, 2000)

Durée du trajet	Interurbain 1 ^{er} changement	Sud-est 1 ^{er} changement	Interurbain 2 ^e changement
30 minutes	9.1	7.5	5.8
60 minutes	11.1	9.1	7.0
120 minutes	15.1	12.3	9.4
180 minutes	19.1	n/a	11.9
240 minutes	23.1	n/a	14.3
300 minutes	27.1	n/a	16.8

Les modèles de choix d'itinéraire de Raveau *et al.* (2014) pour les métros de Londres et de Santiago discutés lors de la Table ronde apportent un éclairage intéressant sur les variations des pénalités de correspondance. Même si ces pénalités sont en principe indépendantes de la quantité de temps de correspondance, il ne semble pas y avoir de variation en fonction de la quantité d'efforts impliquée. Les variations selon l'effort sont néanmoins légères ; il serait surprenant qu'elles soient importantes. Les pénalités pour les voyages aux heures de pointe coïncident avec les autres indications empiriques et de nouveau, on constate que les personnes voyageant aux heures creuses ont des valeurs plus élevées. Des résultats similaires ont été observés par Navarrete et Ortúzar (2013) pour le système de transports collectifs multimodal à Santiago.

Tableau 1.16 Pénalités de correspondance en métro (Raveau *et al.*, 2014)

	Londres		Santiago	
	Trajets quotidiens aux heures de pointe (matin)	Hors trajets quotidiens aux heures creuses	Trajets quotidiens aux heures de pointe (matin)	Hors trajets quotidiens aux heures creuses
Montée assistée	6.08	12.36	8.72	13.49
Montée semi-assistée	7.11	14.46	n.d.	n.d.
Montée non assistée	7.70	15.66	10.30	15.95
Descente assistée	5.24	10.65	5.84	9.05
Descente semi-assistée	6.28	12.76	n.d.	n.d.
Descente non assistée	6.86	13.95	7.43	11.51

Remarque : on entend par « assisté » l'utilisation d'un escalator ou d'un ascenseur pour tous les changements de niveau, et par « semi-assisté » l'utilisation d'un escalator ou d'un ascenseur pour une partie seulement des changements de niveau.

Conclusions sur les pénalités de correspondance

Litman (2014) affirme que « d’après les estimations, les correspondances imposent des pénalités équivalentes à entre 5 et 15 minutes de temps passé dans le véhicule ». On peut penser que cela constitue la limite inférieure de la fourchette, dans une situation où l’on dispose de bonnes informations, de conditions d’attente confortables et où l’insécurité, le stress et l’effort sont minimaux. Nous souscrivons à cette affirmation à la lumière des éléments factuels examinés ici et constatons la cohérence qui existe entre les pénalités de correspondance utilisées et officielles et celles ressortant des observations recueillies.

Les données empiriques démontrent que les migrants journaliers ont des pénalités de correspondance inférieures à celles des autres voyageurs, ce qui s’explique peut-être par un effet d’habitude qui était manifeste dans d’autres résultats d’étude. Les éléments d’appréciation sur l’effet de distance ne sont pas cohérents, mais ils sont de toute façon très limités. Certaines données montrent que plus les correspondances sont mauvaises, plus les pénalités sont importantes, comme c’est le cas pour les correspondances entre modes.

Fiabilité

Contrairement aux autres facteurs de commodité dont il est question ici, la fiabilité est un enjeu aussi important pour les déplacements en voiture que pour les transports publics. Dès lors, une quantité considérable d’observations disponibles portent sur la voiture. Néanmoins, il s’agit d’un domaine où il existe une quantité assez importante d’éléments factuels, souvent relativement récents, pour les transports publics.

Un autre aspect par lequel la fiabilité diffère des autres attributs de commodité est qu’elle a été mesurée et évaluée d’un certain nombre de façons différentes, à savoir :

- Retard moyen sur l’horaire. C’est la première mesure qui a été utilisée. Plutôt que de proposer un choix d’horaires, comme le veut la pratique actuelle, cette méthode stipulait généralement que le service aurait X minutes de retard une fois sur Y.
- Avance sur l’horaire (ASH) et retard sur l’horaire (RSH). Il s’agit, sur n heures d’arrivée, du niveau moyen d’avance et de retard par rapport à l’heure d’arrivée préférée.
- L’écart-type de temps de voyage (ET), exprimé sur n heures d’arrivée. Le ratio de la valeur de l’écart-type entre le temps de voyage et la valeur du temps de voyage moyen est nommé « ratio de fiabilité » (RF)⁷.

Synthèse des valeurs de fiabilité officielles

Les valeurs officielles pour les transports publics se basent soit sur le retard moyen, soit sur le RF. Le premier présente une gamme assez étendue, de 1.5 à 6, mais se situe généralement entre 2 et 4. Le RF est la plupart du temps compris entre 0.4 et 0.7, avec comme exception 1.4 pour le Royaume-Uni.

Analyse des observations empiriques pour les multiplicateurs de fiabilité

Wardman (2013) fait le point sur les données disponibles concernant les valeurs de fiabilité en Europe. Un problème immédiat avec les termes d’horaires (ASH et RSH) et de variance moyenne (RF), relevé initialement par Tseng (2008), est que certains modèles donnent soit les variables d’horaires, soit l’écart-type de temps de voyage, tandis que d’autres modèles contiennent les deux. Dans ce dernier cas, l’effet attribué aux variables d’horaires et à la variance sera évidemment moindre que dans le premier cas, où l’effet n’est pas « réparti ». Le problème ne se pose pas avec la variable de temps de retard.

Le tableau 1.17 présente des multiplicateurs pour ASH, RSH et RF lorsque les variables d’horaires et les variables d’écart sont spécifiées seules (Un seul) et également quand les deux termes sont précisés (Les deux). Nous ne pouvons tout simplement pas indiquer les valeurs moyennes sur l’ensemble des spécifications des modèles « Un seul » et « Les deux », car cela ne rimerait à rien. Par conséquent, les mises en tableau données ci-dessous sont pour des modèles qui spécifiaient soit les termes d’horaires, soit l’écart (Un seul). Cela serait particulièrement approprié pour des prévisions pratiques, où la prise en compte d’une seule variable de fiabilité pose suffisamment de problèmes sans en ajouter une deuxième !

Comme on pouvait s’y attendre, on observe que les multiplicateurs pour les observations « Les deux » sont sensiblement inférieurs aux données recueillies pour « Un seul ».

Tableau 1.17 **Multiplicateurs de fiabilité par spécification de modèle**

Attribut	Un seul	Les deux	Tous
ASH	0.86:0.07:48	0.35:0.04:6	0.81:0.07:54
RSH	1.94:0.14:54	1.31:0.16:16	1.80:0.12:70
RF	1.02:0.13:31	0.66:0.14:14	0.91:0.10:45

Remarque : moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d’observations rapportées.

Bates (2001) a démontré la relation suivante entre le RF et les paramètres de l’approche avec les horaires :

$$RF = \frac{\beta}{\alpha} \ln \left(1 + \frac{\gamma}{\beta} \right)$$

α représente le temps de voyage moyen, β l’ASH et γ le RSH. Bien qu’à proprement parler cette relation ne soit applicable que là où le voyageur dispose d’un choix continu d’heures de départ, il n’en reste pas moins éclairant de vérifier si cette relation théorique entre l’approche à variance moyenne et l’approche avec les horaires est validée par les faits.

Si α vaut un et avec les valeurs moyennes pour β et μ de 0.86 et 1.94 du Tableau 1. 17, le RF implicite est de 1.02. C’est exactement le chiffre mentionné dans le tableau 1.17 pour la valeur moyenne du RF, à savoir 1.02.

Le tableau 1.18 montre comment les multiplicateurs de fiabilité varient dans les différents pays européens étudiés. Nous avons combiné les multiplicateurs de RSH et de retard en raison de la taille des échantillons. Les variations entre les pays sont considérables, beaucoup plus que pour les autres variables de commodité. Cela vient peut-être du fait que l’évaluation de la fiabilité pose des difficultés intrinsèquement plus grandes. Les résultats pour le Royaume-Uni semblent particulièrement erratiques, avec une valeur ASH moyenne irrationnelle et des valeurs RSH/Retard très importantes, ces dernières s’expliquant peut-être par la prédominance du retard moyen dans l’échantillon concerné. Nous constatons que les valeurs de retard ont souvent été obtenues à partir d’études PD utilisant un service en retard de X minutes une fois sur Y. Cependant, les incertitudes quant à la façon dont les personnes interrogées ont interprété le retard pour les (Y-1)/Y occasions sont peut-être à l’origine des estimations exagérées pour les évaluations.

Tableau 1.18 **Multiplicateurs de fiabilité par pays**

	ASH	RSH/Retard	RF
Danemark	-	2.02:0.10:8	-
Norvège	0.72:0.29:4	2.43:0.30:13	0.20:0.06:3
Pays-Bas	0.97:0.09:26	1.52:0.19:23	0.85:0.26:2
Royaume-Uni	1.20:0.46:4	3.70:0.44:19	1.21:0.16:22
Suède	0.77:0.19:5	2.88:0.56:10	0.59:0.19:3
Tous les autres	0.52:0.07:9	1.28:0.17:8	0.98:0.0:1

Remarque : pour ASH, RSH et RF, évaluations de type « Un seul ». Moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Le tableau 1.19 fait apparaître des variations importantes mais pas complètement uniformes en fonction de l'objectif du déplacement. Pour le retard moyen, les passagers « loisirs » ont les valeurs les plus élevées, ce qui est également le cas pour RF, alors que les migrants journaliers ont la valeur la plus forte pour RSH et que les voyageurs d'affaires sont particulièrement réfractaires aux arrivées en avance.

Tableau 1.19 **Multiplicateurs de fiabilité par objectif de déplacement**

Attribut	Tous	Trajets quotidiens	Loisirs	Affaires	Autre
Retard	3.24:0.39:27	3.53:0.75:6	4.95:0.97:7	2.33:0.58:3	2.23:0.32:11
ASH	0.86:0.07:48	0.82:0.09:26	0.68:0.11:8	1.18:0.22:9	0.77:0.23:5
RSH	1.94:0.14:54	1.91:0.10:25	1.83:0.39:11	1.49:0.30:9	2.61:0.27:9
RF	1.02:0.13:31	1.27:0.25:6	1.34:0.28:10	0.67:0.35:2	0.71:0.15:13

Remarque : pour ASH, RSH et RF, évaluations de type « Un seul ». Moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées. « Autre » englobe un mélange d'objectifs.

Le tableau 1.20 est établi à partir des évaluations que font les usagers d'un mode au sujet de ce mode. Les résultats révèlent que les valeurs ne varient pas énormément entre le train et le bus, à l'exception peut-être du RSH, mais il faut garder à l'esprit la taille limitée des échantillons.

Tableau 1.20 **Multiplicateurs par mode**

Attribut	Tous	Bus	Train
Retard	4.10:0.44:37	3.63:0.09:3	3.88:1.05:7
ASH	0.86:0.07:48	0.59:0.41:2	0.53:0.10:7
RSH	1.94:0.14:54	3.03:0.44:6	2.17:0.28:9
RF	1.02:0.13:31	0.96:0.30:5	0.77:0.16:3

Remarque : pour ASH, RSH et RF, évaluations de type « Un seul ». Moyenne, erreur-type de la moyenne et nombre d'observations rapportées.

Le méta-modèle rapporté chez Wardman (2013) estimé pour un ensemble de données de multiplicateurs très importants contenait environ 200 observations de fiabilité. Il a tenu compte des effets « Un seul » et « Les deux » évoqués plus haut. Il a observé que les valeurs de fiabilité diminuaient avec la distance, et nous pouvons très bien comprendre qu'un manque de fiabilité soit attendu, accepté et permis pour des déplacements de plus longue distance. Un fort effet positif a été constaté pour le multiplicateur de retard des voyages de loisirs. Bien qu'il soit consigné dans le tableau 1.21, nous serions enclins à ignorer cet effet assez extrême, qui est peut-être imputable au manque de clarté concernant les heures d'arrivée pour (Y-1)/Y fois où le service n'est pas en retard. En dehors de cela, les multiplicateurs paraissent raisonnables.

Tableau 1.21 **Multiplicateurs de fiabilité implicites pour le train et le bus (Wardman, 2013)**

Distance	5	25	100	250
RETARD				
Hors loisirs	3.59	2.82	2.30	2.00
Loisirs	6.71	5.28	4.30	3.75
RF				
Tous	0.80	0.63	0.51	0.45
ASH				
Tous	1.02	0.80	0.65	0.57
RSH				
Tous	2.17	1.71	1.39	1.21

Remarque : pour ASH, RSH et RF, évaluations de type « Un seul ».

Les valeurs étudiées jusqu'ici concernent l'Europe. Cela dit, plusieurs analyses portent sur des données plus nombreuses, recueillies à l'échelle internationale.

Wallis *et al.* (2013) ont passé en revue 4 études néo-zélandaises produisant 4 valeurs de retard moyen et 6 études australiennes donnant 6 valeurs. Aucune distinction n'est établie entre le bus et le train, ni entre le retard à l'arrêt ou à la destination finale, même si les auteurs font remarquer qu'il existe une incertitude quant au fait de savoir si le temps de retard concerne le départ ou l'arrivée à destination. Les chiffres de retard moyen sont de 2.7 pour la Nouvelle-Zélande et de 3.6 pour l'Australie.

À propos du ratio de fiabilité, Bates *et al.* (2001) affirment : « des valeurs avoisinant 1.3 semblent plausibles pour les déplacements en voiture ; des chiffres un peu plus élevés seraient peut-être appropriés pour les transports publics réguliers, mais des valeurs supérieures à 2 sont improbables ».

Carrion et Levinson (2012) ont passé en revue des données de fiabilité à l'échelle mondiale. Leur enquête s'appuie sur le RF, s'intéresse à 17 études et a produit 68 observations, qui ont été entrées dans une méta-analyse, non limitée toutefois aux transports publics. La moyenne du RF est de 1.2 sur l'ensemble des études, avec cependant des variations énormes, de 0.10 à 3.29. Cette méta-analyse spécifiait des variables pour rendre compte du moment de la journée, du type de données, de la dimension de choix, de la région et de la question de savoir si les valeurs de fiabilité provenaient d'un modèle qui prenait en considération l'hétérogénéité non observée. Aucun effet digne d'être signalé n'a été obtenu.

Tseng (2008) a également réalisé une analyse mondiale de données de fiabilité provenant de 16 études. La présente revue et celle de Carrion et Levinson (2012) ont 9 études en commun, mais la présente analyse intègre en plus des valeurs ASH et RSH.

La moyenne calculée pour le RF est de 1.33, avec un écart-type de 0.68 sur 74 observations. Cela varie entre 1.46 dans les 59 cas où aucun terme d'horaires n'est précisé dans le modèle évalué et 0.81 dans les 15 cas où des variables d'horaires sont spécifiées. Le premier chiffre de 1.46 est plus élevé que le 1.02 du tableau 1.17, bien que le profil des résultats soit similaire.

La valeur moyenne RSH était de 1.65, avec un écart-type de 1.39 sur 67 observations, les chiffres correspondants pour ASH étant de 0.75, 0.40 et 0.69. ASH varie peu entre les trajets quotidiens et les autres voyages et entre les transports publics et privés. Pour RSH, nous observons que la valeur des trajets quotidiens est un peu plus élevée, avec 1.99 pour 44 observations, contre 1.01 pour 23 observations pour les autres voyages. Rien de surprenant ici, même si cela n'est pas manifeste dans les données européennes.

examinées ci-dessus. De façon similaire, les transports privés ont une valeur RSH moyenne de 1.83 pour 48 observations, ce qui est sensiblement plus élevé que le 1.20 sur 19 observations des transports publics.

On constate également que les chiffres varient selon que le modèle évalué contient une autre variable de fiabilité ou non. Quand seuls ASH et RSH sont spécifiés, leurs valeurs moyennes sont de 0.81 pour 54 observations ASH et de 1.77 pour 55 observations RSH. Ces chiffres descendent jusqu'à 0.53 pour 15 observations ASH et 1.13 pour 12 observations RSH lorsque d'autres termes de fiabilité sont incorporés dans le modèle. Ce profil de résultats, et en particulier les multiplicateurs pour lesquels il n'y a aucun terme d'écart-type, est tout à fait conforme aux données européennes analysées ci-dessus.

Des méta-modèles ont été estimés à partir des observations RF, ASH et RSH. Les variables explicatives étaient le type de données, le type de choix, le mode, l'objectif, la spécification de l'utilité, et la mesure du temps de voyage. Ces modèles parviennent relativement mieux que ceux de Carrion et Levinson (2012) à retrouver des effets significatifs. Les valeurs sous-entendues par le modèle présentent des variations considérables.

Quand RF ou ASH/RSH sont les seules variables spécifiées, RF est de 1.71 pour tous les déplacements et objectifs (lorsque le modèle ne précise pas de termes pour l'objectif et le mode). Cela est bien supérieur aux multiplicateurs RF implicites du tableau 1.21 basés sur la méta-analyse de Wardman (2013).

Les valeurs ASH et RSH implicites pour les trajets quotidiens en transports publics sont de 0.51 et 3.37. Elles tombent à 0.41 et 2.41 respectivement pour les autres voyages. Une fois de plus, ces chiffres ne sont pas entièrement conformes aux multiplicateurs ASH et RSH implicites dans le tableau 1.21 établis exclusivement à partir de données européennes.

Wardman et Batley (2014) ont passé en revue des observations recueillies au Royaume-Uni concernant le multiplicateur de temps de retard. Cette dernière étude recouvre en grande partie les données analysées dans Wardman (2013), mais les deux travaux ne sont pas identiques en ce qui concerne les éléments factuels pour le Royaume-Uni. Le méta-modèle estimé pour 41 multiplicateurs de temps de retard suggérait des valeurs de 3.42 pour les déplacements interurbains hors trajets quotidiens, de 3.92 pour les trajets quotidiens suburbains et de 2.26 pour les voyages suburbains hors trajets quotidiens.

Pour terminer, nous nous intéressons à une étude récente réalisée aux Pays-Bas, qui accorde une place importante à l'évaluation de la fiabilité. Le tableau 66 de ce rapport (Significance *et al.*, 2012) donne une comparaison intéressante entre les estimations RF et les autres données empiriques. Ces dernières étant pour la plupart examinées ailleurs dans le présent document, nous nous contenterons ici de consigner les nouvelles observations de ce rapport, ainsi que les données de l'atelier d'expertise de 2004 relatives par Significance *et al.* Les résultats figurent dans le tableau 1.22.

Les multiplicateurs d'avis d'experts sont probablement lourdement influencés par les observations recueillies au Royaume-Uni, et nous avons constaté dans le tableau 1.18 ci-dessus que les données RF pour le Royaume-Uni étaient quelque peu en décalage par rapport aux autres résultats. Si nous considérons les multiplicateurs implicites du tableau 1.21 pour les déplacements plus courts comme plus appropriés à des fins de comparaison, alors ces nouvelles valeurs néerlandaises, tout du moins pour les trajets quotidiens et pour la ligne « Autre », semblent conformes aux résultats de la méta-analyse européenne.

Tableau 1.22 **Nouvelles données de ratio de fiabilité des Pays-Bas**

	Train	Bus/ Tramway	Voiture
Nouvelle étude			
Trajets quotidiens	0.4	0.4	0.4
Affaires	1.1	1.1	1.1
Autre	0.6	0.6	0.6
Avis d'experts	1.4	1.4	0.8

Conclusions sur les données de fiabilité

Trois mesures de fiabilité ont été utilisées dans l'évaluation. La plus simple à appliquer est le multiplicateur pour le retard moyen sur l'horaire. Cette mesure est très couramment utilisée au Royaume-Uni. Elle est à la base du mécanisme de régulation et constitue un élément moteur pour fixer les amendes à l'encontre des opérateurs et des fournisseurs d'infrastructures ainsi que les paiements d'indemnités. Le problème ici toutefois est que cette mesure ne tient pas compte des différentes répartitions du retard ou du fait que les trains régulièrement en retard peuvent être anticipés dans une certaine mesure, ce qui réduit les conséquences.

L'écart-type des temps de voyage et l'écart-type du retard sur l'horaire peuvent être mesurés objectivement et pourraient donc aussi être facilement incorporés au processus de décision en matière de stratégie et de planification. En réalité, les multiplicateurs de temps de retard et le RF sont tous deux à la base des évaluations officielles.

Toutefois, les approches qui s'appuient sur l'ASH et le RSH sont moins facilement mises en œuvre étant donné qu'elles nécessitent des informations sur les horaires d'arrivée préférés qui ne peuvent pas être aisément mesurés, et requièrent au lieu de cela des données empiriques reposant sur des enquêtes.

Bien qu'assez abondantes, les données de fiabilité semblent plus hétérogènes que pour les autres attributs. Nous imputons cela au fait qu'il est foncièrement plus difficile d'estimer les valeurs des termes de fiabilité. Il est possible que cela soit aussi dû au caractère controversé de la question, qui peut susciter des réponses de protestation dans les observations recueillies à partir d'enquêtes. Nous constatons que les données empiriques concernant la fiabilité sont presque toutes tirées d'études PD.

Il apparaît néanmoins clairement que les arrivées en retard sont importantes et qu'elles constituent très probablement les plus grands multiplicateurs de tous les termes de commodité. Litman (2014) estime que « chaque minute de retard au-delà de l'horaire annoncé devrait être évaluée à 3-5 fois le temps passé dans le véhicule normal ». C'est peut-être aller trop loin, mais il semble quand même que les multiplicateurs de temps de retard, même s'ils contiennent un élément de protestation, dépassent les multiplicateurs de temps de marche et d'attente (qui s'élèvent à 2) ainsi que les multiplicateurs d'affluence analysés dans la section suivante. Il faut également signaler que le retard moyen devrait en principe être inférieur à la valeur RSH car le RSH est toujours du retard tandis que, sous l'effet des contraintes liées à l'établissement des horaires, le retard sur l'horaire peut dans les faits rapprocher certains voyageurs de leur heure d'arrivée souhaitée !

Il est encourageant d'avoir observé un degré de cohérence élevé dans le RF estimé moyen et celui sous-entendu par les valeurs RSH et ASH. Même si les observations recueillies sur le RF sont assez variables d'une étude à l'autre, le RF semble quand même être inférieur à la valeur que lui attribuent les « avis d'experts ».

Pour terminer, soulignons que la plupart des travaux empiriques portent sur les arrivées en retard à la destination. Les valeurs officielles de l’Australie et de la Nouvelle-Zélande font la distinction entre le retard à la destination et le retard au point d’accès du transport public, mais cet aspect est négligé.

Affluence⁸

L’affluence est une caractéristique des trajets quotidiens en transports publics, en train comme en bus, dans le monde entier. Dans certains cas, en particulier dans les grandes métropoles ainsi que dans les centres régionaux, il est courant de voyager debout dans le bus, mais également dans le train et le métro. Si l’on peut facilement comprendre le désagrément lié au fait de voyager debout, qui devrait en principe accroître sensiblement la valeur du temps de voyage, il faut bien voir que l’affluence aura une incidence également sur les personnes voyageant assis en ce sens qu’elles ressentiront une gêne et un désagrément plus importants, ce qui se traduira par des valeurs de temps plus élevées.

Selon un usage établi de longue date, la mesure utilisée pour rendre compte de l’affluence est le coefficient de remplissage. Cela fonctionne bien pour le désagrément subi par les passagers assis à mesure que le remplissage augmente. Cependant, un moyen mieux adapté pour représenter les conditions d’affluence pour les personnes obligées de voyager debout est de compter en termes de passagers par mètre carré. Un train peut avoir un fort coefficient de remplissage, mais s’il y a peu de sièges et beaucoup d’espace pour rester debout, les conditions d’affluence ne seront pas si mauvaises que ne le laisse sous-entendre le coefficient de remplissage élevé.

La convention commune dans ce domaine est que même si les pénalités sur les passagers assis peuvent entrer en vigueur avant qu’un train ne soit plein, et un chiffre de 70 % semble correspondre au seuil où le désagrément commence à se faire sentir, les pénalités liées au fait d’être debout ne sont pas applicables tant que le taux de remplissage n’a pas atteint 100 % puisque si une personne choisit de rester debout alors qu’il y a des sièges libres, cela signifie qu’elle ne dédaigne pas particulièrement être debout.

Synthèse des multiplicateurs d’affluence officiels

Il existe de petits multiplicateurs pour le temps assis lorsque le coefficient de remplissage se situe entre environ 70 % et 100 %. Il semble toutefois y avoir deux visions du monde concernant le fait de voyager assis. Dans certains pays, même dans des conditions de très forte affluence, le multiplicateur d’affluence pour le temps de voyage assis est inférieur à 1.5. Au Royaume-Uni, il peut dépasser 2. Concernant les multiplicateurs pour le temps de voyage debout, la fourchette est large, d’environ 1.4 à plus de 2.5 dans des véhicules bondés. Comme pour la fiabilité, il s’agit d’un domaine où il existe un large éventail de multiplicateurs.

Analyse des observations empiriques pour les multiplicateurs d’affluence

Wardman et Whelan (2011) présentent l’analyse la plus complète des multiplicateurs d’affluence, même si les auteurs s’appuient exclusivement sur des données britanniques. Ils ont utilisé 17 études du Royaume-Uni étalées sur 20 ans et produisant 208 évaluations. À partir du modèle de méta-analyse évalué, on a remarqué que les multiplicateurs d’affluence variaient en fonction du coefficient de remplissage et de l’objectif du déplacement. Les multiplicateurs implicites sont indiqués dans le tableau 1.23 et sont parfois très élevés. On peut penser que les multiplicateurs sont plus petits pour les migrants journaliers, car ces derniers sont plus résignés à l’affluence !

Tableau 1.23 **Multiplicateurs d'affluence implicites**
(Wardman et Whelan, 2011)

Multiplicateurs (voyage assis)			Multiplicateurs (voyage debout)		
CR	Trajets quotidiens	Loisirs	CR	Trajets quotidiens	Loisirs
50 %	0.86	1.04			
75 %	0.95	1.14			
100 %	1.05	1.26	100 %	1.62	1.94
125 %	1.16	1.39	125 %	1.79	2.15
150 %	1.27	1.53	150 %	1.99	2.39
175 %	1.40	1.69	175 %	2.20	2.64
200 %	1.55	1.86	200 %	2.44	2.93

L'industrie ferroviaire britannique utilise désormais le moyen le mieux adapté pour représenter les conditions d'affluence en termes de passagers par mètre carré. Les valeurs PDFH (ATOC, 2013) pour le voyage debout reposent en grande partie sur les travaux de MVA (2008) et de Whelan et Crockett (2009), qui ont réalisé une enquête PD innovante incluant notamment des compromis entre temps et affluence, dans laquelle les niveaux d'affluence sont clairement exprimés sous forme graphique et d'explications écrites. Ils recommandent les pénalités d'affluence présentées dans le tableau 1.24. Les valeurs ne varient pas en fonction des objectifs. Par contre, elles diffèrent selon le type de circulation. On affirme souvent que les usagers à Londres et dans le sud-est sont plus habitués à l'affluence et que par conséquent, leurs valeurs sont plus basses, tandis que pour les voyages interurbains souvent nettement plus longs, l'affluence sera moins bien tolérée. On peut voir que des multiplicateurs élevés sont utilisés même pour les voyages assis quand les niveaux d'affluence sont élevés.

Tableau 1.24 **Multiplicateurs d'affluence estimés**

Passagers/m ²	Londres et SE		Régional		Interurbain	
	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout
0.0	1.00	1.43	1.00	1.34	1.00	1.77
0.5	1.05	1.50	1.12	1.48	1.06	1.79
1.0	1.09	1.56	1.24	1.61	1.11	1.81
1.5	1.14	1.63	1.36	1.75	1.17	1.83
2.0	1.18	1.69	1.48	1.88	1.23	1.85
2.5	1.23	1.76	1.60	2.02	1.29	1.87
3.0	1.27	1.82	1.72	2.16	1.34	1.89
3.5	1.32	1.89	1.84	2.30	1.40	1.91
4.0	1.36	1.95	1.96	2.43	1.46	1.92
4.5	1.41	2.02	2.08	2.57	1.52	1.94
5.0	1.45	2.08	2.20	2.70	1.57	1.96
6.0	1.54	2.21	2.44	2.97	1.69	2.00

Wallis *et al.* (2013) n'ont trouvé qu'une quantité limitée de données empiriques pour l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Ils relèvent 2 observations en Australie pour les voyages assis dans des conditions d'affluence, avec un multiplicateur moyen de 1.23. Le multiplicateur s'élève à 1.62 pour 6 observations australiennes pour les voyages debout dans des conditions d'affluence, le chiffre correspondant étant de 1.49 sur 4 observations néo-zélandaises, avec un multiplicateur moyen de 2.0 pour 3 observations portant sur les voyages debout dans des véhicules bondés.

Haywood et Koning (2013) mentionnent un travail d'évaluation contingent discuté lors de la réunion de la Table ronde, dans lequel les voyageurs dans le métro parisien pouvaient sacrifier du temps de voyage en échange d'une diminution de l'affluence. Sept niveaux d'affluence étaient proposés. Les multiplicateurs pour les différents niveaux d'affluence sont présentés dans le tableau 1.25.

Tableau 1.25 **Multiplicateurs de temps dans le métro parisien**

Passagers/m ²	Multiplicateur	Multiplicateur (heures de pointe le matin)	Multiplicateur (heures de pointe le soir)
0	1.00 (0.91-1.08)	1.02 (0.93-1.12)	0.93 (0.78-1.08)
1	1.00	1.00	1.00
2	1.05 (0.97-1.13)	1.06 (0.96-1.15)	1.06 (0.91-1.21)
2.5	1.18 (1.07-1.28)	1.19 (1.07-1.31)	1.18 (0.99-1.36)
3	1.26 (1.13-1.39)	1.24 (1.10-1.38)	1.29 (1.05-1.53)
4	1.40 (1.25-1.56)	1.52 (1.33-1.71)	1.31 (1.06-1.56)
6	1.57 (1.35-1.80)	1.46 (1.20-1.73)	1.67 (1.27-2.06)

Remarque : des intervalles de confiance de 95 % sont donnés entre parenthèses. Les chiffres pour 2-6 passagers/m² portent sur les voyages debout et ceux pour 0-1 passager/m² sur les voyages assis.

Des différences – généralement légères – existent entre le multiplicateur de temps pour les heures de pointe du matin et celui des heures de pointe du soir. Ces chiffres sont inférieurs, dans une certaine mesure, à ceux rencontrés jusqu'ici.

Pour la présente Table ronde, Kroes *et al.* (2013) ont préparé un document de référence qui analyse les conclusions d'une étude approfondie sur l'affluence dans les trains, les métros, les tramways et les bus parisiens. Deux enquêtes PD ont été utilisées. La première est axée sur l'idée de choisir entre prendre le premier train qui arrive, sachant qu'il est bondé, et attendre un train moins chargé. La deuxième offre un compromis entre deux options proposant différents temps de voyage et niveaux d'affluence. En outre, des méthodes PD ont été expérimentées.

Bien que le meilleur modèle fût celui qui spécifiait un effet déterminé par voyage plutôt qu'un multiplicateur de temps, pour des raisons pratiques, un modèle avec des multiplicateurs d'affluence a été élaboré. Les multiplicateurs pour chaque mode sont donnés dans le tableau 1.26.

Les multiplicateurs pour les voyages assis, qui ici concernent majoritairement les migrants journaliers, sont relativement semblables à ceux du tableau 1.23. Les multiplicateurs des voyages debout sont toutefois un peu inférieurs et conformes dans l'ensemble aux autres valeurs parisiennes du tableau 1.25.

Tableau 1.26 Pénalités d'affluence à Paris (Kroes *et al.*, 2013)

Remplissage	TOUS		MÉTRO		TRAIN+RER		BUS+TRAM	
	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout
25 %	1.000		1.000		1.000		1.000	
50 %	1.000		1.000		1.000		1.000	
75 %	1.000		1.000		1.000		1.000	
100 %	1.083		1.077		1.073		1.102	
125 %	1.165	1.289	1.155	1.270	1.145	1.261	1.204	1.342
150 %	1.248	1.394	1.232	1.362	1.218	1.358	1.307	1.467
200 %	1.330	1.499	1.309	1.453	1.290	1.456	1.409	1.593
250 %	1.413	1.604	1.386	1.545	1.363	1.553	1.511	1.718

Li et Hensher (2011) ont réalisé une analyse des données disponibles concernant la disposition à payer en fonction de l'affluence, mais leur étude n'apporte aucun élément supplémentaire par rapport à ce que nous avons déjà abordé ici.

Pour terminer, intéressons-nous aux observations recueillies dans un pays réputé pour son degré parfois très élevé d'affluence dans les trains. Des évaluations provenant du Manuel japonais d'analyse coûts-avantages (ACA) pour les chemins de fer, étudié dans le document de référence de Kato (2014), et un modèle PR de choix d'itinéraire ferroviaire pour les trajets quotidiens (Morichi *et al.* 2001) sont présentés dans le tableau 1.27. Les valeurs de ces deux sources japonaises sont non seulement très similaires, mais aussi globalement conformes, aux données disponibles pour Paris.

Tableau 1.27 Multiplicateurs d'affluence japonais

Coefficient de remplissage	Multiplicateur	
	Manuel ACA	Morichi <i>et al.</i> (2001)
110 %	1.04	1.11
140 %	1.06	1.13
170 %	1.10	1.27
200 %	1.16	1.37
230 %	1.37	1.49
260 %	1.62	1.62

Remarque : les coefficients de remplissage sont définis par rapport au nombre de places assises et à l'espace pour voyager debout. Ils seront donc inférieurs à la définition habituelle, qui ne prend en compte que le nombre de places assises.

Conclusions sur les multiplicateurs d'affluence

Les observations empiriques sur les valeurs d'affluence conformes aux valeurs officielles sont bimodales. Certaines observations font ressortir des multiplicateurs d'affluence qui laissent entendre que le fait d'être debout équivaut au temps de retard en termes de désagrément, alors que d'autres données mettent en évidence des multiplicateurs plus petits, sensiblement inférieurs à la valeur de 2 couramment attribuée au temps de marche et d'attente. D'un point de vue théorique, on pourrait prétendre que les multiplicateurs d'affluence devraient être élevés, au motif que l'affluence peut raisonnablement être considérée comme pire que la marche et l'attente, mais nous pourrions également faire remarquer que les voyageurs restent parfois debout même quand des sièges sont disponibles. Ce qui est certain cependant, c'est que les multiplicateurs d'affluence augmentent sans équivoque avec le degré d'affluence !

Litman (2014) arrive à la conclusion que la valeur du temps de voyage en transports publics double pour les voyages debout et double à nouveau pour les trajets debout dans un bus ou un train bondé. Selon nous, cette conclusion n'est pas étayée par les faits observés.

Kroes *et al.* (2013) concluent dans leur étude sur les pénalités d'affluence à Paris :

« Il apparaît qu'il faudra d'autres études sur la valeur d'affluence, menées dans des contextes similaires et différents, avant de pouvoir tirer des conclusions plus définitives et plus générales concernant la valeur d'affluence dans les transports publics ».

On peut difficilement affirmer le contraire. Des études PR bien ciblées et à grande échelle ainsi que des observations des comportements réels seraient peut-être à même d'apporter un éclairage supplémentaire sur la question. À cet égard, nous constatons que les pénalités d'affluence qui s'appuient sur des enquêtes PR au Japon sont relativement petites.

La commodité d'information

La présence (l'absence) d'informations augmente (réduit) la commodité des transports publics à plusieurs niveaux. Les voyageurs n'aiment pas les incertitudes au sujet de la façon dont ils utilisent et paient les transports publics, ou de l'attitude à adopter quand il existe des possibilités alternatives ou lorsque les choses ne fonctionnent pas comme prévu. Ils n'apprécient pas non plus de ne pas connaître les causes des perturbations de service. L'information peut réduire le stress lié à l'attente ou à la correspondance et permettre aux usagers d'utiliser leur temps à meilleur escient. Il pourrait y avoir une valeur pour l'existence d'informations, même si elles ne sont pas utilisées, à partir du moment où elles apportent un réconfort si besoin est. Dans l'absolu, le manque d'informations sur un produit de transports publics signifie inévitablement qu'il ne sera pas acheté⁹.

Les passagers qui ne sont pas habitués aux transports publics, ou tout du moins ceux qui ne connaissent pas un trajet donné qu'ils doivent faire, bénéficieront en principe plus de la présence d'informations fiables et adaptées, au même titre que les voyageurs effectuant des déplacements intermodaux complexes. En outre, à l'âge numérique dans lequel nous vivons, on s'attend de plus en plus à ce que les informations soient non seulement de très haute qualité, mais également faciles d'accès. Ces dernières années, des investissements considérables ont été réalisés afin d'améliorer les informations disponibles pour les usagers des transports publics (Litman, 2014). Cela est dû en grande partie aux progrès technologiques.

Il existe différentes façons pour les usagers des transports publics d'obtenir des informations. Celles-ci doivent parfois être recherchées de façon active avant d'effectuer un voyage ou durant celui-ci. C'est le cas des informations accessibles par Internet et téléphone portable, dans les centres d'information des voyageurs, par service d'assistance téléphonique, courrier électronique ou SMS d'alerte. D'autres informations sont systématiquement présentes au cours d'un voyage, via l'affichage en temps réel, la signalisation, les points d'information, le personnel, les affiches, les annonces, les tableaux d'affichage des départs et les prospectus imprimés. Les informations peuvent porter sur une multitude d'aspects différents d'un voyage, tels que la manière d'accéder et de sortir d'un transport public et la navigation dans le système, les horaires détaillés, les prix et les modes de paiement, les services disponibles durant le trajet et l'attitude à adopter en cas de problème.

Il peut très bien y avoir des interactions entre les évaluations des différentes sources d'information. Par exemple, la présence d'informations mobiles peut très bien réduire la valeur des informations disponibles dans les gares par le biais du personnel, de la signalisation et de l'affichage. Pareillement, les informations à bord des véhicules peuvent diminuer la valeur des informations fournies dans les gares et aux arrêts.

Synthèse des valeurs d'information officielles

Le tableau 1.1 contient les données de multiplicateurs officielles que nous avons identifiées pour les aspects de la commodité relatifs au temps. Nous n'avons pas connaissance d'orientations officielles dans le contexte de la commodité d'information. Cela est dû en partie à la nature diversifiée de l'information, mais également au fait que celle-ci n'est pas une caractéristique marquante de l'évaluation des systèmes. Cependant, ce qui selon nous constitue l'ensemble le plus complet de valeurs d'information utilisées dans l'évaluation des systèmes de transport, telles que recommandées par Transport for London, est examiné ci-dessous.

Analyse des observations empiriques pour l'évaluation de l'information

De nombreuses études PD ont traité de certains aspects de la fourniture d'informations. Dans le présent document, nous avons inévitablement beaucoup utilisé les éléments de synthèse existants, mais nous n'avons pas connaissance d'un examen complet de l'évaluation de la fourniture d'informations. Dans une certaine mesure, cela s'explique par la nature plus diversifiée des améliorations faisant l'objet des évaluations. Cela dit, un autre facteur explicatif est le fait que certaines évolutions dans la fourniture d'informations sont assez récentes et constitueront une proportion plus modeste du coût généralisé que d'autres aspects de la commodité. Litman (2014) examine un certain nombre d'exemples tirés du monde réel concernant les améliorations dans la fourniture d'informations et les réactions favorables qu'elles suscitent chez les voyageurs.

Il existe peu de données empiriques sur les évaluations de certains aspects de l'information, tels que les modes de paiement disponibles ou ce que l'on peut faire quand les voyages sont perturbés. Les observations recueillies portent en général sur l'évaluation des informations d'arrivée en temps réel et de celles liées aux horaires.

L'information diffère des autres attributs que nous avons abordés ici. Son incidence sur la commodité d'usage des transports publics ne fait aucun doute. Cependant, en tant que multiplicateur, elle n'agit pas toujours sur la valeur du temps de la même façon qu'une pénalité de correspondance. Dans de nombreux cas, l'information est plus un avantage fixe, bien qu'elle ne soit pas nécessairement indépendante de la longueur du voyage, comme on pourrait s'y attendre pour les informations concernant les heures de départ, les itinéraires et les tarifs. Cela dit, l'information peut interagir avec d'autres évaluations à la manière d'un multiplicateur, par exemple quand les informations d'arrivée ou de performance réduisent le stress du temps d'attente et les inquiétudes liées au temps de voyage.

Il est particulièrement important ici de souligner la présence possible d'un effet de « bloc ». Il n'est pas rare que l'information soit comptabilisée en même temps qu'un large éventail d'autres « facteurs immatériels » et que la somme des évaluations des attributs pris isolément dépasse l'évaluation de tous les attributs considérés en bloc (Jones, 1997). Cela peut être dû à : des interactions, comme mentionné ci-dessus ; des effets de halo, en vertu desquels des améliorations dans un attribut sont interprétées comme des améliorations dans un autre ; des effets budgétaires, les voyageurs étant prêts à payer pour des améliorations de certains attributs, mais pas tous dans les mêmes proportions ; ou simplement un artefact lié à la nature artificielle des études PD, dans ce qui constitue un contexte d'évaluation délicat pouvant notamment susciter des réponses stratégiques.

En l'absence d'éléments de synthèse, et puisque les valeurs ont souvent été obtenues en unités monétaires qui sont moins transposables que les multiplicateurs de temps examinés précédemment, nous analysons maintenant un échantillon représentatif tiré de la multitude de données empiriques disponibles, avant de nous pencher sur le vaste ensemble de recommandations de Transport for London, qui semble être le plus complet de toutes les autorités de transport du monde.

Hensher et Prioni (2002) ont élaboré un indice de qualité de service destiné à être utilisé dans l'évaluation de la performance globale des opérateurs de bus. Dans l'étude PD menée pour créer les paramètres de l'indice, 13 variables ont été simultanément prises en compte dans chacune des trois options de bus proposées. Les attributs allaient du temps et du coût à la sûreté à bord des véhicules et à l'amabilité des chauffeurs. L'un des attributs portait sur l'information : à l'arrêt de bus, y avait-il des horaires ou bien des horaires et une carte ? Les résultats obtenus ont été contraires à l'intuition, les horaires seuls étant évalués à 9.25 minutes et les horaires avec carte à 6.15 minutes par rapport à aucune information. Cela est peut-être dû à ce qui apparaît comme une enquête PD très complexe, mais il n'en reste pas moins que même la plus basse de ces deux évaluations semble invraisemblablement élevée.

Laird et Whelan (2007) rapportent des évaluations de l'information pour des voyages en bus après qu'un effet de bloc a été estimé. L'évaluation implicite des informations d'heure d'arrivée des bus en temps réel est de 3.97 minutes par déplacement pour les voyageurs loisirs et de 1.97 minute pour les migrants journaliers. Ces valeurs semblent elles aussi un peu élevées.

Les recommandations du *Passenger Demand Forecasting Handbook* (PDFH, manuel de prévision de la demande des passagers) de l'industrie ferroviaire du Royaume-Uni font la part entre les services (information incluse) à bord des trains et dans les gares. Malheureusement, les recommandations pour les services dans les gares sont sous la forme d'améliorations liées à la demande. La situation n'est guère meilleure pour les informations à bord des trains. Bien qu'exprimées comme multiplicateurs de valeur de temps, elles ne prennent en compte que l'audibilité des annonces et les affichages électroniques. De plus, un certain nombre d'hypothèses sont avancées pour essayer de convertir des valeurs monétaires en unités de temps, sachant en particulier que la valeur du temps dépend de la distance.

Partant de la nature qualitative de nombreux attributs de qualité des bus, Douglas Economics (2014) a mené en Nouvelle-Zélande une enquête PD qui proposait des compromis entre deux options de bus décrites en termes de temps, de coût, d'intervalle de service, de qualité des autobus et de qualité des arrêts de bus. Ces deux derniers attributs étaient caractérisés par un système à cinq étoiles (similaire à celui utilisé pour noter les films et les restaurants) incluant des descriptions verbales de la qualité. Les notes des personnes interrogées concernant la qualité de leur autobus et de leur arrêt de bus actuels ont été régressées par rapport à plusieurs facteurs pertinents afin de déterminer ce qui les influençait. Ainsi, les évaluations des notes dans le modèle PD ont pu être décomposées en divers facteurs d'influence. Le fait pour un arrêt de bus d'avoir ou non un abri, de quoi s'asseoir, des informations en temps réel et un horaire avait une incidence sur la notation. On a ainsi constaté que les avantages liés à la fourniture d'informations en temps réel et d'un horaire valaient 1.7 minute ou 6 % du tarif. Ces chiffres grimpent à 4.3 minutes ou 16 % du tarif lorsque l'abri dispose d'un abri et de quoi s'asseoir.

Ce travail s'appuie sur une étude antérieure en Australie (Douglas Economics, 2006), qui comportait neuf échelles à points pour 46 attributs de service ferroviaire. Celles-ci ont ensuite été converties en une échelle de pourcentage et les notes ont été mises en relation avec la notation de la variation de temps, ce qui a permis d'obtenir des valeurs en unités de temps. Le tableau 1.28 rapporte des évaluations de temps pour un ensemble d'améliorations au niveau des trains. L'information n'est pas le facteur prépondérant, mais pas le moins important non plus.

Tableau 1.28. Valeur des améliorations au niveau des trains de 60 % à 70 %
(minutes par voyage)

Amélioration	Valeur
Apparence extérieure des trains	0.15
Facilité d'embarquement à bord des trains	0.22
Confort des sièges	0.07
Qualité du voyage	0.10
Calme	0.22
Chauffage et air conditionné	0.15
Éclairage	0.13
Propreté	0.26
Graffitis	0.08
Annonces à bord des trains	0.16
Agencement et conception	0.38

Source: Transport for London (2013)

Les évaluations des améliorations dans les gares rapportées dans le tableau 1.29 sont bien inférieures à celles des améliorations au niveau des trains, ce qui n'est pas étonnant étant donné que les voyageurs ferroviaires passent généralement beaucoup plus de temps dans le train que dans la gare. Si l'on rassemble les trois variables d'information, on constate que l'information occupe le deuxième rang, en termes d'importance, derrière la billetterie.

Tableau 1.29. Valeur des améliorations dans les gares de 50 % à 70 %
(minutes par voyage)

Amélioration	Valeur	Amélioration	Valeur
Facilité d'accès aux/de sortie des trains	0.08	Graffitis	0.05
Protection des quais contre les intempéries	0.004	Toilettes	0.01
Sièges sur les quais	0.04	Sûreté	0.06
Surface des quais	0.07	Personnel	0.09
Métro/Sauts-de-mouton	0.01	Parking	0.01
Gare (bâtiment)	0.10	Dépose-minute	0.01
Ascenseurs/Escalators	0.03	Taxi	0.01
Signalisation	0.05	Bus	0.02
Annonces dans les gares	0.05	Vélo	0.02
Information	0.03	Téléphone	0.01
Éclairage dans les gares	0.03	Vente au détail	0.05
Nettoyage	0.13	Billets	0.16

Source: Transport for London (2013)

Cette approche fondée sur la notation présente un intérêt car autrement, des attributs catégoriels et hétérogènes difficilement mesurables ou définissables ne pourraient pas être évalués dans le cadre d'une enquête PD. Pour une application dans le monde réel, il est nécessaire d'obtenir des notes de la situation avant et après une amélioration planifiée donnée.

Le *Business Case Development Manual* (Transport for London, 2013) de Transport for London nous semble constituer l'ensemble le plus complet d'évaluations recommandées pour la fourniture d'informations et en fait pour un large éventail d'autres « facteurs immatériels ». Ce document « fait la synthèse des valeurs que les passagers attribuent à une liste détaillée d'attributs de service essentiels ». Les évaluations d'information sont recommandées pour le métro, le bus et le train ainsi que pour l'information fournie à bord des véhicules ainsi que dans les gares et aux arrêts. Dans certains cas, les évaluations s'appuient sur la notation d'attributs d'information tandis que dans d'autres, des niveaux d'information catégoriels sont spécifiés.

Nous présentons ci-dessous la multitude d'informations se rapportant aux évaluations recommandées, en partie pour montrer que des évaluations peuvent être données pour une gamme étendue d'attributs d'information et même pour d'autres facteurs immatériels liés au confort.

Les évaluations recommandées dans le *Business Case Development Manual* sont en unités monétaires. Pour les convertir en unités de temps, les valeurs de temps recommandées sont de 14.7 pence par minute pour le métro, 15.8 pence par minute pour le train et 12.8 pence par minute pour le bus.

Les valeurs concernant la salle des billets ne sont pas dépendantes du temps et celles pour « à bord du train » sont basées sur un voyage-type de 15 minutes, tandis que le temps d'attente moyen sur le quai est de 3.5 minutes, avec en moyenne une minute de temps de montée à bord. Ces évaluations dépendantes du temps devraient être corrigées lorsque les durées moyennes de ces variables sont différentes.

Certaines évaluations sont liées aux scores obtenus lors d'enquêtes de type client-mystère (*Mystery Shopper Surveys*, ou MSS) ou portant sur le personnel et l'information (*Staff and Information Surveys*, ou SIS). Les résultats sont consignés dans le tableau 1.30 pour ce qui a trait aux informations fournies aux usagers du métro dans les salles des billets des gares, les accès aux gares, sur les quais de gare et à bord des trains.

Ainsi, une amélioration de l'affichage électronique dans les wagons ayant entraîné une augmentation des notes de 20 % à 50 % vaudrait 1.641 penny. Les évaluations portant sur les services à bord des trains sont souvent nettement plus élevées, ce qui est prévisible étant donné la quantité relative de temps passé dans le train. Il apparaît clairement que les informations concernant le prochain train, et plus particulièrement les perturbations de service, sont très fortement évaluées.

Le tableau 1.31 présente les valeurs recommandées pour les usagers du métro pour la fourniture d'informations représentées sous forme catégorielle. Là encore, les avantages de fournir des informations sur les perturbations de service et les prochains trains sont les plus élevés. Les définitions de chaque niveau pour chaque type d'informations sont données dans la section E4.3 du *Business Case Development Manual*.

Tableau 1.30. **Avantages de la fourniture d'informations pour le métro en utilisant les scores MSS/SIS**
(prix en pence par passager – septembre 2013)

	Score	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
Salle des billets dans les gares												
Clarté des annonces diffusées par haut-parleur	SIS	0.351	0.340	0.308	0.263	0.213	0.171	0.131	0.094	0.059	0.027	0
Utilité des messages diffusés par haut-parleur	SIS	0.325	0.278	0.235	0.196	0.160	0.127	0.096	0.069	0.044	0.021	0
Signalisation directionnelle	MSS	0.433	0.395	0.363	0.334	0.298	0.244	0.191	0.140	0.091	0.046	0
Horloges	MSS	0.241	0.234	0.215	0.189	0.160	0.130	0.100	0.072	0.045	0.021	0
Informations sur les perturbations du système	MSS	3.610	3.551	3.311	2.934	2.465	1.953	1.447	0.962	0.547	0.229	0
Informations sur les prochains trains	MSS	3.097	2.734	2.368	2.010	1.665	1.337	0.933	0.605	0.349	0.152	0
Plaquettes d'information LUL	MSS	0.380	0.372	0.344	0.305	0.260	0.211	0.163	0.117	0.074	0.035	0
Accès à la gare												
Clarté des annonces diffusées par haut-parleur	SIS	0.384	0.372	0.338	0.288	0.233	0.187	0.143	0.102	0.064	0.030	0
Utilité des messages diffusés par haut-parleur	SIS	0.356	0.305	0.258	0.214	0.175	0.139	0.105	0.075	0.048	0.023	0
Signalisation directionnelle	MSS	0.474	0.433	0.398	0.365	0.326	0.268	0.209	0.153	0.100	0.051	0
Quai de gare												
Clarté des annonces diffusées par haut-parleur	SIS	0.482	0.467	0.424	0.362	0.292	0.235	0.180	0.129	0.081	0.037	0
Utilité des messages diffusés par haut-parleur	SIS	0.446	0.382	0.323	0.269	0.219	0.174	0.132	0.095	0.060	0.029	0
Signalisation directionnelle	MSS	0.595	0.543	0.499	0.459	0.410	0.336	0.262	0.192	0.125	0.064	0
Horloges	MSS	0.266	0.261	0.242	0.215	0.183	0.150	0.116	0.084	0.053	0.025	0
Informations sur les prochains trains	MSS	1.372	1.314	1.238	1.144	1.022	0.880	0.726	0.558	0.377	0.190	0
Informations sur les perturbations du système	MSS	2.954	2.545	2.135	1.752	1.405	1.027	0.718	0.474	0.279	0.124	0
Train												
Clarté des annonces du conducteur diffusées par haut-parleur	SIS	3.478	3.396	3.274	3.120	2.938	2.731	2.503	2.173	1.491	0.765	0
Utilité des messages diffusés par haut-parleur à bord du train	SIS	3.261	3.090	2.787	2.367	1.521	0.821	0.402	0.213	0.115	0.051	0
Informations de correspondance et concernant le prochain arrêt diffusées par haut-parleur à bord du train	SIS	3.261	3.090	2.787	2.367	1.521	0.821	0.402	0.213	0.115	0.051	0
Affichage électronique dans les wagons	MSS	5.175	5.050	4.809	4.398	3.830	3.168	2.538	1.974	1.376	0.697	0
Moment de la première annonce par haut-parleur quand un retard se produit	MSS	3.158	2.978	2.740	2.477	2.185	1.761	1.373	1.003	0.656	0.317	0
Fréquence des annonces par haut-parleur quand un retard se produit	MSS	2.721	2.449	2.177	1.905	1.633	1.361	1.088	0.816	0.544	0.272	0

Source: Transport for London (2013)

Tableau 1.31. **Avantages pour le métro**
(prix en pence par passager – septembre 2013)

	1	2	3	4
Salle des billets dans les gares				
Audibilité du système de sonorisation	0.351	0.035	0.000	0
Visibilité de la signalisation	0.326	0.160	0.000	0
Informations disponibles dans les points d'assistance	0.461	0.000	0.000	0
Avis de perturbation de service dans la salle des billets	5.781	1.823	0.527	0
Informations sur les fermetures de gares et de lignes prévues	6.193	2.451	0.321	0
Bouton d'information dans les points d'assistance – rapidité de réaction	0.361	0.000	0.000	0
Accès à la gare				
Audibilité du système de sonorisation	0.384	0.038	0.000	0
Informations disponibles dans les points d'assistance	0.634	0.133	0.008	0
Visibilité de la signalisation	0.440	0.305	0.000	0
Bouton d'information dans les points d'assistance	0.361	0.000	0.000	0
Quai de gare				
Audibilité du système de sonorisation	0.446	0.104	0.000	0
Informations disponibles dans les points d'assistance	0.959	0.335	0.020	0
Informations sur l'extérieur du train	0.613	0.000	0.000	0
Informations concernant le prochain train sur les panneaux d'affichage des quais	5.948	0.456	0.000	0
Informations concernant les perturbations sur les panneaux d'affichage des quais	0.482	0.000	0.000	0
Visibilité de la signalisation	0.552	0.382	0.000	0
Bouton d'information dans les points d'assistance	0.361	0.000	0.000	0
Train				
Annonces de perturbation sur les lignes de correspondance	8.561	5.328	1.976	0

Les valeurs recommandées pour les améliorations des informations pour les trains, contrairement au métro, sont reproduites dans le tableau 1.32. Ces valeurs concernent essentiellement les informations sur le prochain train et sur les perturbations de service et comme pour les autres modes, les évaluations sont assez fortes.

Tableau 1.32. **Améliorations ferroviaires**
(prix en pence par voyage – septembre 2013)

Salle des billets		
Informations sur les perturbations de service	Aucune information dans la salle des billets à propos des perturbations de service	0
	Avis manuscrits dans la salle des billets indiquant les perturbations de service	14.31
	Affichage électronique dans la salle des billets indiquant les perturbations de service	17.31
Services sur le quai		
Informations sur le prochain train	Aucune information concernant le prochain train sur le quai	0
	Informations électroniques concernant l'heure d'arrivée du prochain train, sa destination et toutes les gares dans lesquelles il s'arrêtera	14.83
Informations à bord du train		
Affichage électronique	Aucun affichage électronique dans les wagons	0
	Affichage sur écran plat indiquant les informations sur le prochain arrêt, la destination finale et les perturbations de service pertinentes	11.71
Annonces par haut-parleur	Annonces publiques impossibles à entendre, assourdies ou résonnantes	0
	Messages des annonces publiques audibles	11.32

Source: Transport for London (2013)

Concernant les usagers des bus, le tableau 1.33 montre la gamme étendue de recommandations pour améliorer l'information fournie aux arrêts de bus, dans les gares d'autobus, à bord des bus et aux points de correspondance bus-métro. Ces recommandations portent toutes sur des niveaux discrets d'information. Les valeurs des améliorations sont souvent regroupées à l'intérieur d'une fourchette relativement étroite.

Tableau 1.33. **Améliorations pour les bus**
(prix en pence par voyage – septembre 2013)

Informations à l'arrêt de bus		
Panneaux de compte à rebours	Aucun panneau de compte à rebours	0
	Affichage du compte à rebours jusqu'à la minute de l'heure d'arrivée du bus	3.35
	Affichage des déviations, des retards et du compte à rebours jusqu'à la minute de l'heure d'arrivée du bus	4.11
Informations en temps réel sur téléphone mobile	Aucune information sur téléphone concernant l'heure du prochain bus ou les perturbations	0
	En tapant un code affiché à l'arrêt de bus, réception d'informations envoyées sur téléphone à propos de l'heure du prochain bus	0.83
	En tapant un code affiché à l'arrêt de bus, réception d'informations envoyées sur téléphone à propos de l'heure du prochain bus et des éventuels retards de service	1.39
Plan schématique	Aucun plan schématique des lignes de bus desservant l'arrêt	0
	Présence d'un plan schématique des lignes de bus desservant l'arrêt	4.63
Plan local	Aucun plan avec informations sur les environs et les services à proximité	0
	Présence d'un plan avec informations sur les environs et les services à proximité	4.52
Informations dans la gare d'autobus		
Annonces publiques	Aucune annonce publique	0
	Annonces publiques clairement audibles	1.12
Personnel donnant des informations sur les services de bus	Pas de personnel dans la gare	0
	Personnel déambulant dans la gare d'autobus	0.92
	Personnel au guichet d'information	1.25
Affichage sur écran des informations sur les services de bus	Aucun panneau de compte à rebours	0
	Affichage du compte à rebours jusqu'à la minute de l'heure de départ du bus	2.88
Orientation dans la gare d'autobus : panneaux	Panneaux manquant de clarté ou mal situés ; difficulté d'orientation dans la gare d'autobus	0
	Bonne signalisation, facilité d'orientation dans la gare d'autobus	2.62
Orientation dans la gare d'autobus : plans	Aucun affichage	0
	Affichage indiquant l'emplacement de votre arrêt d'autobus	6.08
Informations à bord du bus		
Informations fournies à bord des bus	Aucune information électronique à l'intérieur du bus concernant le prochain arrêt	0
	Panneau électronique et annonce vocale du prochain arrêt	2.34
	Panneau électronique et annonce vocale du prochain arrêt ; correspondances disponibles avec les autres services de transports et attractions accessibles à partir du prochain arrêt	2.54
Informations au point de correspondance bus-métro		
Informations visuelles sur les perturbations de service de bus	Aucune information dans la station de métro sur les perturbations de services de bus	0
	Avis manuscrits dans la station de métro concernant les perturbations de services de bus	6.55
	Informations électroniques dans la station de métro concernant les perturbations de services de bus	8.62

Signalisation au point de correspondance	Aucun panneau indiquant les services de bus et de métro	0
	Bonne signalisation générale entre les services de bus et de métro, mais des panneaux supplémentaires faciliteraient l'orientation	3.52
	Excellente signalisation indiquant un itinéraire direct entre les services de bus et de métro	6.92

Source: *Transport for London (2013)*

Conclusions sur les valeurs d'information

Les observations empiriques se rapportant aux niveaux d'information existent en grande quantité, même si elles sont beaucoup plus hétérogènes que pour d'autres aspects de la commodité. En revanche, il n'existe pas à notre connaissance d'étude de synthèse et nous avons pris en compte ici une partie des données empiriques disponibles.

Dès lors, il nous semble approprié d'apporter une mise en garde, car les valeurs peuvent parfois être invraisemblablement élevées. Cela est peut-être dû à des effets de bloc non comptabilisés ou simplement à des biais stratégiques quand l'objectif de l'étude PD concernée est assez manifestement de donner de la valeur à l'information. Quelle qu'en soit la raison, il faut faire preuve de prudence dans l'estimation, l'interprétation et l'application. Il faut également veiller à bien prendre en compte les effets d'interaction¹⁰.

Cela dit, des résultats crédibles existent bel et bien et les approches fondées sur les échelles de notation ont recueilli une large adhésion, car elles permettent une transposabilité des résultats pour des variables qui n'ont pas d'unités de mesure naturelles.

De façon prévisible, les conclusions suggèrent que les informations à bord des véhicules sont plus importantes que celles disponibles dans les gares ou aux arrêts. Pratique relativement récente, la communication en temps réel d'informations sur les services pouvant être consultées en ligne par l'utilisateur avant que celui-ci ne quitte son domicile ou son lieu de travail se révèle essentielle, même si aucune étude empirique ne paraît avoir été engagée sur le sujet. Les informations concernant les perturbations semblent particulièrement importantes, tout comme celles se rapportant aux prochains services. Il faut noter cependant que de grosses sommes d'argent sont consacrées à l'information en temps réel sur les quais et à certains arrêts de bus, mais de moins en moins à l'information plus traditionnelle comme les plans en papier affichés dans les gares et aux arrêts de bus. Des éléments factuels sont nécessaires si l'on veut pouvoir suivre des stratégies adéquates.

Les recommandations détaillées fournies par Transport for London, pas seulement en matière d'information mais également pour une multitude de « facteurs immatériels », doivent pouvoir servir d'aspiration réalisable plus généralement dans l'évaluation pratique des transports et pour aider à faire en sorte que les autorités fournissent aux voyageurs comme aux contribuables le meilleur service possible en fonction des ressources disponibles.

Synthèse

Dans ce qui précède, nous avons abordé chaque attribut de commodité de façon isolée. Nous revenons ci-dessous à la question des interactions entre évaluations. Mais avant cela, il est instructif de synthétiser les éléments factuels isolés dont nous disposons, afin de déterminer ce qui compte réellement le plus en matière de commodité d'usage des transports publics, en particulier parce que c'est là-dessus que les opérateurs et les bailleurs peuvent focaliser leur attention s'ils veulent apporter des améliorations.

On voit bien que ce qui compte le plus pour les gens dépend de circonstances précises, comme les niveaux actuels des attributs, le type de voyage entrepris et les conditions de trajet, et bien sûr de facteurs culturels. Quand on généralise les résultats, les problèmes de commodité les plus importants pour les usagers des transports publics sont :

- l'attente dans des conditions d'affluence ;
- la marche dans des conditions d'affluence ;
- la marche qui implique des niveaux d'effort supérieurs à la normale ;
- la fiabilité du temps de trajet.

De mauvaises performances dans ces domaines peuvent constituer un facteur de dissuasion significatif quant à l'utilisation des transports publics lorsque d'autres solutions existent. Dans le cas contraire, elles auront une influence certaine sur le bien-être des usagers. Viennent ensuite, comme facteurs de commodité les plus importants :

- le fait de marcher et d'attendre dans des conditions normales ;
- le fait de devoir voyager debout ; en cas de très forte affluence, ce désagrément devrait toutefois prévaloir sur la marche et l'attente dans des conditions normales ;
- le temps de décalage et l'intervalle, le premier nommé revêtant une importance particulière pour les longs voyages, où la planification est plus courante, tandis que l'intervalle entre surtout en ligne de compte pour les trajets courts, où la planification est moindre et où l'on s'attend peut-être à de meilleures fréquences.

Les deux variables qui en règle générale contribuent le moins à la commodité sont :

- la pénalité liée à la nécessité de prendre des correspondances ;
- la fourniture d'informations dans les gares et aux arrêts.

Le tableau 1.34 récapitule les données empiriques existant au sujet du poids relatif des différents multiplicateurs de commodité.

Tableau 1.34. Synthèse de l'importance des multiplicateurs de commodité

TERME DE COMMODITÉ	MULTIPLICATEUR
Retard	3.0-5.0
Marche nécessitant un effort supérieur à la normale	4.0
Attente dans des conditions d'affluence	2.5-4.0
Marche dans des conditions d'affluence	2.0-3.5
Marche et attente dans des conditions normales	1.75-2.0
Voyage debout (selon les conditions)	1.50-2.0
Intervalle	0.5-0.8
Temps de décalage	0.4-0.6
Pénalités de correspondance	5-15 min
Informations à bord des véhicules	<< 1 min
Informations en dehors des véhicules	<< 1 min

Le programme stratégique de recherche

Il semble y avoir deux aspects à un programme stratégique de recherche prospectif dans le domaine de l'évaluation de la commodité d'usage des transports publics :

- consolider et surtout enrichir la base d'éléments probants sur les multiplicateurs de commodité ;
- suivre, valider et analyser a posteriori l'utilisation des multiplicateurs de commodité¹¹.

Enrichir la base d'éléments probants

La Table ronde a estimé qu'il y avait à l'échelle mondiale une utilisation insuffisante des multiplicateurs de commodité pour comprendre et évaluer les transports publics. Cela s'explique en partie par le fait que même dans les pays développés, l'analyse coûts-avantages pour évaluer les investissements, la planification et les stratégies en matière de transports n'est pas toujours une pratique courante, mais l'absence d'informations pertinentes ou l'ignorance de ces dernières ne peut pas faire avancer les choses.

La Table ronde a également reconnu que même lorsque des procédures formelles d'analyse coûts-avantages sont utilisées, il est nécessaire d'ajouter des informations. On pourrait s'attendre à ce que les multiplicateurs de temps de marche et d'attente dépendent des conditions dans lesquelles ils se produisent. Certes, des exemples notables illustrent cela, mais il n'en demeure pas moins qu'une quantité considérable d'enseignements supplémentaires pourraient être obtenus à ce sujet. Par exemple, comment les diverses valeurs de multiplicateur abordées dans la présente étude varient-elles en fonction des niveaux des variables, du degré d'affluence, de l'environnement du voyage, de la longueur du trajet, de l'objectif de ce dernier et ainsi de suite ? La priorité doit cependant être de produire de nouveaux éléments probants facilement applicables plutôt que de chercher à en savoir plus sur des variables influentes, telles que les caractéristiques personnelles, qui seraient difficiles ou impossibles à utiliser dans une évaluation concrète.

Cette étude des conditions est importante car elle montre comment les « coûts de temps » du voyage peuvent être réduits en diminuant le poids du temps plutôt que sa quantité. En effet, et certaines études l'ont indiqué, il peut dans certaines circonstances être plus rentable de faire baisser le coût du temps pour obtenir de vraies économies de temps.

Un autre domaine de recherche négligé, même si cela n'est aucunement l'apanage des variables de commodité, est l'analyse des seuils, non-linéarités et interactions. Il se peut que des niveaux de commodité cibles doivent être atteints avant que, par exemple, les automobilistes n'envisagent d'utiliser les transports publics, ou qu'il ne serve pas à grand-chose d'améliorer la commodité si les tarifs sont inacceptables. Les multiplicateurs de commodité pour un attribut pourraient donc dépendre des niveaux d'un autre attribut ou bien, d'une manière ou d'une autre, de ses propres niveaux. Même s'ils concernent probablement plus les variables liées au confort, des effets de bloc sont peut-être à l'œuvre, en vertu desquels l'introduction de plusieurs améliorations a une incidence plus forte que la somme de chaque amélioration introduite séparément. La table ronde a fait observer que nous pouvions parfois passer trop de temps à étudier les parties au détriment du tout. Il n'existe pas suffisamment d'éléments factuels sur toutes ces questions, ce qui pose problème si l'on veut que l'offre des « commerçants » de transports publics soit juste à tous égards.

Un certain nombre d'aspects spécifiques de l'évaluation méritent davantage d'attention. Par exemple, les valeurs d'intervalle n'établissent généralement pas de distinction claire entre la prédominance du temps d'attente à fréquences élevées et la prédominance du temps de décalage à fréquences basses. Les valeurs de temps de retard portent explicitement sur les arrivées à destination et quand ce n'est pas le cas, il y a un degré d'indétermination quant à ce qu'elles représentent. Cette ambiguïté devra être levée dans les travaux à venir mais en tout état de cause, il est nécessaire de faire la part entre la valeur des arrivées en retard à destination et la valeur des arrivées en retard au point de départ. Les valeurs d'affluence doivent être fondées sur des taux de remplissage allant jusqu'à 100 % du coefficient de remplissage et au-delà, sur le nombre de passagers au mètre carré. Quant aux multiplicateurs de temps de décalage, ils doivent faire la distinction entre la direction du trajet et le moment de la journée. De nouvelles recherches seraient utiles pour analyser certains aspects de la commodité tels que l'intégration entre les modes ou l'obtention de billets et d'informations pertinentes. Lee (2013) démontre que ces points peuvent avoir une incidence positive sur la demande de transports publics. Nous n'avons pas traité ces derniers aspects de la commodité dans la présente étude, mais notre impression est que la base d'éléments probants n'est pas immense.

À ces « listes », nous pouvons ajouter qu'il peut y avoir des variations temporelles des multiplicateurs et que des incertitudes demeurent quant à la transposabilité culturelle. En outre, il existe des différences manifestes entre les « usagers » et les « non-usagers » au sujet desquelles nous ne sommes pas aussi bien renseignés que nous le devrions. Les attentes changent avec le temps et la population vieillit, ce qui pourrait se traduire par des multiplicateurs différents au fil du temps. De plus, il est possible que les multiplicateurs soient tempérés par les conditions. Par exemple, les migrants journaliers à Tokyo ont peut-être une tolérance un peu plus grande envers l'affluence que leurs homologues dans beaucoup d'autres systèmes de métro.

Sous réserve d'une adoption plus généralisée de procédures formelles pour évaluer les améliorations en matière de commodité, et nous avons montré que le traitement de la commodité avait une importance certaine, notre analyse des observations empiriques et à plus forte raison les attentes et les impressions générales semblent bien suggérer que, dans la mesure du possible, il est pertinent de déterminer des valeurs locales. Bien sûr, celles-ci pourront ensuite être comparées à des éléments de synthèse à plus grande échelle.

Les méthodes PD sont traditionnellement utilisées de façon très détaillée, pour définir des paramètres qui peuvent ensuite être utilisés pour peupler une évaluation coûts-avantages « ascendante ». Une solution innovante, que l'on pourrait considérer comme « descendante », serait d'utiliser la préférence déclarée de façon plus stratégique, comme une sorte de système de vote sophistiqué, afin de déterminer le type de stratégies et de système de transports publics que les gens veulent vraiment.

En plus d'explorer ces sujets de recherche, il serait également nécessaire d'inclure et d'exploiter les sources de données et d'information nouvelles et émergentes, qui révèlent les choix des gens, leurs préférences, les évaluations implicites et même les facteurs dissuasifs. Par exemple, des données de téléphonie mobile pour le métro de Paris ont été exploitées récemment pour tirer des enseignements fiables sur le comportement des passagers (Aguilera *et al.*, 2013). La Table ronde a identifié de nouvelles sources de données comportementales plus riches en possibilités :

- les données d'entrée et de sortie peuvent fournir une foule d'informations concernant les modèles et les choix en matière de voyage urbain ;
- les données de téléphonie mobile contiennent une multitude d'informations allant des données de point de départ originel et de destination finale¹² aux choix d'itinéraire en passant par le wagon à bord duquel monte un passager donné ;

- les données de télévision en circuit fermé renseignent sur les heures d'arrivée et de départ des trains, sur le choix entre escalator et escalier, sur l'affluence sur les quais, sur le choix du siège et la décision de rester debout ou non, ainsi que sur une série d'autres aspects comportementaux ;
- les *apps* des téléphones mobiles peuvent être utilisées pour contacter les passagers durant leur voyage au sujet de leur perception de ce dernier et aussi pour réaliser des études de marché après le voyage.

Ces données pourraient être particulièrement utiles pour les composantes « accès » et « sortie » de la commodité, sur lesquelles les opérateurs ont peu de prise, et pour l'intégration intermodale.

Dernier point, nous estimons que la mise en commun des efforts de recherche permet de réaliser des économies significatives. Au Royaume-Uni, les 24 sociétés d'exploitation ferroviaire et autres organisations ayant des responsabilités dans l'industrie du rail ont volontairement formé de leur propre initiative un « club de recherche », financé par cotisation, afin de mener leurs propres recherches. À l'autre extrême, il existe un financement « transnational » de la recherche, comme celui fourni par la Commission européenne. À notre avis, les opérateurs et les autorités régionales des transports n'exploitent pas toutes les possibilités qui existent d'effectuer plus de recherches utiles, significatives et innovantes. Par des efforts de recherche concertés et bien ciblés, ils pourraient relever les défis communs examinés dans le présent document. Les occasions de partager savoir, expertise et résultats de recherche devraient être exploitées à fond.

La table ronde estime qu'il s'agit d'un domaine qui représente un intérêt considérable pour de nombreux chercheurs et gens du métier. Par conséquent, il faut s'attendre à voir fleurir une multitude de travaux de recherche (publiés ou non) sur le sujet. Il serait donc utile qu'une organisation constitue une base de données centrale pour l'évaluation du temps de voyage (ainsi que les recherches en matière d'élasticité), organisée et classée par domaine, similaire – mais augmentée par rapport – à la Bureau of Transport Economics Transport Elasticities Database Online (www.bitre.gov.au/tedb). Cette base de données centrale pourrait ressembler à la ressource fournie par le Victoria Transport Planning Institute (www.vtpi.org/elasticities.pdf) ou même au *Passenger Demand Forecasting Handbook* (PDFH) des chemins de fer britanniques, mais avec un accès aux sources originales. Cela nécessiterait un financement continu et pour bien faire, une base de données de la sorte devrait être hébergée et entretenue par un organisme gouvernemental, comme le sont par exemple les bibliothèques publiques.

Le PDFH est une bonne illustration de la façon dont les différents acteurs, comme les opérateurs, les pouvoirs publics, les fournisseurs d'infrastructures et autres organes, peuvent travailler conjointement pour élaborer et se mettre d'accord sur une base de données commune et évolutive sur toutes ces questions, en prenant en compte tous les attributs collectivement plutôt qu'isolément. Il serait bienvenu de faire avancer une telle initiative à une échelle dépassant largement le cadre du Royaume-Uni et de l'étendre non seulement aux questions de commodité analysées ici, mais également au coût, au confort et au temps.

Trois autres thèmes de recherche hautement complémentaires devraient également être explorés. Chacun d'entre eux pourrait à lui seul faire l'objet d'une Table ronde. Il s'agit :

- du marketing de la commodité d'usage des transports publics et plus particulièrement des questions suivantes : comment la situation actuelle et les changements sont-ils perçus ? Quelles améliorations peut-on y apporter ? Quelles mesures d'encouragement peuvent être adoptées pour accroître l'utilisation des transports publics ?
- de la recherche du moyen le plus approprié de prévoir la façon dont les changements en matière de commodité influenceront la demande de transports publics ;

- de la mesure des changements en matière de commodité et du suivi de leurs effets.

Les deux premiers points ci-dessus sortent quelque peu du cadre de la présente étude. Le troisième est traité, entre autres questions, dans la prochaine section.

Suivi, validation et analyse a posteriori

Nous l'avons indiqué : il existe désormais une base significative d'éléments probants concernant les multiplicateurs de commodité. Cependant, il est également nécessaire d'évaluer les méthodologies utilisées pour obtenir les données d'évaluation et les résultats proprement dits.

La Table ronde a jugé qu'il était nécessaire d'établir un « protocole de recherche » afin d'effectuer un suivi et une analyse a posteriori des améliorations apportées à la commodité. À cet égard, Litman (2014) attire l'attention sur des points importants :

- *« Réaliser des études auprès des opérateurs de transports publics qui ont introduit diverses améliorations de qualité de service, comme une réduction de l'affluence ou des panneaux d'information en temps réel, afin de mieux comprendre leur expérience. Ce travail de recherche devrait essayer de déterminer en particulier :*

les effets de ces améliorations sur la satisfaction des usagers et la fréquentation des transports en commun ;

la façon dont les améliorations isolées sont coordonnées pour optimiser leur efficacité ;

les solutions pour éviter des problèmes potentiels ».

La démarche consistant à tirer les enseignements des résultats obtenus par les opérateurs est souvent un aspect négligé du suivi. Une mesure continue des comportements d'un genre plus classique est également nécessaire. Litman (2014) ajoute :

- *« Mener des études de type "avant-après" de toutes les améliorations dans les services de transports publics. Par exemple, avant de mettre en œuvre des améliorations de service, recueillir des données de référence pertinentes par le biais d'enquêtes et de comptage de la circulation comme base pour évaluer comment elles influent sur la satisfaction des usagers, le voyage et les opérations ».*

Il peut être utile d'ajouter à ce qui précède que les opérateurs ont la possibilité de suivre les évolutions de la demande d'après leurs ventes de billets, et que des enquêtes doivent être réalisées après l'introduction des améliorations afin d'identifier les raisons des changements comportementaux.

Une autre question liée à la validation doit être examinée. Il s'agit de l'utilisation de questions hypothétiques pour déterminer des valeurs et orienter l'élaboration des stratégies. Depuis une trentaine d'années, la méthode PD est l'un des principaux outils dont disposent les planificateurs et les analystes dans le domaine des transports. Comme il ressort clairement de notre analyse, cette approche a permis d'obtenir une quantité considérable d'éléments factuels à l'échelle mondiale concernant les paramètres utilisés dans la prévision et l'évaluation des transports. Malgré cela, une gêne latente subsiste au sujet de la méthode PD, et pas seulement chez les économistes, dont la préférence va depuis longtemps aux approches fondées sur le comportement réel des personnes. De fait, nous avons rapporté des données empiriques qui, selon nous, montrent de façon convaincante que les valeurs de multiplicateur PD pour le temps de marche et d'attente sont apparemment trop basses, et ce pour des motifs liés au réalisme plutôt

qu'à des réponses protestataires. Nous savons également que les méthodes PD peuvent produire ce que l'on peut considérer comme des valeurs excessives pour des questions controversées comme le temps de retard et l'affluence, ainsi que pour des facteurs liés au confort, où des réponses exagérées pourraient influencer l'action des pouvoirs publics.

Nous recommandons par conséquent, dans la mesure du possible, de solidement étayer les valeurs PD par des comportements PR, et de fournir des preuves convaincantes de la fiabilité des données empiriques PD. Il est évident que des modèles et des données PR médiocres ne seront d'aucune utilité pour valider des méthodes PD. Cela dit, il n'est pas nécessaire de déployer des trésors d'ingéniosité ou d'aller au-delà du raisonnable pour identifier des contextes de choix PR permettant d'obtenir de vastes échantillons de voyageurs confrontés à des choix de compromis réels et habituels entre différents attributs de commodité. La possibilité d'élaborer des modèles PR fiables laisse certaines personnes sceptiques. Nous constatons toutefois le caractère plausible et généralement viable des résultats PR de Raveau *et al.* (2014) examinés lors de la Table ronde, même sans l'avantage de pouvoir disposer d'échantillons de taille très importante. En outre, le document de référence de Kato (2014) met en évidence la priorité accordée aux données PR solides dans les études japonaises, souvent fondées sur les choix proposés entre sociétés de chemin de fer et itinéraires concurrents, même si l'on remarque également le potentiel inexploité des méthodes PD dans ce pays. Des efforts concertés pour élaborer des modèles PR solides produiraient selon nous des paramètres fiables qui pourraient être utilisés pour évaluer des données empiriques PD comparables.

Enseignements à tirer du point de vue de l'action des pouvoirs publics

La Table ronde a estimé que la commodité d'usage n'était en général pas suffisamment prise en compte dans l'estimation des stratégies et des projets, soit en raison de l'absence de procédures d'évaluation économique officielles, soit parce que les méthodes d'évaluation actuelles ont une portée trop limitée. Cela est décevant au vu de l'importance des termes de commodité dans l'attractivité globale des transports publics.

Les méthodes d'évaluation des transports actuelles se focalisent généralement sur la vitesse et le prix et sous-estiment le confort, la commodité et la fiabilité, ce qui fausse les décisions en matière de planification et d'investissement. Certaines stratégies rentables pour améliorer les transports publics sont négligées et sous-estimées, ce qui se traduit par un sous-investissement dans la qualité des services de transports en commun, qui deviennent ainsi moins attractifs par rapport à l'automobile. Des solutions possibles pour une intégration modale ne sont pas prises en compte, car de nombreuses améliorations de la qualité des transports publics impliquent d'améliorer les conditions pour la marche ou le vélo, ou les correspondances avec d'autres modes. Cela réduit l'attractivité des transports publics par rapport à l'utilisation de la voiture particulière et alimente un cycle de dépendance accrue à l'automobile et de propagation de cette dernière, tout en diminuant la fréquentation et les revenus des transports publics.

Les conclusions de la présente analyse devraient constituer une ressource précieuse pour les planificateurs et les décideurs, les opérateurs et les organismes de financement, et faciliter l'accès à un ensemble significatif de données empiriques – souvent négligées – sur les attributs de qualité de voyage. Les données recueillies apportent également des enseignements sur les questions de méthode et constituent un outil permettant d'interpréter les résultats d'études empiriques spécifiques à la lumière d'une multitude de preuves accumulées.

En fournissant des éléments probants sur les multiplicateurs de commodité et en démontrant l'importance de cette dernière, le présent rapport vise à soutenir l'identification et l'évaluation de systèmes qui améliorent la commodité, afin d'atteindre des objectifs de mobilité et d'action des pouvoirs publics plus vastes en matière de transport.

Nous avons vu que les facteurs liés à la commodité pouvaient former une proportion significative du coût généralisé des transports publics. La prise en compte de la commodité est donc un élément important de l'amélioration du bien-être des usagers des transports publics. Elle est également cruciale pour attirer les non-usagers vers les transports publics, et plus généralement pour accroître la prospérité en réduisant le coût des transports.

Litman (2008) indique que le manque de commodité et de confort se traduit souvent par un doublement ou un triplement des coûts de temps de voyage moyens. Cela montre bien la nécessité de prendre la commodité au sérieux dans la planification et l'évaluation des projets et, pour les planificateurs, les décideurs, les opérateurs et les organismes de financement, d'identifier les moyens d'améliorer la commodité.

La section précédente émet des suggestions pour approfondir les recherches en matière de multiplicateurs de commodité. Cela dit, il ne servirait pas à grand-chose pour les autorités, les planificateurs et les opérateurs de mener des recherches empiriques supplémentaires, sans d'abord mettre en place un système d'évaluation permettant d'utiliser les valeurs ainsi recueillies.

Les méthodes d'évaluation existantes devraient être élargies, si nécessaire, pour évaluer les mesures de commodité dans leur intégralité. La prise en compte de la commodité peut clairement altérer le résultat des évaluations coûts-avantages des projets et des stratégies. L'exemple de Paris (Kroes *et al.*, 2013) montre que la prise en compte des avantages tirés de la réduction de l'affluence ajoute environ 6 % à l'ensemble des effets bénéfiques résultant des investissements liés à l'extension de la ligne E du RER¹³.

Les décideurs doivent également admettre que l'amélioration de la commodité ne se limite pas aux dispositifs visant à réduire les temps de marche, les intervalles ou les niveaux d'affluence. Un moyen rentable de progresser pourrait être, dans certaines circonstances, d'obtenir une amélioration réelle de la commodité en diminuant la pénalité liée aux variables de temps de marche et d'affluence. On pourrait ainsi faire baisser le coût généralisé de façon plus rentable en concevant l'intérieur des véhicules de transports publics de manière à rendre la station debout plus sûre et confortable, plutôt qu'en augmentant – en général à plus grands frais – la capacité. Dans le même esprit, l'amélioration des services aux arrêts de bus, dans les gares et aux points de correspondance peut diminuer le coût lié au temps d'attente et là encore se traduire dans les faits par un temps d'attente réduit.

En dehors des évaluations elles-mêmes, des questions se posent quant à la mesure et à la mise en œuvre. La qualité mesurée n'est pas toujours la qualité fournie ni la qualité perçue. Un autre défi majeur, même si la technologie offre de nouvelles possibilités dans ce domaine, est de mesurer la fiabilité et l'affluence, ces dernières pouvant varier selon l'heure de départ voire au cours du même voyage. Aux divers segments de marché correspondent des multiplicateurs de commodité différents et pour pouvoir adapter plus étroitement les services à ce que les usagers veulent et sont disposés à payer, il est nécessaire d'avoir plus d'informations que celles actuellement disponibles. La mise en œuvre d'améliorations dans l'évaluation de la commodité mettra lourdement à contribution les capacités de mesure. La mesure et l'évaluation de la commodité sont importantes non seulement pour l'évaluation des projets, mais également pour la gestion, la régulation et l'amélioration des opérations. Bien plus, la mesure de la commodité est un prérequis pour pouvoir bien gérer, réguler et fournir correctement cette commodité.

Les types d'interventions dont il est rendu compte ici pourraient servir à évaluer l'investissement, la planification, la tarification et les mesures envisageables, à savoir :

- Prendre les dispositions nécessaires pour, par exemple, accroître la taille et la capacité des trains, la fréquence de service et les incitations tarifaires appropriées pour réduire le degré d'affluence, en particulier aux heures de pointe ;
- prévoir plus de liaisons directes et, dans la mesure du possible, améliorer les conditions et les temps de transit aux points de correspondance ;
- améliorer l'accès aux transports publics et en provenance de ces derniers, ainsi que l'intégration entre modes ;
- prendre des mesures tarifaires qui encouragent les usagers à modifier le moment où ils voyagent en faveur des périodes creuses ;
- intervenir aux niveaux opérationnel et infrastructurel pour améliorer les performances de ponctualité et fournir des informations fiables aux usagers sur la circulation des trains et des bus ;
- accroître la fréquence de service eu égard à l'incidence du temps d'attente et à l'effet de commodité associé ;
- mieux informer les passagers, aussi bien à bord des véhicules que dans les gares et aux arrêts, concernant une multitude de sujets comme la performance du service, le prochain départ, les perturbations, les directions et la manière d'obtenir de l'aide.

Observations finales

La présente table ronde a débouché sur ce qui constitue, à nos yeux, l'analyse la plus complète à ce jour des évaluations de la commodité des transports publics, en ce sens qu'elle prend en compte les pratiques d'évaluation et la base désormais très riche des données empiriques, et qu'elle identifie les enseignements à tirer du point de vue de l'action des pouvoirs publics ainsi que les directions à suivre et les besoins à venir en matière de recherche. Les valeurs de temps passé dans le véhicule ont prédominé jusqu'ici dans l'évaluation des transports. Par conséquent, un examen des données empiriques sur les attributs qui influencent la commodité des transports publics arrive au bon moment, ne serait-ce que parce que l'on sera plus à même de relever les défis majeurs liés aux transports en investissant davantage dans les transports publics et en améliorant la planification de ces derniers.

Notre espoir est que le présent document facilite une utilisation accrue des valeurs de commodité dans l'évaluation des investissements et des stratégies en matière de transports à l'échelle mondiale. En principe, il n'y a pas de raison que les « meilleures pratiques » adoptées dans certains pays et par certaines organisations ne puissent pas être reproduites à plus grande échelle. Les évaluations regroupées dans la présente étude constituent une ressource précieuse, mais le mieux serait que les évaluations s'appuient sur des paramètres locaux. C'est pourquoi nous encourageons l'estimation de ces derniers ainsi qu'un niveau plus élevé de précision pour déterminer de quelle manière et dans quelle mesure les multiplicateurs de commodité varient selon les différentes circonstances.

Pour terminer, nous notons bien qu'il existe une multitude de variables liées au confort qui sont également d'une importance incontestable dans la fourniture des transports publics et l'accroissement de leur attractivité. L'évaluation de ces variables est elle aussi plus que jamais de mise.

Notes

1. Cependant, nous notons que les évaluations de dispositifs autoroutiers incluent rarement les « multiplicateurs analogues », qui pourraient par exemple rendre compte du temps passé dans les embouteillages par opposition à celui passé dans une circulation fluide, ou représenter différentes qualités de revêtement de route.
2. Les facteurs non inclus dans la commodité sont : la sûreté, la sécurité, le confort, le temps de trajet prévu et la vitesse.
3. Le rapport note également : « En Allemagne, seul le temps passé dans le véhicule est inclus dans les estimations – le temps de correspondance et le temps passé à attendre un service de transports publics sont donc exclus ».
4. Les valeurs peuvent être déterminées en tant que disposition à payer pour gagner du temps, disposition à payer pour éviter une perte de temps, disposition à accepter une indemnisation au lieu d'un gain de temps et disposition à accepter une compensation en cas de perte de temps.
5. Sur la base des composantes PR des données recueillies.
6. C'est un avantage de l'approche à variables multiples de la méta-analyse par rapport aux tabulations simples couramment utilisées dans les analyses plus classiques de la littérature existante.
7. Pour ne rien simplifier, cette approche a longtemps été appelée « approche de variance moyenne ».
8. Certains estimeront peut-être que l'affluence relève plus du confort que de la commodité. Nous ne souhaitons pas entrer dans un débat sémantique ici, et d'ailleurs l'affluence a effectivement une incidence sur la composante confort. Cependant, la Table ronde est d'avis qu'il est indiscutablement gênant de devoir voyager debout. Cet aspect a été examiné de façon approfondie à la Table ronde et se trouve donc traité ici. Les situations d'affluence augmentent également le temps de marche, le temps passé dans le véhicule et rend le temps d'attente plus onéreux.
9. Dans certains cas, l'absence d'informations peut être avantageuse (pour les opérateurs). Par exemple, la discrimination tarifaire est plus efficace lorsque les voyageurs d'affaires attentifs aux tarifs les plus bas ne sont pas bien informés de l'existence de billets visant les segments du marché les plus sensibles aux prix.
10. Il n'est pas impossible que certaines évaluations de Transport for London interagissent avec la fourniture d'informations par d'autres moyens. Par exemple, la valeur de l'information

- concernant les prochains trains dans les salles des billets (sur les quais) peut très bien dépendre de la présence ou non de cette même information sur les quais (dans les salles des billets).
11. Cela nous fait entrer dans l'univers de la prévision, ce qui n'était pas l'objectif premier de cette Table ronde. Toutefois, des valeurs étant utilisées dans la prévision, ce processus nous renseignera peut-être sur la fiabilité des multiplicateurs.
 12. Cela est important étant donné que l'opérateur de transports publics ne fournit qu'une portion du produit de voyage et en particulier parce que l'accès et la sortie sont des aspects importants de la commodité.
 13. Ce projet comporte également des retombées positives directes en termes de temps de trajet en raison de la réduction de la distance de trajet pour les voyageurs. Dans d'autres projets sans gains de temps de trajet, la prise en compte des effets positifs de la réduction de l'affluence aurait peut-être encore plus d'importance.

Références

- Abrantes, P.A.L. and Wardman, M. (2011) Meta-Analysis of U.K. Values of Time: An Update. *Transportation Research A* 45 (1), pp. 1-17.
- Aguiléra, V., Allio, S., Benezech, V., Combes, F. and Milion, C. (2013) Using Cell Phone Data to Measure Quality of Service and Passenger Flows of Paris Transit System. *Transportation Research C*,
- Anderson, R., Condry, B., Findlay, N., Brage-Ardao, R. and Li, H. (2013) Measuring and Valuing Convenience and Service Quality: A Review of Global Practices and Challenges from Mass Transit Operators and Railway Industries. OECD/ITF Discussion Paper 2013-16. Prepared for OECD/ITF Roundtable on Valuing Convenience in Public Transport. 12-13 September 2013, Paris.
- Association of Train Operation Companies (2013) Passenger Demand Forecasting Handbook Edition 5.1, ATOC, London.
- Australian Transport Council (2006) National Guidelines for Transport System Management in Australia: Volume 4 Urban Transport. Bureau of Transport and Regional Economics, Canberra.
- Bates, J., Polak, J., Jones, P., and Cook, A. (2001) The Valuation of Reliability for Personal Travel. *Transportation Research Part E*, 37, pp.191-229.
- Berry, L.L., Seiders, K and Grewal, D. (2002) Understanding Service Convenience. *Journal of Marketing* 66, pp.1-17.
- Bickel, P., Burgess, A., Hunt, A., Laird, J., Lieb, C., Lindberg, G., Odgaard, T. (2005) State-of-the-Art in Project Assessment. HEATCO Deliverable 2. Report to the European Commission
- Booz Allen and Hamilton (2000) PEM Benefit Parameter Project: Development of Research Approaches. Prepared for Transfund New Zealand.

- Carrion, C. and Levinson, D. (2012) Value of Travel Time Reliability: A Review of Current Evidence. *Transportation Research A* (46), pp.720-741.
- Claffey, P.J. (1964) User Criteria for Rapid Transit Planning. *Journal of the Urban Planning and Development Division of ASCE*.
- Crockett, J. and Hounsell, N. (2005) Role of the Travel Factor Convenience in Rail Travel and a Framework for its Assessment. *Transport Reviews* 25, pp. 535-555.
- De Jong, G., Kroes, E., Plasmeijer, R., Vermeulen, J., Boon, B. and den Boer, E. (2004) Value of Time and Value of Safety Guidelines for Transport Project. Prepared for the European Investment Bank.
- De Jong, G., Tegge, O., Dohmen, R., Ettema, D.F., Hamer, R.N., Massiani, J. and van Vuren, T. (1998) Review of Existing Evidence on Time and Cost Elasticities of Travel Demand and on Value of Travel Time. TRACE Deliverable 1. Prepared for the European Commission Directorate-General for Transport.
- Douglas, N.J. and Jones, M (2013) Estimating Transfer Penalties and Standardised Income Values of Time by Stated Preference Survey. Paper presented at the Australian Transport Research Forum
- Douglas, N.J. and Wallis, I.P. (2013) Predicting the Value of Public Transport In-Vehicle Time. Paper presented at the Australasian Transport Research Forum, Brisbane, Australia
- Douglas Economics (2006) Values and Demand Effect of Rail Service Attributes. Report for RailCorp, Sydney, Australia.
- Douglas Economics (2014) Pricing Strategies for Public Transport. Prepared for New Zealand Transport Agency.
- Ellaway, A., Macintyre, S., Hiscock, R. and Kearns, A. (2003) In the Driving Seat: Psychosocial Benefits from Private Motor Vehicle Transport Compared to Public Transport. *Transportation Research Part F* 6, pp.217-231.
- Goodwin, P.B. (1975) Value of Time. Report of the Thirtieth Round Table on Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport, Paris.
- Haywood, L. and Koning, M. (2013) Estimating Crowding Costs in Public Transport. *Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Discussion Paper* 1293.
- Hensher, D.A. (1975) Perceptions and Commuter Mode Choice: An Hypothesis. *Urban Studies* 12, pp101-104
- Hensher, D.A. (1976) Review of Studies Leading to Existing Value of Travel Time. *Transportation Research Record* 587, pp.30-41.
- Hensher, D.A. and McLeod, P. B. (1977) Towards an Integrated Approach to the Identification and Evaluation of the Transport Determinants of Travel Choices. *Transportation Research* 11, pp. 77-93.
- Hensher, D.A. and Prioni, P. (2002) A Service Quality Index for Area-Wide Contract Performance Assessment. *Journal of Transport Economics and Policy* 36 (1), pp.93-113.

- Jones, P. (1997) Addressing the 'Packaging' Problem in Stated Preference Studies. Proceedings of Seminar D, PTRC European Transport Forum.
- Kato, H. (2014) Valuation of Urban Rail Service: Experiences from Tokyo, Japan. OECD/ITF Discussion Paper 2014-XX. Prepared for OECD/ITF Roundtable on Valuing Convenience in Public Transport. 12-13 September 2013, Paris.
- Kroes, E., Kouwenhoven, M., Duchateau, H., Debrincat, L. and Goldberg, J. (2006) Value of Punctuality on Suburban Trains to and From Paris. Transportation Research Record
- Kroes, E., Kouwenhoven, M., Debrincat, L. and Pauget, N. (2013) On the Value of Crowding in Public Transport in Île-de-France. OECD/ITF Discussion Paper 2013-18. Prepared for OECD/ITF Roundtable on Valuing Convenience in Public Transport. 12-13 September 2013, Paris.
- Kroes, E., Kouwenhoven, M., Duchateau, H., Debrincat, L., Goldberg, J. (2007) Value of Punctuality on Suburban Trains to and from Paris. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, volume 2006, pp. 67-75
- Kroon, L., Huisman, D., Abbink, E., Fioole, P.J., Fischetti, M., Maróti, G., Schrijver, A., Steenbeek, A., and Ybema, R. (2009) The New Dutch Timetable: The OR Revolution. Interfaces 39 (1), pp. 6-17. <http://homepages.cwi.nl/~lex/files/Interfaces.pdf>
- Krygsman, S., Dijst, M. and Arentze, T. (2004) Multimodal Public Transport: An Analysis of Travel Time Elements and the Interconnectivity Ratio. Transport Policy 11, pp. 265-275.
- Laird, J. and Whelan, G. (2007) Quality Bus Model: Re-analysis of CfIT Data. Report to the UK Department for Transport.
- Lawson, J. J. (1989) The Value of Passenger Travel Time for Use in Economic Evaluations of Transport Investments. Economic Evaluation and Cost Recovery. Transport Canada.
- Lee, S. (2013) Valuing Convenience in Public Transport in Korean Context. OECD/ITF Discussion Paper 2013-17. Prepared for OECD/ITF Roundtable on Valuing Convenience in Public Transport. 12-13 September 2013, Paris.
- Li, Z. and Hensher, D.A. (2011) Crowding and Public Transport: A Review of Willingness to Pay Evidence and its Relevance in Project Appraisal. Transport Policy, 18 pp. 880-887.
- Li, Z., Hensher, D.A. and Rose, J.M. (2010) Willingness to Pay for Travel Time Reliability in Passenger Transport: A Review and Some New Empirical Evidence. Transportation Research E 46 (3), pp.384-403.
- Litman, T. (2014) Valuing Transit Service Quality Improvements: Considering Comfort and Convenience in Transport Project Appraisal. Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2008) Valuing Transit Service Quality Improvements. Journal of Public Transportation 11(2), pp.43-64.
- Mackie, P.J. and Worsley, T. (2013) International Comparisons of Transport Appraisal Practice: Overview Report. Prepared for Department for Transport.

- McIntosh, P.T. and Quarmby, D.A. (1970) Generalised Costs and the Estimation of Movement Costs and Benefits in Transport. Mathematical Advisory Unit Note 179, Department for Transport. Also available in Highway Research Record 383 (1972) pp.11-26.
- McKnight, A. (1982) The Value of Travel Time Savings in Public Sector Evaluation. Occasional Paper 51, Bureau of Transport Economics, Canberra, Australia
- Miller, T.R. (1996) The Value of Time and the Benefit of Time Saving. Prepared for the Transportation Research Centre, U.S. Department of Transportation.
- Morichi, S., Iwakura, S., Morishige, S., Itoh, M. and Hayasaki, S. (2001) Tokyo Metropolitan Rail Network Long-Range Plan for the 21st Century. Paper presented at the Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C.
- MVA Consultancy (2008) Valuation of Overcrowding on Rail Services. Prepared for Department for Transport
- MVA Consultancy, ITS University of Leeds and TSU University of Oxford (1987) The Value of Travel Time Savings. Policy Journals, Newbury, Berkshire.
- Navarrete, F. and Ortúzar, J. de D. (2013) Subjective Valuation of the Transit Transfer Experience: The Case of Santiago de Chile. *Transport Policy* 25(1), pp. 138–147.
- Ortúzar, J. de D. (1994) Valor del Tiempo para Evaluación de Proyectos. Executive Report to FONDECYT, Department of Transport Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Noland, R.B. and Polak, J.W. (2002) Travel Time Variability: A Review of Theoretical and Empirical issues. *Transport Reviews* 22, pp. 39-54
- Paine, F.T., Nash, A.N., Hille, S.J. and Brunner, G.A. (1969) Consumer Attitudes towards Auto versus Public Transport Alternatives. *Journal of Applied Psychology* 53 (6) pp.472-480.
- Passenger Focus (2010a) Bus Passenger Priorities for Improvement. www.passengerfocus.org.uk London.
- Passenger Focus (2010b) Passengers' Priorities for Improvements in Rail Services. www.passengerfocus.org.uk, London.
- Raveau, S., Guo, Z., Muñoz, J.C. and Wilson, N.H.M. (2014) Route Choice Modelling on Metro Networks: Time, Transfers, Crowding, Topology and Socio-Demographics. Forthcoming in *Transportation Research Part A*.
- Significance, VU University Amsterdam and John Bates (2012) Value of Time and Reliability in Passenger and Freight Transport in the Netherlands. Report for the Ministry of Infrastructure and the Environment, The Hague.
- Steer Davies Gleave (1997) Transport Quality and Values of Travel Time. Report Prepared for TRENEN II STRAN.
- Shires, J.D. and De Jong, G.C (2009) An International Meta Analysis of Values of Travel Time Savings. *Evaluation and Program Planning* 32(4), pp.315-325.

- Sommers, A.N. (1969) Management of Urban System Analysis. Paper presented at 10th TIMS America meeting, Atlanta.
- Spear, B.D. (1976) Generalized Attribute Variable for Models of Mode Choice Behavior. Transportation Research Record 592, pp. 6-11.
- Stopher, P.R., Spear, B.D. and Sucher, P.O. (1974) Toward the Development of Measures of Convenience for Travel Modes. Transportation Research Record 527, pp 16-32.
- Transport and Road Research Laboratory (1980) The Demand for Public Transport. Report of the International Collaborative Study of the Factors Affecting Public Transport Patronage. Crowthorne, Berkshire.
- Transport for London (2013) Business Case Development Manual. London.
- Trompet, M., Parasram, R. and Anderson, R.J. (2013) Benchmarking Disaggregate Customer Satisfaction Scores between Bus Operators in Different Cities and Countries. Paper presented at the 92nd Transportation Research Board Annual Conference, Washington DC.
- Tseng, Y. (2008) Valuation of Travel Time Reliability in Passenger Transport. Tinbergen Institute Research Series Report 439, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Victoria Transport Policy Institute - VTPI (2009) Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications. Section 5.2 Travel Time. www.vtppi.org.
- Wallis, I., Lawrence, A. and Douglas, N. (2013) Economic Appraisal of Public Transport Service Enhancement. Research Report 533, New Zealand Transport Agency.
- Waters II, W.G. (1992) The Value of Time Savings for the Economic Evaluation of Highway Investments in British Columbia. Centre for Transportation Studies, University of British Columbia.
- Wardman, M. (1998) The Value of Travel Time: A Review of British Evidence. Journal of Transport Economics and Policy, 32(3), pp.285-315.
- Wardman, M. (2004) Public Transport Values of Time. Transport Policy 11, pp.363-377.
- Wardman, M. (2001) A Review of British Evidence on Time and Service Quality Valuations. Transportation Research E, 37 2-3, pp.107-128
- Wardman, M. (2013) Value of Time Multipliers: A Review and Meta-Analysis of European-Wide Evidence. Paper Presented at Transportation Research Board Annual Conference.
- Wardman, M. and Shires, J.D. (2000) Interchange and Integration. Report Prepared for the Strategic Rail Authority, London.
- Wardman, M. and Batley, R.P. (2014) Travel Time Reliability: A Review of Late Time Valuations, Elasticities and Demand Impacts in the Passenger Rail Market in Great Britain. Transportation.
- Wardman, M., Chintakayala, P., de Jong, G. and Ferrer, D. (2013) European Wide Meta-Analysis of Values of Travel Time. Report to the European Investment Bank.

Whelan, G. and Crockett, J. (2009) An Investigation of the Willingness to Pay to Reduce Rail Overcrowding. Paper presented at International Choice Modelling Conference

Chapitre 2

Tour d'horizon du secteur des transports publics dans le monde : pratiques et défis à relever

Richard Anderson, Benjamin Condry, Nicholas Findlay,
Ruben Brage-Ardao, Haojie Li¹

Le terme « commodité » est souvent employé dans le domaine des transports, en partant du principe qu'un service « commode » sera plus attrayant. D'où l'intérêt que revêt, pour ceux qui établissent les cahiers des charges et assurent la prestation de services de transports publics, l'optimisation du niveau de commodité offert aux voyageurs. Or ce qui confère à un service sa commodité n'est généralement ni bien défini, ni bien compris. La demande des voyageurs privilégiant tel ou tel mode ne saurait s'expliquer uniquement par certaines caractéristiques de base comme la taille du réseau, la fréquence du service, la durée du trajet ou le prix : d'autres facteurs, dont la commodité dépend, exercent une influence déterminante sur la demande et le choix modal, mais il est souvent plus complexe et difficile de les définir, de les mesurer et d'y attacher une valeur. Dans ce rapport, nous commençons par une réflexion sur le sens du terme commodité dans les transports, et en particulier dans les transports publics urbains, ainsi que sur les caractéristiques qu'il englobe.

Nous soutenons qu'il est indispensable de bien mesurer au préalable la commodité et la qualité des services de transports publics pour pouvoir les évaluer et permettre aux pouvoirs publics de prendre de meilleures décisions et initiatives de gestion afin de maximiser la commodité et, en conséquence, la demande. Notre analyse est axée sur l'exploitant de transports publics urbains et ses critères de mesure de la commodité, en procédant à un tour d'horizon de l'expérience pratique acquise dans le monde, pendant plus de 20 ans, en matière d'évaluation comparative internationale de plus de 50 exploitants de métros, d'autobus et de chemins de fer dans de grandes agglomérations. Plus précisément, nous examinons les normes et pratiques actuellement appliquées par le secteur ferré urbain pour mesurer la commodité, et présentons des exemples qui permettent de constater les différences de résultats en la matière dans l'exploitation de divers métros à travers le monde. Il est démontré que les pratiques actuelles, dans de nombreuses villes, accordent encore trop d'importance aux aspects opérationnels, bien qu'il existe la possibilité, en mettant à profit les données considérablement plus abondantes dont on dispose grâce aux nouvelles technologies, de prendre des mesures privilégiant beaucoup plus l'attention portée aux clients.

Pour analyser l'expérience du secteur ferroviaire britannique en matière d'évaluation des caractéristiques nécessaires à la commodité, un cadre commun de prévision de la demande a été mis au point afin de mesurer efficacement l'« attractivité » des services aux yeux du client en combinant les mesures de la qualité et de la commodité avec d'autres caractéristiques des services assurés. Le rapport conclut par un examen des conséquences et des opportunités que pourraient mettre à profit les exploitants, les autorités et les régulateurs des transports publics dans le monde entier en améliorant la mesure, l'évaluation et la gestion de la commodité des transports publics afin de mieux répondre aux besoins de mobilité

1 Imperial College Londres, Royaume-Uni

Introduction

Dans ce document de réflexion, nous passons en revue l’expérience pratique de la mesure et de l’évaluation de la commodité dans deux secteurs des transports : celui des exploitants de réseaux de transports publics urbains et le secteur ferroviaire en Grande-Bretagne.

Nous commençons dans cette section par définir ce que l’on entend, dans le cadre de cette table ronde, par commodité et qualité du service. La section « Mesurer la commodité » aborde ensuite les pratiques que des exploitants de métros, de lignes d’autobus et de chemins de fer ont adoptées partout dans le monde pour mesurer le service qu’ils assurent dans une optique fondée sur l’écoute du client. Nous nous appuyons sur l’expérience pratique de plus de 50 exploitants de métros, lignes d’autobus et trains de banlieue desservant de grandes agglomérations, qui participent à un programme international d’évaluation comparative des performances des transports publics piloté par l’Imperial College depuis près de 20 ans. Nous examinons les normes internationales qui définissent les caractéristiques de commodité et de qualité du service, et nous présentons les mesures les plus répandues et les plus novatrices auxquelles ont notamment recours les exploitants de métros. Soulignons toutefois que nous avons surtout puisé dans des observations émanant d’exploitants de transports publics, plutôt que des autorités dont ils relèvent.

Dans la section « Mesurer la commodité » sont également analysés les difficultés et les résultats de l’évaluation comparative de la commodité portant sur des exploitants de métro, de même que certaines études empiriques récentes cherchant à quantifier la sensibilité de la demande à la qualité du service et, de là, quelques-uns des facteurs qui ont également de l’influence sur la commodité dans les métros. Nous expliquons comment les métros et leurs autorités organisatrices pourraient mesurer plus précisément certains critères de commodité, en donnant des exemples tirés des métros de Londres, de Hong Kong et de Paris. Depuis quelques années, les exploitants de transports publics ont accès à des données nettement meilleures, par exemple grâce aux systèmes de billetterie et de signalisation qui permettent de mieux mesurer la qualité du service.

Dans la section « Evaluer la commodité » nous examinons en particulier l’expérience du secteur ferroviaire en Grande-Bretagne, en nous proposant d’attacher une valeur aux caractéristiques nécessaires à la commodité et de déterminer si telle ou telle approche pourrait être adoptée dans de meilleures conditions par des exploitants de transports urbains. Ce cadre s’inspire des principes classiques de la planification des transports et de la théorie économique, mais il a été spécialement adapté et calibré pour ce secteur au cours d’un programme de recherche qui se poursuit depuis plus de trois décennies. En plus de mesurer les variables essentielles – temps de trajet, fréquence, correspondances et tarifs – et d’y attribuer des valeurs, il prend en compte dans un même indicateur des facteurs plus qualitatifs tels que la communication d’informations aux voyageurs ou la qualité du matériel roulant. Tous les acteurs importants du secteur, notamment les exploitants, les pouvoirs publics, les autorités des transports et le régulateur, adhèrent à ce cadre commun et à cet ensemble de valeurs, d’où la possibilité d’utiliser des paramètres acceptés par tous pour établir les dossiers de décision.

Enfin, dans la section 4, nous tirons les conclusions qui se dégagent de l'étude des deux secteurs sur l'importance de la commodité dans les transports publics et sur ce qui permettrait de mieux la mesurer et l'évaluer.

Définir la commodité dans les transports publics

Le terme « commodité » est souvent utilisé dans le domaine des transports : en général, on part du principe qu'un service commode est plus souhaitable et peut donc susciter une plus forte demande, tant en attirant de nouveaux clients qui auparavant utilisaient d'autres moyens de transport qu'en générant de nouveaux déplacements. C'est pourquoi la commodité a de l'importance dans les transports publics ; ceux-ci, pour être attractifs, doivent en effet répondre aux besoins des usagers en satisfaisant à des attentes toujours plus grandes dans un contexte de concurrence croissante. La commodité est par conséquent essentielle pour que la demande, les recettes, le soutien du public et l'acceptabilité augmentent et garantissent ainsi la viabilité à long terme des transports publics.

Il est en conséquence important de définir et de bien appréhender ce que des 'transports publics commodes' signifient, en particulier lors de la conception de stratégies et de politiques qui encouragent les transferts modaux. Or, ce qui rend commode un service n'est pas toujours bien compris, et il n'existe pas non plus de définition universelle des caractéristiques que recouvre la définition de la commodité. Crockett et Hounsell (2005) font observer que c'est un concept ambigu dans les transports publics, qui se confond souvent dans une large mesure avec d'autres caractéristiques des services.

Selon la définition de l'Oxford English Dictionary, **commodité** et **commode** signifient :

« **commodité** [nom féminin].. qualité d'une chose qui se prête *sans difficulté* à l'usage qu'on en fait... qui est *utile, facile* ou *adaptée* pour quelqu'un... qui contribue à un mode de vie facile et *sans effort*... »

« **commode** [adjectif]... qui *cadre* bien avec les *besoins*, les *activités* et les *projets* d'une personne.. qui entraîne *peu de difficultés* ou exige *peu d'efforts*... qui *se trouve en un endroit propice* ou *a lieu au moment opportun*.. »

Ainsi, dans les transports publics, pour être *utile et adapté*, le service doit être disponible pour acheminer les voyageurs là où ils veulent aller au moment où ils souhaitent se déplacer. Ce que facilitent l'accès et la sortie des voyageurs par des points d'embarquement et de débarquement *se trouvant aux endroits propices* et *accessibles (au moment opportun)*, ainsi qu'un réseau, des horaires et des plages de fonctionnement qui *cadrent* avec les *activités* à l'origine de la demande de déplacement. Un service *adapté* doit aussi être fiable et ponctuel, tout comme offrir un niveau approprié de confort.

La voiture, et la mobilité de porte à porte qu'elle procure, symbolise pour beaucoup l'essence même du mode de transport commode, qui permet au voyageur d'effectuer ses déplacements *sans difficulté*. Huey et Everett (1996) considèrent la commodité comme étant le plus grand avantage de l'usage de la voiture. En revanche, la plupart des déplacements en transports publics comportent plusieurs étapes ou correspondances intermodales (Wardman *et al.*, 1997). Pour être *facile* à utiliser, un service de transport public doit offrir une véritable intégration ainsi que, entre autres, une information adaptée et une billetterie appropriée.

Pour l'essentiel, dans le domaine des transports, on peut par hypothèse assimiler l'idée de faire quelque chose *sans difficulté* ou avec *peu d'efforts* à des éléments constitutifs du coût et du temps généralisés, ce qui englobe toutes leurs composantes – accès (Brons *et al.* 2009), sortie (Wardman *et al.*, 2007), temps de trajet (Wardman, 2011), temps d'attente, congestion – ainsi que des facteurs propres au service,

notamment des caractéristiques de qualité (Whelan et Johnson, 2004; Litman, 2008) mesurables ou plus subjectives (Eboli et Mazzulla, 2011).

La commodité peut qualifier toutes les étapes du déplacement, depuis la planification initiale jusqu’à l’arrivée à destination. Berry *et al.* (2002) rattachent la commodité d’un service à la perception qu’ont les consommateurs du *temps* et de *l’effort* qu’exigent l’achat ou l’utilisation de ce service, et en définissent cinq catégories – décision, accès, transaction, avantage et retombée ultérieure. Ils expliquent comment les avantages de la commodité et les inconvénients de l’incommodité sont liés aux gains ou pertes de temps et/ou aux efforts évités ou inutiles, et affirment que les activités d’une entreprise peuvent influencer radicalement l’idée que les consommateurs se font de la commodité du service. Ainsi, on pourrait postuler que la mauvaise qualité d’un service de transport public, par exemple lorsqu’il y a entassement des voyageurs (Waldman et Whelan, 2011), influencera défavorablement la perception de la commodité.

Crockett *et al.* estiment possible de catégoriser la commodité des déplacements ferroviaires en fonction de quatre thèmes : accès/sortie, installations/environnement de la gare, fréquence du service/horaires et correspondances entre services ferroviaires. Ils constatent également que la définition générale de la commodité recouvre dans une large mesure d’autres facteurs en jeu dans les déplacements, notamment la fiabilité, qu’ils ont cherché à différencier dans le contexte des déplacements ferroviaires.

D’autres auteurs ont envisagé une conception plus étroite de la commodité, sans rapport avec la durée, la fiabilité et le confort (Noland et Kunreuther, 1995), mais plutôt analogue à celle offerte de porte à porte par l’automobilité. Une étude antérieure considérait que la commodité était exclusivement fonction du nombre d’étapes d’un déplacement (Watson, 1972). Pour Litman (2008), ‘confort et commodité’ sont des facteurs plus qualitatifs, ce qui laisse supposer qu’ils se distinguent des facteurs liés au temps de parcours.

Dans le présent rapport, nous postulons que la commodité concerne la totalité du parcours, y compris l’accès et la sortie, et également d’autres facteurs subjectifs tels que la valeur perçue (Lai et Chen, 2011, et de Ona *et al.*, 2013). Par conséquent, nous tenons compte de toutes les composantes de l’équation du coût généralisé des déplacements pour les usagers des transports publics (coût du temps de transport, hors tarif), notamment, mais non exclusivement, la durée, les correspondances et des critères de qualité plus immatériels.

Commodité des transports publics et qualité du service

Même si la commodité n’est pas nécessairement synonyme de qualité du service, dans un souci de simplicité, nous utilisons dans le présent rapport une acception de ce terme qui englobe la commodité au sens large ainsi que des caractéristiques relevant de la qualité du service. Ce choix est conforme au champ couvert par la notion de qualité du service, précisé dans les deux normes européennes conçues pour aider à la définir (EN 13816, 2002) et la mesurer (EN 15140), qui recouvrent toutes les caractéristiques des services de transports publics que le tableau 2.1 rappelle en détail et qui seront analysées de façon plus approfondie à la section « Mesurer la commodité ».

Tableau 2.1 **Les huit critères de qualité de service définis par la norme EN 13816 (adaptés)**

Offre de service	Description du service offert, en termes de zone géographique desservie, d'horaires, de fréquence et de mode de transport
Accessibilité	Accès à un système de transport public de voyageurs (TPV), y compris interface avec d'autres modes de transport
Informations	Mise à disposition systématique de tous les renseignements concernant le système de TPV nécessaires aux voyageurs pour programmer et effectuer leurs déplacements
Temps/Durée	Aspects relatifs au temps nécessaire pour programmer et effectuer des déplacements, notamment durée du voyage, ponctualité et fiabilité de service
Attention portée au client	Éléments de service introduits pour assurer la meilleure adéquation possible entre le service et les besoins de chaque client, notamment réaction du personnel aux réclamations des clients et amabilité du personnel
Confort	Éléments introduits dans le but de rendre les déplacements en TPV relaxants et agréables, notamment eu égard au taux d'occupation et à la propreté
Sécurité	Sécurité et sûreté des clients pendant tout leur déplacement
Impact environnemental	Effet d'un service de TPV sur l'environnement (pollution et bruit)

Source : Adapté à partir de : Comité européen de normalisation, 2002

Mesurer la commodité

La qualité du service et la commodité revêtent une importance de plus en plus grande pour toutes les activités et entreprises, notamment celles des transports publics. Elles ont une influence sur la satisfaction des clients, la demande des voyageurs, les décisions d'investissement et les recettes. Comme nous l'avons vu plus haut, la commodité est difficile à définir et renvoie à un large éventail de caractéristiques.

En tout état de cause, pour assurer un niveau approprié de commodité et rendre ainsi le service attractif aux yeux des voyageurs, exploitants et autorités doivent veiller à ce que la qualité réalisée corresponde aux besoins et aux attentes des usagers existants et potentiels. Il faut à cet effet bien connaître les comportements de mobilité, les besoins des consommateurs et ce qu'ils espèrent obtenir, ainsi que chiffrer précisément les points forts et les faiblesses du service. Il est par conséquent essentiel de mesurer la qualité du service fourni afin de pouvoir cibler le plus efficacement possible les améliorations destinées à accroître la satisfaction des usagers et à gagner des parts de marché. Néanmoins, la mise au point d'indicateurs précis est une tâche complexe, qui exige une bonne connaissance des perceptions et des attitudes.

La disponibilité du service et une capacité suffisante sont les tout premiers critères de commodité, en particulier dans les grandes zones urbaines denses. Ensuite, parmi les plus importants, peuvent figurer la fréquence, les plages de fonctionnement, la structure du réseau, la fiabilité (permettant aux voyageurs d'arriver à destination à l'heure) et le confort (notamment le taux d'occupation). Pour inciter les gens à emprunter les transports publics, il est primordial de faire en sorte que ceux-ci soient accessibles à tous, et particulièrement aux personnes ayant des besoins spécifiques. Cette accessibilité peut se mesurer en termes de facilité d'accès aux arrêts, d'embarquement ou de débarquement, et d'obtention du titre de transport.

Dans cette section, nous commençons par examiner les normes européennes EN 13816 et EN 15140 concernant la qualité du service dans le domaine du transport public de voyageurs, compte tenu du cadre qu’elles définissent pour mesurer la commodité dans les transports publics. Nous résumons ensuite les différentes mesures de la commodité et de la qualité du service relevées par des exploitants de métros, d’autobus et de chemins de fer partout dans le monde, et les évaluons en regard des critères retenus dans les normes européennes.

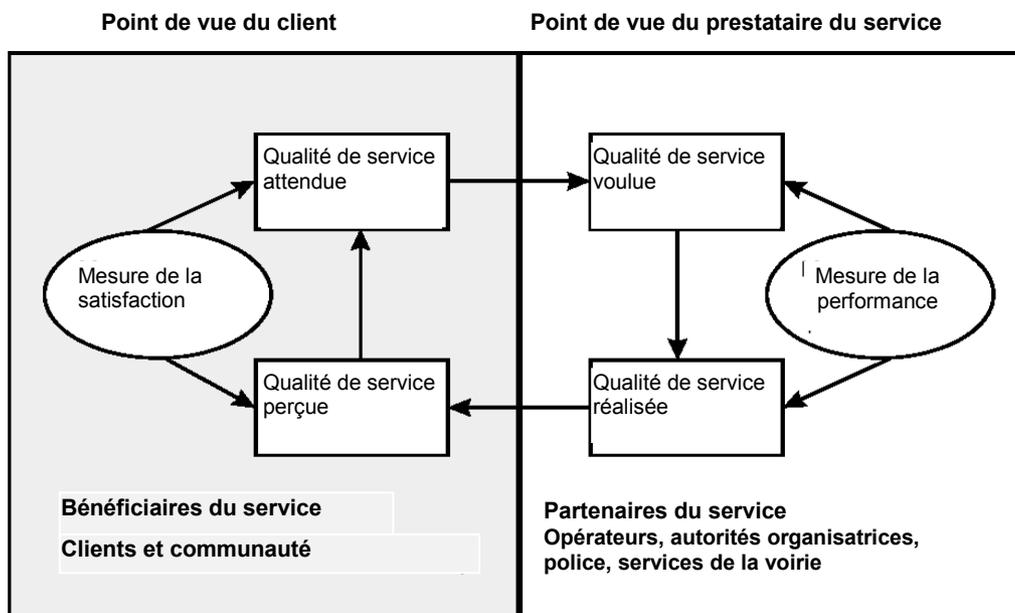
Normes européennes EN 13816 et EN 15140

La norme européenne EN 13816 procure un cadre théorique et pratique utile pour que les organisations définissent et fixent des objectifs de commodité. Elle fournit des orientations quant au choix des méthodes de fixation d’objectifs et de mesure de la qualité, et indique une liste détaillée de domaines qui, pris ensemble, déterminent la qualité réalisée des services. Cette liste peut aider les organisations à s’assurer que tous les aspects de l’expérience de leurs clients sont pris en compte. Par exemple, si les aspects relatifs au temps de trajet semblent les plus évidents parmi ceux qui constituent la commodité, les clients sont aussi concernés par des facteurs tels que la facilité d’obtention de renseignements ou les plages de fonctionnement. Les huit critères de qualité du service dispensé aux clients, définis par la norme EN 13816, sont présentés au tableau 2.1 qui précède.

Le cycle de la qualité selon la norme EN 13816

Le diagramme ci-après illustre le cycle de la qualité défini dans la norme EN 13816, laquelle décrit un processus clair grâce auquel le service fourni pourra répondre avec la plus grande efficacité aux besoins des usagers existants et potentiels, et se révéler de ce fait aussi commode que possible.

Graphique 2.1 EN 13816 – Le cycle de la qualité de service



Source : Comité européen de normalisation, 2002

Le cycle de la qualité relie le point de vue des usagers (« bénéficiaires du service ¹⁾») à celui des exploitants et des autorités (« partenaires de service ») en définissant les mesures grâce auxquelles ces derniers peuvent répondre de la manière la plus efficace aux besoins des clients, et

maximiser ainsi la commodité du service. Le prestataire du service de transport public devrait avoir pour objectif de 'réduire les écarts' entre les niveaux des qualités de service attendue, voulue, réalisée et perçue.

La « qualité de service attendue » représente le service idéal pour répondre aux besoins des usagers – on pourrait considérer que c'est le service qui 'maximise la commodité'. Il est essentiel que les prestataires connaissent les besoins des usagers et, en bonne logique, qu'ils s'efforcent de fournir un service correspondant le mieux à ces besoins – par conséquent, la « qualité de service voulue » devrait être aussi proche que possible de la « qualité de service attendue ».

Bien entendu, en règle générale, le service réalisé ne coïncidera pas tout à fait avec le niveau visé – il y aura par exemple des retards. Pour savoir jusqu'à quel point un service effectivement réalisé se rapproche du niveau voulu, un processus complet de mesure de la performance est nécessaire. Cette mesure doit être objective, elle n'est pas l'équivalent de celle de la satisfaction.

La qualité de service ressentie par les clients tendra à refléter celle du service effectivement réalisé ; la mesure de la satisfaction met donc en relation le niveau de service perçu avec le niveau de qualité attendue, refermant ainsi le cycle de la qualité – on mesure par ce rapport le degré de satisfaction des attentes des clients. Étant donné que la satisfaction établit un rapport entre qualité perçue et qualité attendue, la satisfaction et le service programmé (qualité voulue) ne sont pas directement liés. Il est donc possible d'obtenir de faibles scores de satisfaction même quand le niveau de service fourni correspond exactement au niveau voulu – c'est-à-dire quand tout se passe comme prévu.

Le cycle de la qualité met par conséquent en évidence la distinction entre la satisfaction des clients, qui est une mesure subjective des résultats obtenus, et la performance, qui en est une mesure objective. Toutes deux sont nécessaires pour déterminer l'efficacité du service offert au client par l'organisation.

Normes EN 13816 et EN 15140 : Orientations pour la mesure de la commodité

D'après la norme EN 13816, la définition de la qualité du service doit être pertinente, spécifique et mettre l'accent sur les besoins et attentes du client. Les décisions concernant les paramètres à soumettre à un suivi devraient tenir compte des priorités des clients : chaque mesure relevée devrait l'être dans un but précis. Les mesures doivent être en rapport avec l'objectif d'améliorer la qualité du service, car la mesure comme fin en soi est du gaspillage. Des définitions des résultats à atteindre sont nécessaires ; elles devraient reposer sur des renseignements au sujet du niveau de service qui satisfera les clients.

La norme européenne qui s'y rattache, EN 15140 (Transport public de voyageurs – Exigences fondamentales et recommandations pour les systèmes de mesure de la qualité réalisée) énonce des recommandations concernant la mesure de la qualité du service dans le cadre de la norme EN 13816. Elle met l'accent sur des recommandations à l'intention des exploitants et des autorités concernant la définition des processus et des indicateurs de mesure, ainsi que la fixation d'objectifs précis.

Les prestataires de services de transports publics doivent bien saisir ce à quoi les clients attachent de l'importance. Par exemple, la norme EN 15140 recommande de procéder à des enquêtes sur les attentes des clients afin de décrire les critères et établir les facteurs de pondération en fonction de ce qui compte le plus pour eux. Elle stipule que le système de mesure doit équilibrer le point de vue du client et l'emploi de la mesure comme outil de management pour atteindre la qualité voulue.

Une exigence clé de la norme EN 15140, qui revêt une importance cruciale, est la suivante : « le niveau de réalisation doit, le cas échéant, être exprimé en pourcentage de voyageurs concernés ». La norme recommande que les exploitants subdivisent les mesures correspondant aux heures de pointe et aux

heures creuses, en leur donnant un poids différent pour accorder plus d’importance aux services en heures de pointe (pendant lesquelles davantage de voyageurs sont concernés).

La norme EN 15140 recommande que, lorsque des indicateurs qualité sont utilisés dans une relation contractuelle entre une autorité organisatrice de transport et un exploitant, les processus de mesure soient bien pris en compte par les parties contractantes et convenus entre elles, en définissant clairement l’attribution des responsabilités dans le contrat.

Expériences et pratiques récentes dans le secteur ferré urbain

L’objectif de cette section est de faire une synthèse des systèmes de mesure de la commodité adoptés par les exploitants de métros, d’autobus et de chemins de fer dans le monde entier. Il ressort des études comparatives menées par l’Imperial College London pour les groupes CoMET (*Community of Metros*) et Nova qui ont pour mission d’effectuer des comparaisons de résultats obtenus que les exploitants de métros ont adopté un large éventail d’indicateurs pour mesurer et connaître le service qu’ils fournissent à leurs clients. Cette démarche permet aux exploitants et aux autorités d’évaluer le service dans une optique plus orientée clients, bien que, comme nous le verrons, nombre d’entre eux sont plus attentifs que d’autres à leurs besoins. Dans le souci de respecter les stricts accords de confidentialité conclus concernant les données, les groupes mentionnés dans les graphiques et les données chiffrées qui s’y rapportent sont rendus anonymes comme suit :

- Am –Amérique du Nord et du Sud
- Eu – Europe
- As - Asie

Nous privilégions forcément l’expérience des groupes de métros urbains qui ont accepté de partager les connaissances avec l’OCDE. Au moment où ce rapport était élaboré, les groupes CoMET et Nova se composaient de 31 métros d’Amérique du Nord et du Sud, d’Europe et d’Asie (cf. annexe A). Depuis leur création en 1994, ils effectuent surtout des analyses comparatives afin de recenser les meilleures pratiques d’exploitation et de gestion et d’échanger des informations à leur sujet. En 2012, les métros faisant partie de CoMET et de Nova, pris ensemble, ont transporté plus de 22 milliards de voyageurs : leur rôle dans l’économie des plus grandes villes du monde est par conséquent considérable, c’est pourquoi il est essentiel d’optimiser le coût généralisé des déplacements. On comprend donc que l’évaluation de la commodité suscite un vif intérêt et que les exploitants jugent de plus en plus crucial d’améliorer la qualité pour mieux se positionner sur le marché.

Dans le cadre des travaux de CoMET et Nova, et en utilisant des données librement accessibles, 21 métros ont répondu à une enquête sur les indicateurs spécifiques dont ils se servaient pour mesurer la qualité du service et la satisfaction des clients. Les mesures de performance les plus courantes sont présentées au tableau 2.2 ci-après.

Tableau 2.2 Les dix principaux indicateurs mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova

Dix premiers indicateurs de qualité du service les plus fréquemment mesurés	Pourcentage de métros
Existence d'escaliers roulants et ascenseurs	76 %
Retards des rames : mesurés aux seuils de 2 et 5 minutes de retard	48 %
Existence de service de billetterie / taux de pannes/temps requis	48 %
Taux d'occupation	43 %
Propreté des stations/rames	43 %
Existence de portillons automatisés/taux de pannes	43 %
Disponibilité/qualité du personnel	43 %
Voyageurs à l'heure : aux seuils de 2 et 5 minutes de retard	38 %
Informations dans les stations	38 %
Temps d'attente	33 %

Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London)

L'existence d'escaliers mécaniques et d'ascenseurs, la ponctualité des rames, l'existence d'un service de billetterie et l'affluence sont les indicateurs les plus fréquemment mesurés. En règle générale, les indicateurs les plus courants concernent surtout l'exploitation, 38 % des métros seulement ayant indiqué qu'ils mesuraient la fiabilité du service perçue par les voyageurs.

Le recours à des indicateurs concernant des paramètres clés de la commodité, comme le temps passé à bord du véhicule, l'accès et la sortie ou les correspondances, est moins courant parce qu'il est moins facile de les faire varier dans le contexte de l'exploitation, supposons-nous (l'autorité organisatrice peut mesurer ces caractéristiques à la place des exploitants). Le temps d'attente et l'entassement des voyageurs sont des sources importantes de désagrément pour les clients, et pourtant une minorité d'exploitants seulement les mesurent. La mise à disposition de capacité est essentielle pour la commodité, mais de nombreux métros à très forte fréquentation opérant dans de grandes agglomérations n'ont pas indiqué qu'ils mesuraient des indicateurs d'occupation de l'espace ou de capacité.

Le tableau 2.3 ci-dessous présente des exemples d'indicateurs utilisés dans les métros de CoMET et de Nova. Y figurent les plus courants ainsi que certains paramètres plus novateurs, ou correspondants aux meilleures pratiques, pour chacun des critères de qualité du service définis par la norme EN 13816.

Parmi les éléments que les métros mesurent le plus souvent, on compte de nombreux indicateurs de gestion du système propres à concrétiser une qualité de service voulue, par exemple la ponctualité des rames, la fréquence, la proportion d'intervalles de circulation respectés, et la proportion de kilomètres prévus qui sont effectivement parcourus. Nous analysons dans les sections ci-après des indicateurs privilégiant davantage l'attention portée au client, lesquels sont toutefois moins fréquemment utilisés ; il s'agit notamment de la proportion de voyageurs arrivés à destination à l'heure, des 'heures perdues par le client' et du 'temps d'attente excessif'.

Tableau 2.3 Les dix principaux indicateurs de qualité du service mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova

	Indicateurs les plus couramment utilisés par les métros	Paramètres novateurs/correspondant à de bonnes pratiques mesurés par les métros (Eu= métro européen, Am=américain, As=asiatique)
Disponibilité	<p>% du matériel roulant disponible pour le service en période de pointe</p> <p>% de service effectivement assuré conformément au service programmé</p> <p>Véhicules-kilomètres entre pannes de rames occasionnant des retards ≥ 5 minutes</p>	<p>Nombre de fermetures complètes de stations non prévues – mesuré par jour de service (Eu)</p> <p>Nombre de dépassements de la capacité maximum de voyageurs d’une station (Am)</p> <p>Objectifs d’espacement des rames aux heures de pointe par ligne (intervalle minimum entre deux rames) (As)</p>
Accessibilité	<p>% d’escaliers roulants et d’ascenseurs en service</p> <p>% d’automates de vente de billets disponibles dans tout le réseau</p>	<p>% de clients qui pâtissent de l’indisponibilité des escaliers roulants (Eu)</p> <p>Objectif : 96 % des voyageurs ne devraient pas rester bloqués dans un ascenseur pendant plus de 15 minutes (Eu)</p>
Information	<p>Information dynamique des voyageurs en station et à bord (concernant les perturbations de service)</p> <p>Enquête client mystère pour évaluer la qualité de l’information des voyageurs</p>	<p>% de voyageurs ayant accès à des informations sur le trafic en temps réel pendant les interruptions de service (Eu)</p> <p>% d’échanges avec le personnel permettant d’obtenir des renseignements corrects sur la délivrance de billets et les itinéraires (Eu)</p>
Temps/durée	<p>% de rames à l’heure (seuils de 2,3 et 5 minutes de retard)</p> <p>% voyageurs arrivés à destination à l’heure (seuils de 2,3 et 5 minutes de retard)</p>	<p>Temps de trajet excessif (TTE) (Eu)</p> <p>Heures perdues par le client (HPC) (Eu)</p> <p>Temps d’attente excessif (TAE) (Eu)</p> <p>Proportion de voyageurs gênés (% de voyageurs ayant subi un retard de 5 minutes ou plus) (As)</p> <p>% de voyageurs ayant attendu moins longtemps qu’un intervalle de référence entre rames (heures creuses) (Eu)</p>
Attention portée au client	<p>Nombre de plaintes/voyageur</p> <p>Temps de réaction pour traiter une demande de renseignements – X % des plaintes de clients auxquelles il est donné suite dans un délai inférieur à X jours</p> <p>Score global de satisfaction des clients</p>	<p>Indice général de la qualité perçue : indice global calculé par pondération du classement des différents aspects en fonction de leur importance (Eu)</p> <p>Suivi et évaluation : % de satisfaction (note de 3 et plus) concernant le suivi/évaluation par les superviseurs des agents travaillant dans les centres d’appel du service clientèle (As)</p>
Confort	<p>Densité d’occupation : nombre moyen de voyageurs debout par m² dans les rames aux heures de pointe dans la section la plus chargée</p> <p>Normes préétablies de température à ne pas dépasser dans les rames et les stations</p> <p>Score de propreté perçue dans les stations et les rames (enquête)</p>	<p>Le taux d’occupation maximum dans les rames aux heures de pointe, ligne par ligne, dans la direction la plus chargée : ne doit pas dépasser 100 % de la norme prévue (As)</p> <p>% des services en période de pointe où la fréquentation dépasse 135 % de la capacité en places assises (As)</p> <p>Le niveau de référence convenu entre l’exploitant et le régulateur ne devrait pas dépasser 4 voyageurs par m² dans la rame (Eu)</p>

Sécurité	Nombre de décès d'agents du personnel et de voyageurs Taux d'accidents de personnes rapporté au nombre de voyageurs Taux de délinquance dans les rames et les stations	Nombre d'actes délictueux à l'origine d'interruptions de service et portant atteinte à la sûreté ou la sécurité des personnes et des biens, par million de voyageurs-kilomètres (As) Score de sûreté ressentie (concernant les agressions et les vols) (Eu) Superficie de graffitis supprimés (en m ²) (As)
Impact environnemental	<i>Aucun indicateur mentionné</i>	<i>Aucun indicateur mentionné</i>

Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London

Le tableau 2.4 ci-dessous indique la proportion d'indicateurs de qualité du service mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova, par région - Europe, Asie et Amériques (du Nord et du Sud). Les huit catégories correspondent aux critères définis dans la norme EN 13816 (voir plus haut).

Tableau 2.4 **Mesure de la qualité du service : critères mesurés par les métros membres de CoMET et de Nova**

	% de métros asiatiques qui mesurent cette catégorie	% de métros européens qui mesurent cette catégorie	% de métros (nord et sud) américains qui mesurent cette catégorie
Offre de service	75 %	100 %	75 %
Attention portée au client	63 %	100 %	75 %
Accessibilité	50 %	67 %	75 %
Durée/Temps	63 %	89 %	100 %
Confort	75 %	100 %	75 %
Sûreté et sécurité	63 %	89 %	75 %
Informations	63 %	89 %	75 %
Impact environnemental	0 %	0 %	0 %

Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London

L'offre de service (par exemple la fréquence minimum de service réalisée), l'attention portée au client (par exemple les délais normalement prévus pour que le personnel réponde à une demande de renseignements ou donne suite à une réclamation de voyageur), l'accessibilité (par exemple l'existence d'ascenseurs/escaliers roulants) et la ponctualité (par exemple les temps de trajet ou d'attente excessifs) sont les critères les plus couramment mesurés dans les métros membres de CoMET et de Nova (d'une façon ou d'une autre par 81 %- 86 % d'entre eux). L'impact environnemental est le seul critère qu'aucun métro n'a évalué.

Il apparaît clairement que les métros européens procèdent davantage à des mesures de la qualité du service, ce qui s'explique par les relations contractuelles ou réglementaires souvent plus étroites existant entre l'exploitant et l'autorité organisatrice en Europe. Par exemple, certaines des pratiques les plus innovantes en la matière, mises en œuvre par London Underground, découlent des règles fixées dans le cadre des contrats de partenariat public-privé (PPP). En général, en Asie, les métros utilisent des indicateurs bien moins détaillés, et surtout ceux qui sont axés sur l'exploitation et basés sur le temps (comme la ponctualité, la fiabilité ou le pourcentage de rames exploitées).

Dans de nombreuses villes, en raison des possibilités limitées de se déplacer aussi rapidement qu'en métro par d'autres moyens, une baisse de qualité du service peut provoquer du mécontentement chez les voyageurs et/ou des difficultés d'ordre politique, sans que la demande recule sensiblement pour autant (du moins à court terme). Par conséquent, un régulateur indépendant est parfois nécessaire pour surveiller la qualité du service, laquelle peut donner lieu à des récompenses et/ou sanctions financières. La réglementation incitative est une pratique relativement récente dans les activités d'exploitation de métros, mais elle se généralise progressivement dans le secteur des autobus et elle est largement répandue dans ceux des entreprises de service public réglementées.

La fixation d'objectifs clairs est un moyen de gestion efficace pour atteindre les niveaux de qualité voulue. La norme EN 13816 recommande que les exploitants adoptent des objectifs spécifiques pour chaque indicateur, ainsi que des processus de mesure précisément définis. Il importe de le souligner, car les membres de CoMET, de Nova ou d'IBBG n'ont pas tous indiqué ces deux éléments parmi les critères de qualité du service qu'ils appliquent. En fait, certains exploitants de transports urbains ne se servent que des enquêtes de satisfaction des clients, de sorte qu'ils n'ont pas défini d'indicateurs objectifs de qualité.

Un objectif précis, souvent stipulé dans des contrats de performance, peut inciter plus efficacement à améliorer la situation. A Paris, le contrat d'exploitation conclu entre la RATP et le STIF (autorité organisatrice des transports en Ile-de-France) prévoit un ensemble strict d'indicateurs de performance et d'objectifs de qualité du service essentiels. Ces objectifs, établis annuellement et valables pendant trois ans, sont assortis d'un système de bonus-malus qui récompense ou pénalise financièrement la RATP en fonction des résultats obtenus, selon que ceux-ci dépassent les seuils annoncés ou restent en deçà (Groupe RATP, Rapport d'activité, 2012).

Des métros de CoMET et de Nova à la pointe du progrès, tels Metro de Santiago et MTR à Hong Kong, ont mis en œuvre des processus et une culture d'amélioration ininterrompue au sein de l'organisation. Tous les mois, les performances réalisées sont comparées aux niveaux précédemment atteints.

La pratique de mesure de la commodité et de la qualité du service : études de cas dans le monde

Examinons maintenant plus en détail certaines mesures de la commodité et de la qualité du service qui se rangent parmi les plus novatrices, en nous référant à des exemples du Royaume-Uni, d'autres pays européens, d'Amérique du Nord et d'Asie.

L'expérience britannique : Transport for London / London Underground / London Buses

L'incidence de la qualité du service sur les perspectives de croissance du trafic voyageurs (et des recettes) revêt toujours une grande importance à Londres. Tant la sous-traitance des services d'autobus par Transport for London (TfL) que les partenariats public-privé (PPP) conclus par l'ancienne société London Underground (LU) ont été des catalyseurs de l'adoption de nouvelles mesures, plus inventives, de la commodité.

L'accent mis au Royaume-Uni sur la mesure et l'évaluation des performances s'explique par les exigences d'évaluation préalable minutieuse à respecter pour obtenir un financement public. Sont notamment mesurés en détail l'indicateur de temps de trajet (*Journey Time Metric*, JTM) et le nombre d'heures perdues par le client (*Lost Customer Hours*, LCH) utilisés par LU, ou encore le temps d'attente excessif (*Excess Wait Time*, EWT) utilisé par London Buses.

London Underground mesure le 'temps de trajet excessif' à l'aide de l'indicateur de temps de trajet JTM (London Transport, 1999), conçu à l'époque pour mesurer la totalité du temps passé sur le réseau par les clients pour effectuer leurs déplacements, qui se décomposent en plusieurs éléments : le temps nécessaire pour accéder au quai depuis l'entrée de la station, le temps passé dans la file d'attente puis pour acheter le titre de transport, le temps d'attente sur le quai, le temps passé à bord de la rame, le temps requis pour changer de quai en cas de correspondance et le temps nécessaire pour sortir de la station à partir du quai. Ces différentes durées peuvent être ventilées par ligne et par plage horaire. Grâce aux informations obtenues au travers des enquêtes origine-destination menées auprès des voyageurs, LU est à même de construire une matrice de la demande de ces derniers, qui lui permet d'estimer le nombre de voyageurs empruntant une section de ligne particulière ou un couloir donné dans une station. LU peut donc calculer le temps moyen pour chaque étape d'un parcours. À chaque JTM est également associé un coefficient de pondération 'valeur du temps' qui dépend de la façon dont le client perçoit l'activité. Les variations par rapport aux valeurs prévues des différents éléments du JTM peuvent traduire des améliorations des équipements, par exemple le réaménagement des stations pour raccourcir les distances à parcourir à pied, ou la mise en circulation de rames plus rapides. Les initiatives ne concernant pas les installations, par exemple l'amélioration de la gestion du temps de transit dans les stations ou la présence dans celles-ci d'agents du personnel pour aider les voyageurs et réduire les files d'attente aux guichets ou automates de vente de titres de transport, peuvent avoir un effet immédiat sur la réduction des retards, et même sur les horaires normaux à plus long terme.

L'indicateur LCH (heures perdues par le client) mesure le temps supplémentaire total (tous clients cumulés) découlant de toutes les perturbations de service de deux minutes ou plus, quelle qu'en soit la cause. Par exemple, un retard de deux minutes dans une station centrale à fort trafic pendant la période de pointe du matin a un coût bien plus élevé, en LCH, qu'un retard de deux minutes en soirée le dimanche en banlieue, car le nombre de voyageurs concernés est beaucoup plus important. En tenant compte de la durée de la perturbation ainsi que du lieu et de l'heure où elle se produit pour estimer le « coût » total exprimé en temps pour le client, on mesure directement l'effet sur les voyageurs. Cet indicateur, qui rend compte de la disponibilité ou non des équipements, était le principal paramètre utilisé pour évaluer les résultats obtenus par la société responsable de l'infrastructure dans le cadre du PPP en matière d'amélioration de l'offre de service au quotidien.

L'indicateur EWT (temps d'attente excessif) est un paramètre de régularité utilisé par London Buses. Il s'agit, par définition, de la différence entre le temps d'attente effectif (*actual wait time*, AWT) et le temps d'attente programmé (*scheduled wait time*, SWT). Plus la valeur de EWT sera faible, plus grande sera la probabilité que les voyageurs n'attendent pas plus longtemps que la durée programmée et perçoivent le service comme étant régulier. C'est donc une mesure de la régularité ressentie : elle est objective, relativement facile à communiquer aux voyageurs, représentative de tous les clients, et elle pénalise les très longs intervalles de circulation (lesquels sont source de désagrément pour les usagers). Elle ne vaut toutefois qu'en cas de cadencement du service.

Parmi les quatre mesures de la régularité testées par l'International Bus Benchmarking Group (IBBG) de l'Imperial College London, l'indicateur EWT a été jugé le plus robuste au sens statistique du terme, et le seul à tenir pleinement compte du point de vue du client (Trompet *et al.*, 2011). Les autres indicateurs de régularité du service analysés sont l'évaluation de l'attente, la régularité du service et l'écart-type entre

intervalles effectifs et intervalles programmés, les résultats pour ce dernier paramètre lié au respect de l’espacement des rames étant cependant exprimés en minutes.

Situation actuelle en Europe

En général, les méthodes de mesure de la commodité et de la qualité du service qu’appliquent les métros européens sont plus détaillées, et souvent calquées sur la norme EN 13816.

Dans le souci de faire respecter les normes de service, beaucoup de métros européens membres de CoMET et de Nova définissent les critères de référence en matière de qualité du service dans une optique tenant compte de tous les acteurs concernés. Les normes de qualité du service sont fréquemment prescrites par l’autorité organisatrice des transports ou l’administration publique dans le cadre d’un contrat d’exploitation. Plusieurs métros ont appliqué des mesures qui s’inspiraient de la norme EN 13816, dans le but d’offrir des incitations internes et de s’engager à dispenser aux clients un service de qualité. Par exemple, dans le Metro de Madrid, chacune des lignes est certifiée par l’AENOR (autorité espagnole de normalisation/certification), conformément à ce que stipule la norme EN 13816.

A Paris, le nouveau contrat d’exploitation (2012-2015) passé entre la RATP et l’autorité organisatrice des transports (STIF) témoigne d’un engagement fort à l’égard de la qualité du service. Des incitations financières sont accordées en fonction d’une série d’indicateurs globalement conformes à la norme EN 13816. Des objectifs spécifiques sont définis pour chaque indicateur, notamment un seuil de référence au-delà duquel la RATP bénéficie d’un bonus progressif. En revanche, si les objectifs spécifiés ne sont atteints pour aucun indicateur, c’est un malus qui s’applique. L’accent mis dans le contrat sur la qualité du service permet de veiller au respect des normes et de s’assurer que les services du métro, du RER et d’autobus répondent aux besoins de leur clientèle (en augmentation). La RATP vise quelquefois des objectifs de gestion interne plus ambitieux que ceux fixés par l’autorité organisatrice (Groupe RATP, 2012, Rapport d’activité).

Le nouveau contrat conclu entre le STIF et la RATP prévoit notamment davantage d’indicateurs de performance que le précédent : 141 contre 79. Il accorde plus de poids à la ponctualité et à la régularité (43 % des indicateurs de qualité du service sont liés à la ponctualité, contre 29 % dans le contrat précédent) ainsi qu’à la satisfaction des clients (Groupe RATP, 2012, Rapport d’activité). Il prévoit aussi, ce qui est crucial, des indicateurs qui mesurent les conséquences de la qualité du service pour les voyageurs. Par exemple, un seuil est fixé pour le temps d’attente (% de voyageurs ayant attendu moins longtemps que l’intervalle de référence) aux heures creuses. De même, un seuil de disponibilité est défini pour la délivrance de titres de transport (distributeurs automatiques) afin de mesurer la commodité de leur achat.

Situation actuelle en Asie : le MTR de Hong Kong

Certains métros asiatiques affinent les mesures de la qualité du service pour répondre à l’évolution des contextes réglementaires et à la nécessité d’être en contact direct avec les clients en permanence. Ceux qui mettent en œuvre les meilleures pratiques mesurent aussi bien des indicateurs axés sur l’exploitation que des indicateurs orientés clients. Le MTR de Hong Kong mesure un ‘ratio de voyageurs concernés’, représentatif du nombre de voyageurs se trouvant à bord de rames en retard de cinq minutes ou plus. Le nombre de voyageurs est calculé sur une période de 15 minutes compte tenu d’un coefficient moyen d’occupation par ligne, à partir des données provenant des portillons automatisés. Les retards des rames sont mesurés directement au moyen du système de signalisation, et ces données sont rassemblées par le centre de contrôle.

Les indicateurs opérationnels et techniques sont certes utiles, mais ils risquent de ne pas bien rendre compte du point de vue des clients ; il arrive donc souvent que les indicateurs de perception du public et de ponctualité ne coïncident pas. Les mesures de la fiabilité du service, telle la distance moyenne parcourue entre pannes, sont généralement fondées sur la fréquence des incidents ou des retards. Or, pour appréhender vraiment la fiabilité, il faut des indicateurs qui traduisent l'impact total des incidents sur la circulation des rames, et donc sur les déplacements des voyageurs, par exemple la longueur des retards des rames et des voyageurs (Barron *et al.*, 2013). Cette approche est importante parce que les effets des incidents augmentent de façon exponentielle avec le temps. De plus, le contexte dans lequel les incidents se produisent est déterminant ; aux heures de pointe ou dans des endroits à fort trafic, ils auront des répercussions beaucoup plus importantes qu'en bout de ligne un dimanche tard dans la nuit.

Des métros comme le MTR de Hong Kong déploient une démarche équilibrée et détaillée de mesure des indicateurs basés sur le temps et la fiabilité, en tenant compte à la fois de paramètres orientés clients et axés sur l'exploitation. Tout comme le 'ratio de voyageurs concernés', ces indicateurs mettent l'accent sur la mesure de la ponctualité (proportion de rames circulant à l'heure) et de la fiabilité (distance moyenne parcourue entre des incidents ayant entraîné des retards dans le service) aux seuils de deux et de cinq minutes ; ce sont des éléments très utiles pour jauger les performances techniques des matériels et des équipements.

Fréquence, capacité et taux d'occupation

Le nombre de voyageurs en surnombre (*Passengers in Excess of Capacity*, PiXC) est un indicateur global qu'utilisent les opérateurs de services ferroviaires (*Train Operating Companies*, TOC) en Grande-Bretagne. Le PiXC correspond au nombre de voyageurs en surnombre par rapport à la capacité disponible dans tous les services passant par un point critique de fréquentation (c'est-à-dire où celle-ci excède un seuil critique) divisé par le nombre total de personnes en cours de déplacement ; il est exprimé en pourcentage. On entend par points critiques de fréquentation les sections des parcours où l'affluence est la plus forte, normalement à l'approche ou au départ des grandes gares, et seulement pendant les trois heures de pointe du matin et du soir (Department for Transport (DfT), Royaume-Uni, 2012).

Dans les métros desservant les grandes agglomérations à forte densité de population, la mise à disposition de capacité et l'entassement des voyageurs peuvent s'avérer des critères essentiels pour mesurer la commodité du service de transport public offerte aux clients potentiels, car ce sont des paramètres susceptibles d'avoir une influence importante sur les coûts généralisés des déplacements. Il est surprenant de constater que la majeure partie des indicateurs utilisés par les métros membres de CoMET et de Nova n'accordent pas une importance prépondérante aux mesures spécifiques de l'occupation de l'espace et de la capacité : seuls sept métros sur 21 mesurent ces paramètres, tandis que deux autres font figurer l'entassement des voyageurs parmi les notes de satisfaction que les clients doivent attribuer lors des enquêtes réalisées auprès d'eux. Citons l'exemple d'un métro chinois qui mesure le taux d'occupation des rames aux heures de pointe en rapportant la demande de transport de voyageurs par ligne en temps réel à la capacité maximale de la ligne pendant l'heure de pointe dans la direction la plus fréquentée. Au-delà d'un certain seuil, cet indicateur permet de détecter les rames surchargées et de déterminer où il s'impose d'augmenter la capacité. La société Sydney Trains mesure la proportion de services dans lesquels, aux heures de pointe, le taux d'occupation est supérieur à 135 % de la capacité en places assises. Certains métros européens ont adopté comme norme une limite d'occupation de quatre voyageurs par m² pendant les périodes de pointe.

Dans des travaux antérieurs de l’Imperial College (Graham *et al.*, 2009), un modèle dynamique de panel était utilisé pour estimer les effets des tarifs, des revenus et de la qualité (capacité et fréquence) sur la demande dans un échantillon de 22 métros, les séries chronologiques de données couvrant une période de 13 ans. Les principaux résultats en sont résumés au tableau 2.5 ci-après :

Tableau 2.5. **Métros - Élasticités de la demande**

Demande par rapport :	Élasticité (court terme)	Élasticité (long terme)
aux revenus	0.026	+0.183
aux tarifs	-0.047	-0.331
à la qualité du service (mesurée par : voitures-km/km de ligne)	0.072	0.507

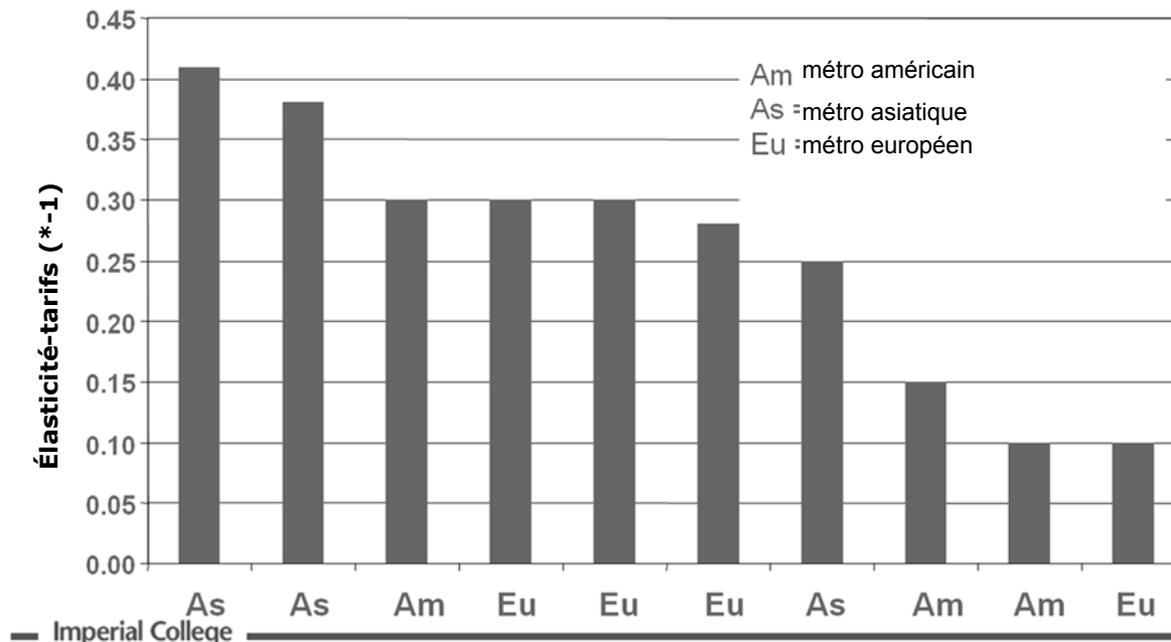
Source: Graham et al., 2009

L’estimation de l’élasticité-revenus à long terme était faible mais positive (0.18), signe que les métros sont perçus comme des biens normaux (la demande augmente parallèlement au revenu). L’élasticité à long terme par rapport à la qualité du service (en l’occurrence, +0.51 si la capacité est égale au nombre de voitures-km divisé par le nombre de km de ligne) était positive et considérablement supérieure à la valeur absolue de l’élasticité-tarifs (-0.33). En revanche, l’effet observé de l’augmentation de la vitesse sur la demande était faible. En conséquence, l’augmentation de la capacité, et non les réductions de tarifs ou du temps passé à bord des véhicules, serait le moyen le plus efficace d’accroître la fréquentation. À l’évidence, une élasticité moyenne de la demande par rapport à la qualité du service de 0.51, tous métros confondus et quelle que soit la période considérée, pourrait indiquer que l’élasticité est beaucoup plus élevée sur les lignes très fréquentées aux heures de pointe ; dès lors, la demande des voyageurs serait très sensible aux facteurs qui entraînent des taux d’occupation excessifs, à l’aune de leur coût généralisé.

Les analyses de la sensibilité des coûts et des recettes des métros chinois en appliquant ces élasticités (Anderson *et al.*, 2012) ont démontré que les recettes de tarification permettraient de récupérer une part beaucoup plus importante des coûts d’exploitation si l’utilisation de la capacité des installations fixes était maximisée en augmentant la fréquence et la capacité des rames.

Il y a lieu de noter que 50 % seulement des métros membres de CoMET et de Nova, lors de l’enquête dont ils ont fait l’objet en 2009, connaissaient leurs propres élasticités-prix de la demande (les valeurs reçues les concernant sont présentées dans le graphique 2.2). Les autorités des transports sont probablement mieux informées à ce sujet, mais on peut penser qu’une meilleure connaissance de la demande des voyageurs et des recettes de tarification permettrait aux exploitants de prendre plus efficacement les décisions clés concernant leur stratégie et les services assurés, et leur donnerait des arguments pour mieux plaider en faveur des investissements.

Graphique 2.2 Élasticités-tarifs connues des métros (2009) : sensibilité de la demande au prix, communiquée par les métros membres de CoMET et de Nova



Sources : (Anderson et al., 2010 / CoMET and Nova Benchmarking Groups)

Évaluation comparative de la commodité et de la qualité des services de transports publics

Les groupements CoMET, Nova, ISBeRG et IBBG comprennent des métros, des chemins de fer suburbains et des réseaux d'autobus présentant beaucoup de caractéristiques différentes, mais bon nombre d'entre eux rencontrent, pour l'essentiel, les mêmes défis et problèmes, d'où la richesse de l'expérience et des connaissances que les exploitants peuvent mettre en commun.

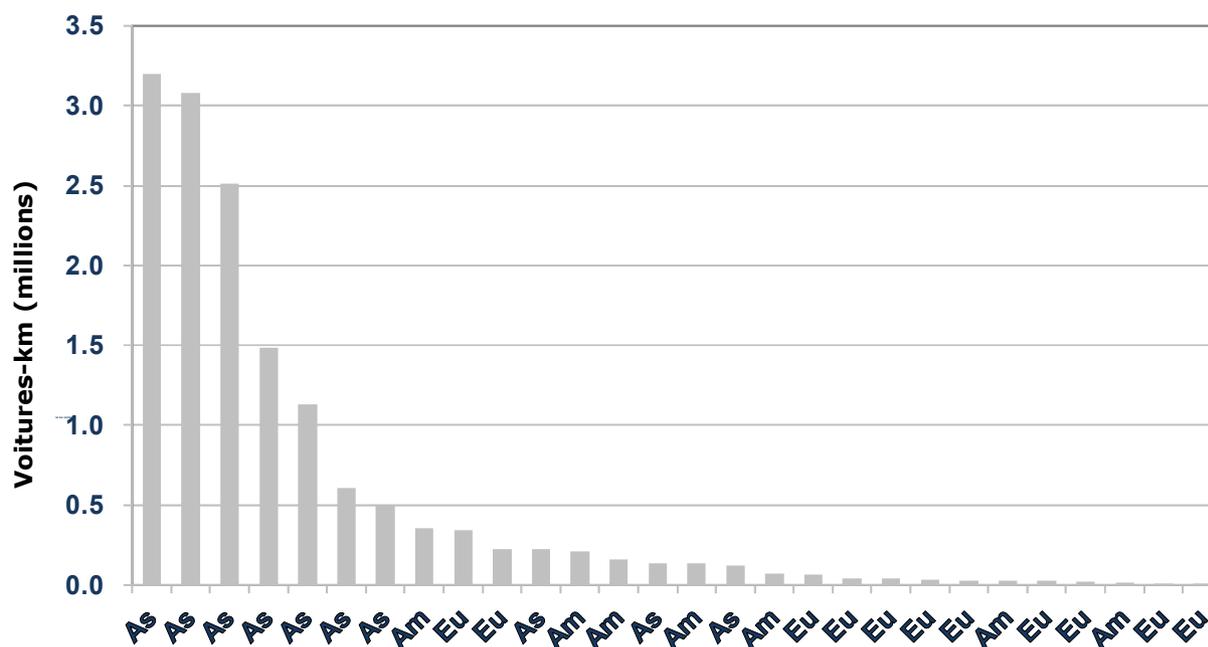
Le processus d'évaluation comparative mis en œuvre avec le concours de l'Imperial College London est centré sur un système d'indicateurs de performance clés (*Key Performance Indicators*, KPI) autorisant des comparaisons, cohérentes et intelligibles par tous, entre les différentes organisations. Ce système ne se borne cependant pas à étalonner les performances, il sert aussi à recenser les meilleures pratiques, à étayer la prise de décisions et à améliorer la gestion interne. Il permet de mieux comprendre ce qui différencie les opérateurs entre eux, d'intensifier la motivation des personnels, de fixer des objectifs d'amélioration des performances, de cerner les points forts et les faiblesses, et de faire ressortir les problèmes à résoudre en priorité. Il rend compte de tous les domaines de l'activité de transport public, y compris le financement, l'exploitation et la sécurité ainsi que tous les aspects liés à la commodité.

L'évaluation comparative de la commodité se heurte à de nombreuses difficultés. En premier lieu, en raison de la dimension subjective de nombre de caractéristiques en jeu, la commodité n'est pas toujours clairement définie, ou bien les définitions peuvent présenter d'importantes disparités d'une organisation à l'autre. Les habitudes, coutumes et attentes de la population diffèrent selon les villes et les pays eu égard à la commodité. De même, les divergences de compréhension des notions compromettent la comparabilité directe des données entre organisations. Qui plus est, la commodité est une dimension dynamique dans la mesure où les attentes des clients ne sont pas immuables et peuvent devenir plus exigeantes, en fonction des progrès réalisés dans d'autres secteurs (par exemple suite à l'adoption de nouvelles technologies, de la climatisation et de normes de confort de plus en plus élevées).

En dépit de ces difficultés, les KPI utilisés par CoMET et Nova permettent de mesurer un certain nombre d’éléments susceptibles de faciliter la définition de niveaux de commodité objectifs. Sont exposés ci-après un choix d’exemples dont la confidentialité est préservée moyennant les codes définis à la section « Expériences et pratiques récentes dans le secteur ferré urbain ».

Le premier exemple, le nombre de voitures-kilomètres entre incidents occasionnant des retards de cinq minutes ou plus, est illustré par le graphique 2.3 La durée des retards des rames, et donc des voyageurs, est un déterminant fondamental de la qualité de service du métro et de la satisfaction des clients. Ce KPI mesure la fiabilité en fonction de la fréquence des incidents, quelle que soit la durée des retards qu’ils entraînent (à condition que celle-ci soit égale ou supérieure à cinq minutes). La fiabilité globale devrait aussi tenir compte de la longueur des retards et du nombre de voyageurs concernés. Ce KPI est important dans les travaux de CoMET et de Nova en raison des disparités considérables des performances observées et des améliorations notables constatées d’une année sur l’autre dans plusieurs métros.

Graphique 2.3 **Voitures-kilomètres entre incidents occasionnant des retards de cinq minutes ou plus, indicateur également appelé distance moyenne entre pannes**
(Mean Distance Between Failures, MDBF) 2012.



Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London)

Néanmoins, le nombre de voitures-km entre incidents ne traduit pas véritablement la commodité pour les voyageurs, car c’est un indicateur axé sur l’exploitation qui ne reflète pas nécessairement le ressenti des clients concernant le service. Il importe par conséquent de mesurer l’effet des retards des rames sur les voyageurs. Le tableau ci-dessous établit la hiérarchie des indicateurs de retard fondés sur la durée pris en compte dans le système de KPI de CoMET et de Nova, dans l’ordre croissant de l’orientation clients :

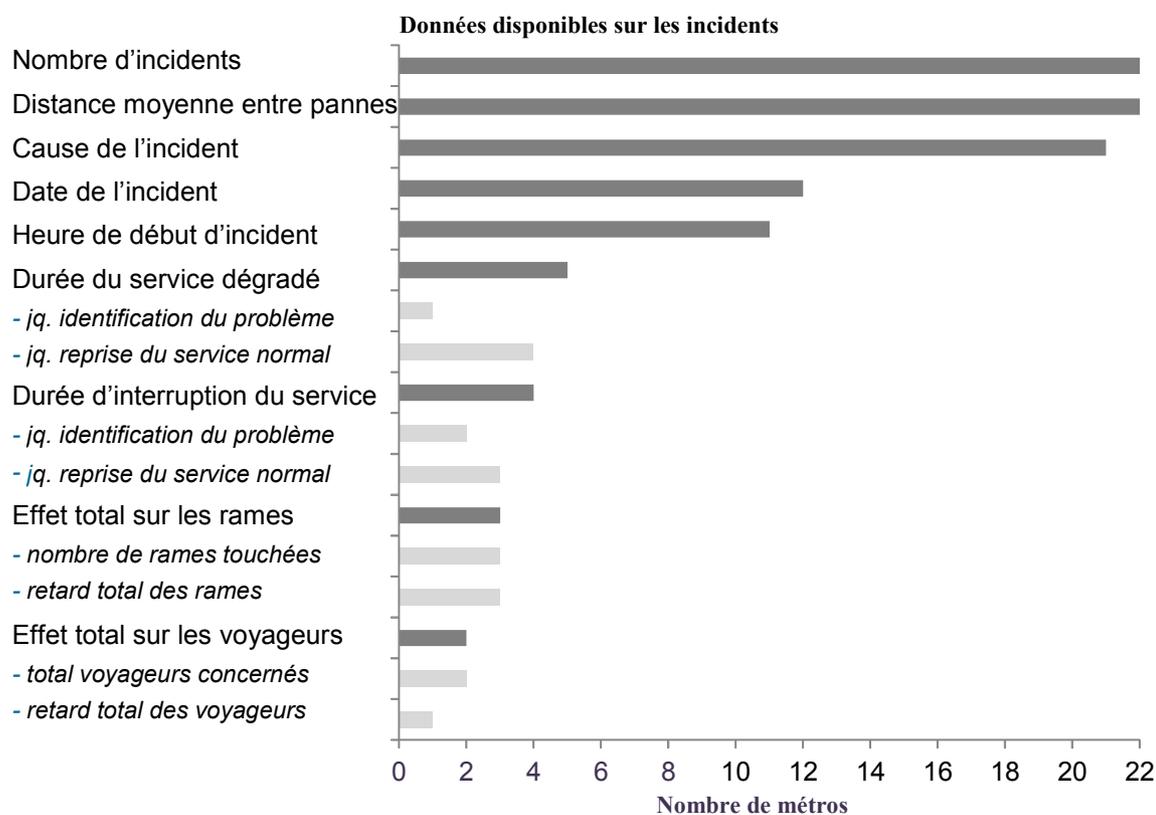
Tableau 2.6. Mesurer les incidents de retard : accent mis sur l'exploitation et sur l'orientation clients

Arrivée à destination à l'heure	Nombre de rames à l'heure/nombre total de rames (terminus seulement)	orientation client croissante ↓
Arrivée à l'heure en cours de route	Nombre de rames à l'heure/nombre total de rames (en un point du parcours)	
Retard moyen par rame	Rapport du nombre de minutes de retard des rames au nombre de rames touchées par les retards Nombre de rames-heures de service/heures de retard des rames	
Nombre de voyageurs concernés Nombre de voyageurs – service ponctuel	Nombre moyen de voyageurs par rame (taux d'occupation) ; durée des retards des rames et lieux où ils se produisent	
Heures de retard des voyageurs	Heures de retard des voyageurs/trajet voyageur Nombre de voyageurs à l'heure/trajet voyageur	

Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London/ (Barron et al., 2013).

Pour mesurer les retards dans une optique plus orientée clients, il est nécessaire de collecter des données suffisamment détaillées. Le graphique 2.4 présente une vue d'ensemble des données sur les incidents et les retards fournies par 22 métros à l'occasion d'une enquête récente (Barron *et al.*, 2013). Tous les métros qui y ont répondu étaient en mesure de communiquer la plupart des données de base (par exemple le nombre d'incidents de retard), mais rares sont ceux qui ont pu donner des informations détaillées concernant l'effet des retards sur la circulation des rames et les voyageurs.

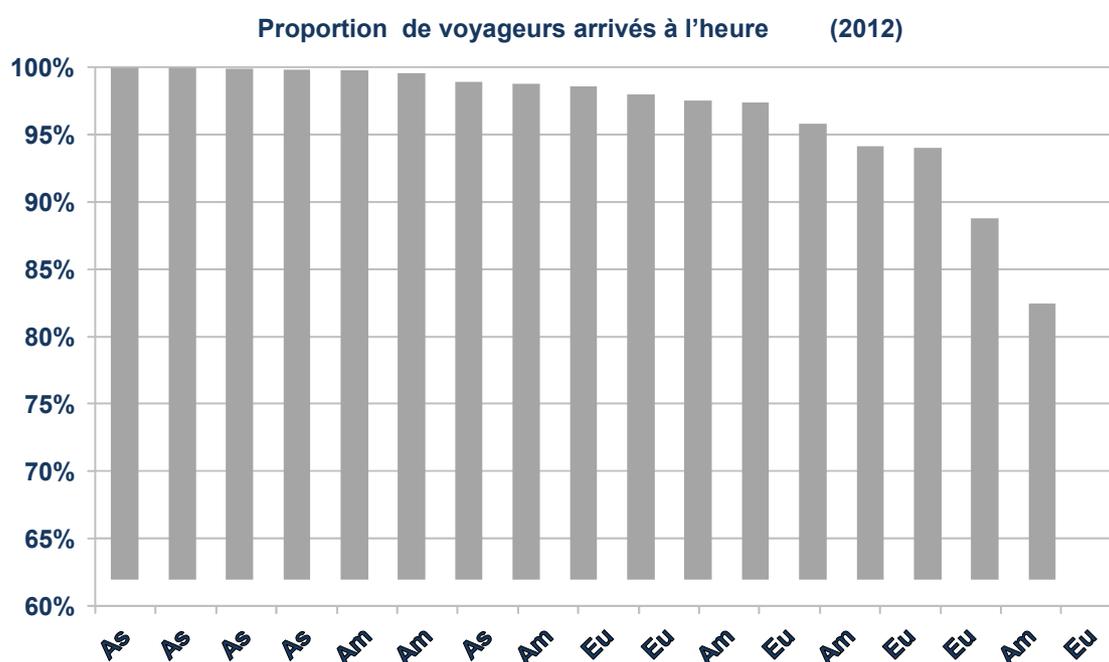
Graphique 2.4. Vue d'ensemble des données disponibles sur les incidents : Enquête de CoMET et de Nova, 2012 (Barron et al., 2013)



Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London/ (Barron et al., 2013).

En dépit des difficultés de collecte qui limitent le nombre de données disponibles concernant de nombreux métros, les méthodes actuelles d’évaluation comparative nous permettent d’estimer l’effet des incidents sur les retards que subissent les voyageurs. Le graphique 2.5 indique la proportion de voyageurs arrivés à l’heure dans les métros membres de CoMET et de Nova en 2012. Il est à noter que des métros ont produit ces estimations pour les groupes chargés de l’évaluation comparative, alors qu’ils ne le font pas souvent pour mesurer leurs performances en interne. En l’occurrence, la proportion de voyageurs à l’heure est beaucoup plus faible chez les exploitants qui affichent des incidents concentrés aux heures de pointe (dont pâtit un plus grand nombre de clients). Les données montrent que le navetteur quotidien moyen dans un métro très fiable comme celui de Hong Kong n’est retardé de cinq minutes ou plus qu’une fois tous les deux ans, alors que celui voyageant dans un métro européen type l’est toutes les deux semaines. Cela étant, les méthodes actuellement employées pour mesurer les retards ne tiennent pas compte de ceux provoqués par la congestion dans les stations ; des études plus approfondies et une mesure plus précise à partir des systèmes de billetterie pourraient révéler que les retards des voyageurs sont plus importants que ceux actuellement enregistrés.

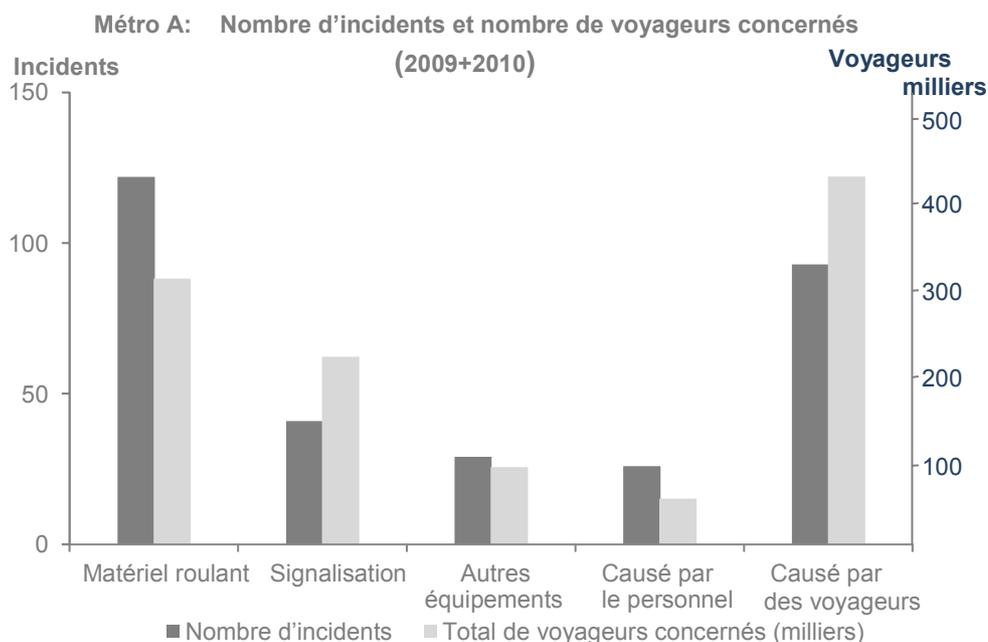
Graphique 2.5 Retards des voyageurs dans les métros : taux de ponctualité



Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London

Les exploitants ne saisissent souvent pas bien l’importance que revêt le fait de mesurer les retards du point de vue des voyageurs, d’où un risque d’erreurs dans les décisions et les priorités de gestion. Comme le montre le graphique 2.6, si le ‘Métro A’ gérait son service sur la base du nombre d’incidents au lieu de le faire en fonction de l’effet produit sur les clients, le matériel roulant serait pour lui le plus grand enjeu, bien que les retards causés par des voyageurs aient un effet plus important sur la ponctualité. Barron *et al.* (2012) affirment que ce constat valide l’hypothèse selon laquelle le nombre d’incidents n’est pas une variable vraiment représentative de l’effet produit sur les voyageurs et que, de ce fait, disposer d’un indicateur de performance spécifique les concernant est un préalable indispensable pour gérer les incidents dans une optique axée sur les besoins des usagers.

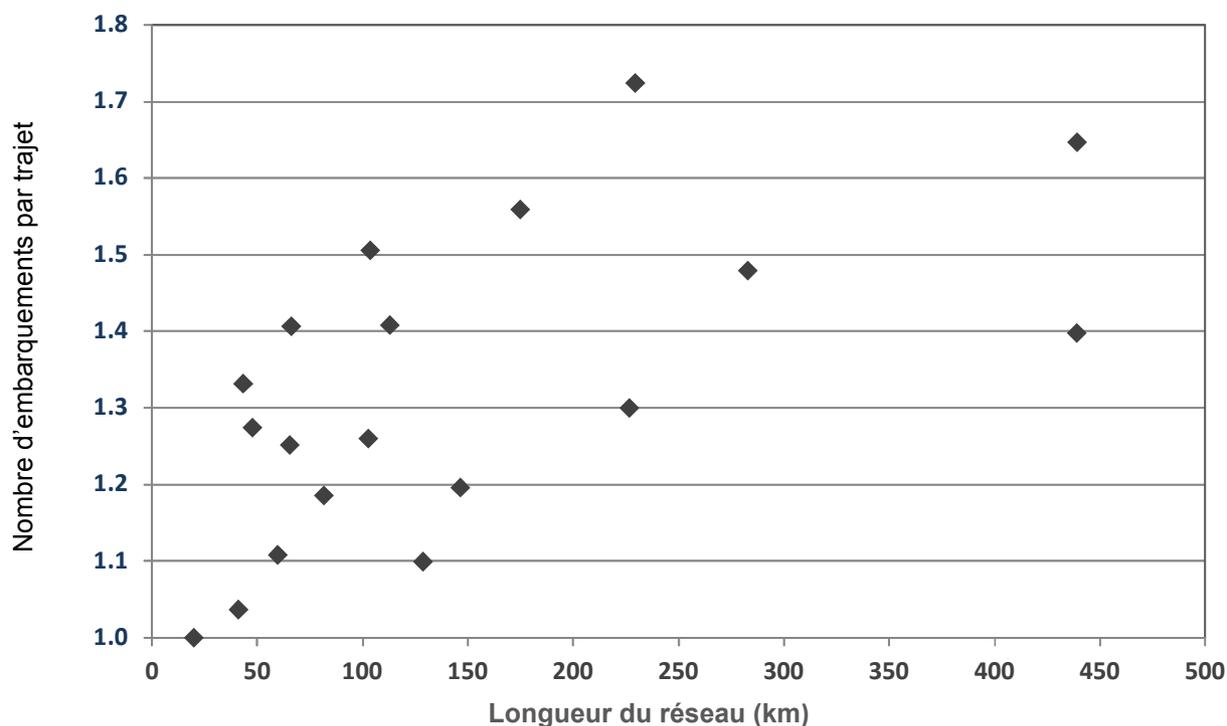
Graphique 2.6 **Nombre d'incidents de retard du métro et nombre de voyageurs concernés par les retards – échantillon provenant d'un métro**



Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London)

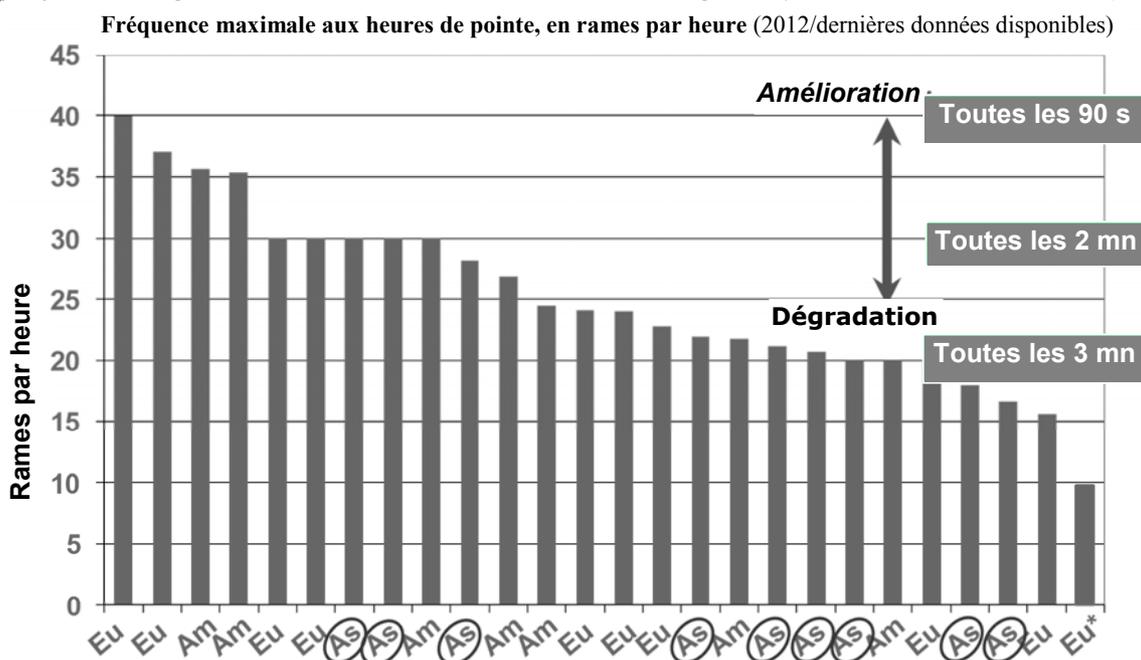
Les désagréments dus aux correspondances et les temps d'attente, éléments du coût généralisé évoqués à la section « Introduction », comptent aussi beaucoup quand on aborde la question de la commodité des clients. Avec les données de l'évaluation comparative, nous pouvons calculer le nombre moyen de correspondances pour chaque déplacement en métro. Au fur et à mesure que les réseaux se développent, comme ils le font si rapidement en Chine et en Inde, l'élargissement du périmètre desservi accroît les possibilités d'accès au métro, mais la complexité du réseau peut multiplier le nombre de correspondances à effectuer à chaque déplacement. Une conception du réseau qui laisse à désirer risque d'alourdir le coût généralisé des déplacements pour les voyageurs, ainsi que les coûts unitaires pour l'exploitant. Plus généralement, l'autorité des transports doit envisager les améliorations en tenant compte de l'intégralité des parcours, y compris tous les modes empruntés par les voyageurs jusqu'à l'entrée du métro ou après en être sorti. Le graphique 2.7 représente le nombre de correspondances (entre lignes) par trajet, et son rapport à la longueur de l'ensemble des lignes du réseau ; la corrélation observée est positive.

Graphique 2.7 Nombre de correspondances par trajet en métro rapporté à la taille du réseau 2012



Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London

Enfin, le graphique 2.8 met en évidence un élément supplémentaire, repris de l'évaluation comparative, qui témoigne d'un problème commun à tous les métros qui se mettent actuellement en place en Asie : assurer une fréquence suffisante aux heures de pointe pour porter au maximum la capacité et réduire l'entassement des voyageurs (beaucoup de nouveaux métros asiatiques ne dépassent pas une fréquence de 24 rames par heure). En règle générale, la conception des métros européens et sud-américains ainsi que leurs pratiques d'exploitation sont mieux optimisées pour tirer pleinement parti des techniques modernes de signalisation et maximiser la fréquence des rames aux heures de pointe. Cela se dégage clairement du graphique 2.8, où l'on voit que 12 des 15 métros qui enregistrent les fréquences de service les plus élevées se trouvent en Europe et en Amérique du Sud ; par exemple, sur la ligne Victoria modernisée du métro de Londres, 33 rames circulent par heure. Il est important de porter la fréquence au maximum car la densité procure de grands avantages dans les métros (Graham *et al.*, 2003) : en maximisant la capacité, on peut améliorer l'efficacité et réduire les subventions dont les métros ont besoin dans les grandes agglomérations où la demande des voyageurs est considérable.

Graphique 2.8 **Fréquence maximale de circulation aux heures de pointe** (métros de CoMET et de Nova, 2012)

Sources : Community of Metros /Nova Group of Metros /Imperial College London

Il importe néanmoins, quand on cherche à maximiser la fréquence des rames, de bien comprendre le rapport entre l'utilisation de la capacité et les retards. Une étude (Melo *et al.*, 2011) confirme que l'augmentation de la capacité disponible au niveau des lignes (grâce aux nouveaux systèmes de signalisation, par exemple) afin d'atténuer l'entassement des voyageurs réduit les incidences des retards et accroît la fiabilité. Par contre, en faisant circuler un plus grand nombre de rames sans augmenter la capacité des lignes, on ne parvient qu'à multiplier les retards. Le tableau 2.7 ci-après reprend les résultats d'une analyse statistique récente des retards par ligne de métro qui tient compte de plusieurs caractéristiques de l'exploitation et de la demande. Ces résultats montrent également que la technologie exerce une influence notable sur le nombre de retards observés. Toutefois, du point de vue du coût généralisé, et c'est crucial, les retards augmentent quand on maximise l'utilisation de la capacité des lignes (la fréquence), alors qu'en investissant pour accroître la capacité disponible d'autant, on obtient une réduction plus importante des retards.

Tableau 2.7 **Sensibilité à la technologie et à la demande des incidents de retard des métros**

Paramètre	Variation (%) des incidents de retard (distance moyenne parcourue entre panes à l'origine de retards > 5 minutes)
Vieillessement d'un an du matériel roulant	0.7 % - 2 % selon le modèle
Ajout d'une rame par heure en périodes de pointe	+3.5 %
Augmentation d'une rame par heure de la capacité effective	-5.0 %
Passage de la conduite manuelle à l'exploitation automatique des rames (ATO)	-26 %
Augmentation de 10 % du nombre de voyageurs	+3.0 %

Sources : Melo et al., 2011 / Analyse ultérieure de l'Imperial College London d'après les données de CoMET et de Nova

Ces exemples d’évaluation comparative révèlent que seuls quelques métros mettent en balance, d’une part, la valeur des retards et leur effet sur la demande et, d’autre part, l’entassement des voyageurs et l’allongement des temps d’attente. Les exploitants de métros privilégient spontanément les mesures objectives de la qualité du service à l’aune desquelles leurs autorités organisatrices réglementent ou encadrent leur activité, soit en général les retards des rames. Bien que notre étude n’ait pas pour objet de décrire leurs processus décisionnels, d’autres travaux évoqués plus haut (par exemple au tableau 2.4) font ressortir que les métros, surtout en Asie, ne mesurent pas correctement l’effet produit par les retards et l’entassement des voyageurs sur ces derniers.

S’il est indispensable, pour évaluer correctement ces aspects de la commodité, de relever au préalable des mesures appropriées les concernant, nous soutenons que l’on n’accorde pas suffisamment d’attention à la réduction du coût généralisé/temps de trajet. On constate cependant que de bonnes pratiques sont mises en œuvre dans des villes comme Paris et Londres : Transport for London utilise son *Business Case Development Manual* (décrit à la section « Evaluer la commodité ») pour donner des instructions sur les valeurs à attribuer aux variations des coûts généralisés pour les voyageurs afin d’améliorer les investissements. En résumé, nous tendons à montrer que, dans de nombreuses villes, les exploitants doivent s’intéresser davantage dans leur gestion à la mesure et à l’évaluation des caractéristiques qui comptent le plus du point de vue de la commodité des voyageurs, et qu’il ne convient pas de laisser la réalisation de ce type d’analyses aux seules autorités organisatrices. Nous examinons à la section « Evaluer la commodité » comment procéder à l’évaluation des caractéristiques de commodité, en prenant comme exemple précis le secteur ferroviaire en Grande-Bretagne.

Évaluer la commodité

Nous avons étudié dans la section « Mesurer la commodité » comment mesurer la commodité dans les transports publics. Dans la présente, nous montrons comment des caractéristiques de service similaires peuvent être évaluées en chiffrant les effets produits sur la demande des voyageurs. En prenant pour exemple le cadre de prévision de la demande très complet utilisé par le secteur ferroviaire britannique, nous démontrons comment ces effets peuvent être quantifiés et nous décrivons certaines des données disponibles.

Mesurer la commodité en analysant les effets sur la demande

Pour mesurer l’efficacité avec laquelle les transports publics répondent aux besoins des clients existants et potentiels, on peut notamment se référer au niveau de la demande dont le service fait l’objet. Toutes choses égales par ailleurs, il est logique que les usagers soient plus nombreux à recourir à un service commode.

En raison de cette relation entre commodité et demande, le niveau du service que les prestataires de transport offrent à leur clientèle revêt pour eux un intérêt commercial direct. Le secteur ferroviaire en Grande-Bretagne a consacré un effort considérable à l’analyse de cette relation, afin de savoir comment cibler au mieux les investissements pour en maximiser l’effet sur la demande et, partant, sur les recettes de tarification. C’était aussi important pour la société nationalisée British Rail dans les années 70 et 80

que ce l'est aujourd'hui pour les exploitants du secteur privé ; les pressions financières émanant de l'État peuvent constituer une incitation aussi puissante que le besoin d'optimiser les bénéfices commerciaux.

Pour être plus précis, les données en question nous aident à appréhender la commodité sous deux angles différents. D'abord, parce qu'elles démontrent que l'amélioration de la commodité permet d'attirer davantage d'utilisateurs, ce qui prouve que les investissements visant à rendre le système de transports plus commode peuvent favoriser le développement général de la fréquentation des transports publics et contribuer de ce fait à la réalisation d'objectifs économiques, environnementaux et sociaux de plus vaste portée. Ensuite, parce qu'elles procurent une appréciation chiffrée de ce que les clients jugent le plus important quand ils prennent des décisions concernant leurs déplacements et du poids relatif qu'ils accordent aux différentes caractéristiques du service.

Certes, l'expérience du secteur ferroviaire britannique en matière de prévision de la demande peut seulement fournir des orientations éclairées sur la commodité des transports publics au sens large, mais nous estimons possible d'appliquer ailleurs l'approche adoptée et une bonne part des informations seraient transférables en termes généraux ; de plus, cette expérience s'avère particulièrement précieuse en raison de l'abondance des informations chiffrées disponibles.

Le cadre de prévision de la demande du secteur ferroviaire britannique

De nombreuses études quantitatives et qualitatives ont été menées depuis plusieurs décennies pour comprendre les effets d'un large éventail de caractéristiques des services sur la demande. Parmi ces caractéristiques figurent des aspects des services susceptibles d'entrer dans la catégorie de la commodité, notamment la fréquence, la fiabilité, la qualité et le taux d'occupation. Les données correspondantes sont rassemblées dans un manuel de prévision de la demande des voyageurs intitulé *Passenger Demand Forecasting Handbook* (PDFH), périodiquement mis à jour grâce à des données nouvelles ou révisées, et dont la dernière édition compte 500 pages.

Transport for London (TfL) utilise un ensemble de données de même nature pour connaître les effets sur la demande des modifications apportées aux services et des mises à niveau de la qualité dans le métro, les autobus et les autres modes de transport dont elle est responsable à Londres. Ces données sont regroupées dans son *Business Case Development Manual* (BCDM).

Les principaux acteurs du secteur, à savoir les exploitants ferroviaires (TOC), le fournisseur d'infrastructures (Network Rail), le gouvernement (le ministère des Transports et Transport Scotland) et le régulateur (ORR), contribuent tous au PDFH. Cette large participation permet de disposer d'informations exactes et sans biais. Les participants financent conjointement un programme de recherche pour enrichir et tenir à jour les données. Le PDFH reprend également des éléments d'information issus de d'autres recherches et travaux universitaires entrepris de manière indépendante par les organisations participantes.

Le PDFH est étayé par des études des préférences déclarées et révélées menées en collaboration avec des voyageurs, ainsi que par d'importantes analyses économétriques ou d'autres analyses similaires. Compte tenu de la somme considérable de recherches sur laquelle s'appuie le PDFH, la plupart des caractéristiques ont fait l'objet de nombreuses études différentes qui renforcent la robustesse des données. En outre, comme celles-ci sont largement utilisées dans toutes les branches du secteur, elles sont solidement validées dans la pratique.

Le PDFH est un document confidentiel ; en conséquence, le présent rapport ne donne qu'une description d'ordre général des informations qu'il contient. Il n'est pas possible de citer des valeurs précises, qui

d’ailleurs ne seraient pas directement transférables, comme nous l’avons vu plus haut. Les tiers peuvent toutefois solliciter un accès sous licence.

Méthodologie du PDFH

La principale méthode utilisée dans le PDFH repose sur l’élasticité par rapport au temps et au coût (tarif). Les informations sont, pour la plupart, exprimées en unités de temps. Chaque variable, y compris celles qui sont liées à la commodité, est convertie en une quantité équivalente de temps de parcours (désignée par l’expression ‘*Generalised Journey Time*’(GJT), qui signifie ‘temps de parcours généralisé’), pondérée pour tenir compte de l’importance relative. Les élasticités au temps sont ensuite appliquées pour estimer les variations de la demande, en partant du principe que les réductions du temps de parcours entraînent des augmentations de la demande, selon la formule suivante :

$$I_j = (GJT_{\text{new}}/GJT_{\text{base}})^e$$

dans laquelle :

- I est l’indice de variation de la demande,
- GJT_{new} est le temps de parcours généralisé pondéré après une modification du service,
- GJT_{base} est le temps de parcours généralisé pondéré avant la modification du service,
- et e est l’élasticité-temps

Le temps de parcours généralisé (GJT) correspond à une définition spécifique dans le PDFH, différente de celle qui est souvent utilisée dans la théorie classique de la planification des transports. Ce concept est analogue à celui d’utilité dans la théorie économique de l’utilité (mais avec le signe contraire). Pour l’essentiel, le GJT est une mesure de l’« attractivité » du service pour les clients. Le service est d’autant plus attractif pour eux que le GJT est faible. Par exemple, le GJT sera inférieur en cas de temps de parcours plus court, de fréquence plus grande ou de service plus confortable ou moins cher. L’utilisation d’unités communes (de temps) rend possible la comparaison de l’importance relative des différentes variables eu égard à leur incidence sur la demande.

Dans le PDFH, les données (élasticités et coefficients de pondération pour les caractéristiques de service particulières) sont ventilées par segment du marché : objectif du déplacement (affaires, loisirs et migrations alternantes), longueur du parcours et situation géographique (par exemple, en général, les voyageurs de la périphérie des grandes agglomérations ne réagissent pas de la même façon que ceux des zones rurales).

Des élasticité-prix (tarifs) distinctes sont utilisées pour estimer l’effet des variations des prix des titres de transport. Cet effet est évalué séparément des caractéristiques qui sont fonction du temps – autrement dit, les valeurs du temps ne sont pas utilisées pour associer les éléments liés au coût et au temps. Dans ce rapport, nous privilégions exclusivement les éléments liés au temps.

Exemples tirés du PDFH

Dans le PDFH, les principaux paramètres relatifs à la commodité sont les suivants :

- Temps de trajet (entre deux stations)
- Fréquence
- Correspondances
- Ponctualité et fiabilité

- Taux d'occupation
- Qualité du matériel roulant et des stations

Les informations les concernant sont examinées ci-après.

Temps de trajet, fréquence et correspondances

Le temps passé à bord du véhicule (temps de trajet effectif), le temps d'attente (qui est fonction de la fréquence du service) et les correspondances sont regroupés, dans le cadre du PDFH, pour obtenir une mesure unique – le temps de parcours généralisé (GJT) – qui peut être calculée pour chaque flux origine-destination. Il est possible aussi de pondérer les différents éléments du GJT pour tenir compte d'autres caractéristiques de qualité du service, notamment les taux d'occupation et la qualité du matériel roulant décrits plus avant.

Les données disponibles montrent que les voyageurs sont très sensibles au GJT, comme on pouvait s'y attendre. Les élasticités de la demande au GJT qui ressortent en général se situent dans la fourchette comprise, en gros, entre -0.7 et -1.1, selon le segment du marché. Une élasticité égale à -1.0 signifie que l'augmentation de la demande est directement proportionnelle à la réduction du GJT – c'est-à-dire qu'une réduction de 10 % du GJT entraînerait une augmentation de 10 % de la demande dont le service fait l'objet.

En ce qui concerne les services à courte distance, dans les zones urbaines par exemple, les données révèlent que l'effet produit par les modifications de la fréquence peut avoir une grande importance. Il est souvent plus facile et moins coûteux d'améliorer l'attrait du service en augmentant la fréquence, plutôt qu'en réduisant le temps de trajet effectif, constatation qui coïncide avec les conclusions que nous avons tirées de la revue des études sur les métros, dans la quatrième partie de la section « Fréquence, capacité et taux d'occupation ». Cet effet s'ajoute à ceux qui découlent de l'accroissement de capacité généralement lié à des fréquences plus élevées.

L'exemple présenté au tableau 2.8, inspiré des données du PDFH², illustre les variations relatives du temps de trajet et de la fréquence nécessaires pour obtenir le même effet sur la demande, en tablant sur une élasticité-GJT égale à -1.0. Le scénario de référence postule une fréquence de passage toutes les dix minutes et un temps de trajet de 15 minutes. D'après les informations disponibles, l'effet sur la demande d'un doublement de la fréquence pour assurer un passage toutes les 5 minutes sera le même que celui de la réduction du temps de trajet pour le ramener de 15 à 10 minutes (compte non tenu des effets liés à la capacité). Ainsi a-t-on la démonstration que la fréquence a une très forte incidence sur la demande, et donc sur la commodité. Ce constat est particulièrement important au regard des niveaux de service aux heures creuses, pendant lesquelles les voyageurs disposent souvent d'une plus grande liberté de choix (par opposition aux déplacements domicile-travail).

Tableau 2.8 **Variations relatives du temps de trajet et de la fréquence nécessaires pour produire le même effet sur la demande**

	Temps de trajet	Fréquence	Temps de parcours généralisé (GJT)	Variation en % du GJT	Demande
Scénario de référence	15 minutes	Toutes les 10 minutes	25 minutes	n.d.	(existante)
Doublement de la fréquence	15 minutes	Toutes les 5 minutes	20 minutes	-20 %	+20 %
Réduction de 5 minutes du temps de trajet (50 % plus rapide)	10 minutes	Toutes les 10 minutes	20 minutes	-20 %	+20 %

Sources : Imperial College London, inspiré de l’expérience du secteur ferroviaire du Royaume-Uni /PDFH

Les informations contenues dans le PDFH révèlent aussi que la nécessité de faire une correspondance peut avoir un effet négatif important sur la demande, laissant à penser que les voyageurs y voient un désagrément particulièrement gênant. Chaque changement de ligne équivaut à un allongement minimum de 10 minutes du temps de parcours en termes absolus, indépendamment du délai de correspondance effectif entre les deux services. Or l’effet est encore plus prononcé dans la majeure partie des déplacements. Pour les personnes qui se déplacent régulièrement en empruntant des transports publics urbains qui affichent une fréquence élevée, l’on s’attendrait à un impact négatif moindre, mais comme nous l’avons vu plus haut (graphique 2.6), les parcours peuvent nécessiter de multiples correspondances dans certains réseaux urbains.

À titre d’exemple, examinons un parcours allant des points A à C qui se compose d’un trajet de 10 minutes entre A à B, de 5 minutes d’attente du service suivant au point B et d’un temps de trajet de 15 minutes entre B et C. Le temps total écoulé entre les points A et C serait égal à $10 + 5 + 15 = 30$ minutes. Néanmoins, compte tenu des 10 minutes d’allongement du temps de parcours imputable au changement de ligne qui s’y ajoutent, le GJT total serait de 40 minutes – autrement dit, le service de A à C, correspondance comprise, est susceptible de présenter la même attractivité, aux yeux des voyageurs, qu’un service direct reliant les points A et C en 40 minutes (et induire en conséquence un même niveau de demande).

Taux d’occupation

L’estimation des effets de l’entassement des voyageurs est calculée en appliquant un coefficient de pondération à la composante du GJT qui représente le temps passé à bord du véhicule. Plus ce coefficient est élevé, plus l’entassement des voyageurs est important. Dans un véhicule bondé où le taux d’occupation atteint de 4 à 6 voyageurs debout par m^2 , l’effet que ceux-ci ressentent équivaut à une multiplication par deux ou par trois du temps passé dans le véhicule. Ainsi, l’effet négatif de l’entassement des voyageurs sur la demande peut être équivalent à celui d’un doublement ou d’un triplement du temps de trajet pour les voyageurs concernés ; sans surprise, les services encombrés sont beaucoup moins attrayants.

Les effets négatifs des taux d’occupation élevés dans les services ferroviaires commencent à se faire sentir même lorsqu’il reste beaucoup de place à bord des voitures. Il ressort des observations recueillies que des effets préjudiciables marginaux se produisent dès que 75 % environ des places assises sont occupées. Toutes choses égales par ailleurs, il y a plus de chances que les voyageurs entreprennent leur déplacement s’ils peuvent choisir le siège qu’ils occuperont.

Dans le cas de transports urbains comme les métros, on pourrait s’attendre à ce que les effets négatifs de l’entassement des voyageurs soient moins importants, dans la mesure où les trajets sont normalement plus courts que sur les grandes lignes de chemins de fer, mais ils risquent néanmoins de se révéler très sensibles. Dans la quatrième partie de la section « La pratique de mesure de la commodité et de la qualité du service : études de cas dans le monde », nous constatons que la mise à disposition de capacité dans les métros peut avoir une incidence non négligeable sur la demande. L’une des conséquences de cette observation est que la réduction des taux d’occupation (par exemple en mettant en circulation des rames plus longues) accroît non seulement le confort pour les usagers existants, mais aussi l’attrait du service, ce qui fait augmenter la demande. Ainsi, il se produit un certain effet retour par lequel une partie de la nouvelle capacité offerte se remplit de nouveaux voyageurs attirés par le service (désormais) moins encombré. La mise à disposition d’une capacité supplémentaire en réduisant les intervalles entre les

rames au lieu de mettre en service des véhicules de plus grande capacité renforcera encore plus cet effet car l'augmentation de la fréquence suscite elle aussi une nouvelle demande.

Ainsi que nous l'expliquions plus haut à la section « Mesurer la commodité », l'analyse des données de CoMET et de Nova (Graham *et al.*, 2009) a mis en évidence une élasticité moyenne de la demande à la capacité de +0.51, élasticité qui devrait être beaucoup plus élevée dans les métros plus chargés en périodes de pointe. Le bilan économique et l'efficacité des métros s'améliorent d'autant plus que les coûts fixes sont couverts grâce à l'augmentation de la capacité et des recettes (Graham *et al.*, 2003).

Ponctualité et fiabilité

Le traitement de la ponctualité et de la fiabilité dans le PDFH consiste à ajouter une valeur pondérée de 'retard moyen' à la composante du GJT qui représente le temps passé à bord du véhicule. On entend par retard moyen la longueur moyenne des retards enregistrés dans un service. Un retard moyen de 2 minutes correspondrait par exemple à 10 minutes de retard tous les 5 jours ($10/5 = 2$). D'après les faits observés, chaque minute supplémentaire de retard moyen équivaut à plusieurs minutes de retard s'ajoutant au temps de trajet prévu, ce que traduisent les coefficients de pondération. Par conséquent, l'effet négatif sur la demande imputable à 2 minutes de retard moyen serait équivalent à celui que produirait un allongement très supérieur à 2 minutes du temps de trajet prévu chaque jour si le service n'était jamais retardé.

Qualité du matériel roulant et installations dans les stations

Le PDFH comporte également des renseignements sur des aspects de la qualité plus immatériels, concernant tant les rames que les stations, notamment la propreté, le confort et l'information. Les résultats obtenus pour les effets de ces caractéristiques sont très faibles en regard des incidences du temps de trajet, de la fréquence, des correspondances et de l'entassement des voyageurs. En général, ils correspondent à une réduction du temps de parcours de quelques points de pourcentage seulement, et ont une incidence analogue sur la demande. Cela étant, l'amélioration de certains de ces aspects peut être relativement facile, et souvent moins onéreuse que – par exemple – l'augmentation de la vitesse moyenne pour raccourcir les temps de trajet. Une information de qualité à l'intention des voyageurs s'est révélée avoir, en particulier, une influence notable sur l'attractivité du service.

Comprendre l'incidence relative des caractéristiques relevant de la commodité

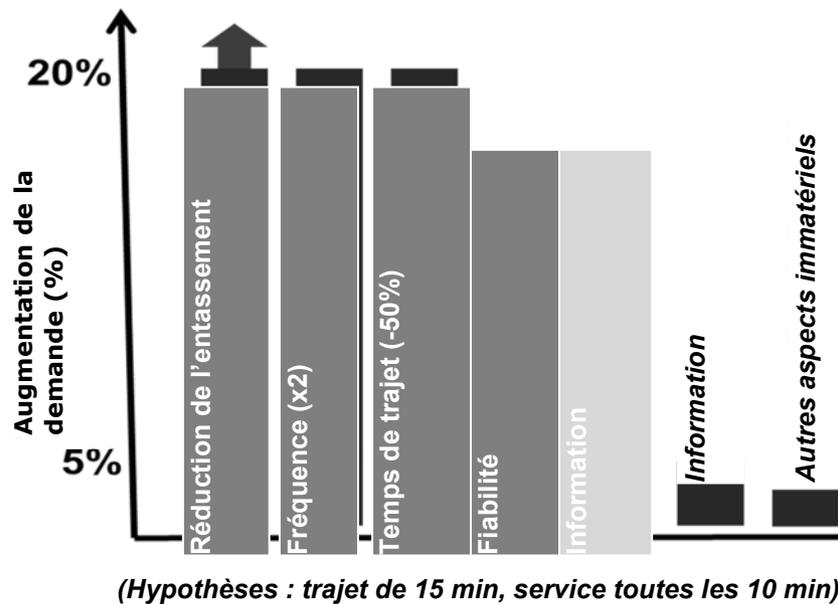
Dès lors que la majeure partie des paramètres relatifs à la commodité sont convertis dans les mêmes unités de temps dans le PDFH, la comparaison de leurs effets sur une base commune est possible et fournit effectivement une indication de l'importance relative que les clients y attachent.

Le graphique 2.8 en donne une illustration, à partir d'un exemple de service dans lequel la fréquence de passage est de 10 minutes et le temps de trajet de bout en bout de 15 minutes, comme dans le tableau 2.8. L'ordonnée représente la variation prévue de la demande, exprimée en pourcentage, découlant de chacune des améliorations du service. Fondé sur des données du PDFH recueillies auprès d'un échantillon de voyageurs, cet exemple est présenté à titre illustratif seulement. Les incidences effectives dépendent du niveau de service réalisé, des modifications qui y sont apportées et des circonstances locales particulières. Il ressort néanmoins clairement de ce graphique qu'une approche unifiée de valorisation des caractéristiques de service à l'aide d'unités communes peut procurer un outil de gestion puissant pour évaluer les avantages relatifs des différentes améliorations envisageables.

Dans cet exemple précis, nous avons pris pour hypothèse un degré d'entassement des voyageurs relativement important (environ quatre voyageurs par m²), dont la réduction grâce à un accroissement de

capacité entraîne des avantages notables. Les améliorations de la fiabilité (l’hypothèse retenue en l’occurrence est une réduction de 2 minutes du retard moyen) et du prix (baisse hypothétique de 20 %) ont un effet moins marqué sur la demande que celles apportées aux caractéristiques fondamentales que sont la capacité, la fréquence et le temps de trajet. De même, le graphique montre que, dans un service type, les effets de caractéristiques telles que l’information et d’autres facteurs immatériels, notamment le confort et la propreté, sont relativement faibles. Toutefois, ces aspects peuvent souvent être améliorés avec un bon rapport coût/efficacité, et plus facilement à bref délai ; ils comptent tout de même du point de vue de la commodité.

Graphique 2.9 Exemple de l’incidence relative sur la demande de certains critères de commodité



Sources : Imperial College London, inspiré de l’expérience du secteur ferroviaire britannique /PDFH)

Applicabilité de la méthodologie du PDFH à d’autres réseaux de transports publics

La méthodologie et les éléments d’information du PDFH ont été spécialement conçus pour le secteur ferroviaire de la Grande-Bretagne, et les valeurs sont calibrées à partir de nombreuses données. Les usagers des réseaux ferrés en Grande-Bretagne ne correspondent peut-être pas au profil habituel des usagers des transports publics en général, tout comme certains facteurs sont propres aux services et aux périmètres desservis. C’est pourquoi nous n’escomptons pas que tous les éléments d’information du PDFH seront directement applicables ailleurs. Nous avons cependant démontré que les observations recueillies eu égard par exemple au temps de trajet, à la fréquence ou à l’entassement des voyageurs semblent proches des résultats de nos travaux sur les métros (par exemple Graham *et al.*, 2009).

Cela étant, le principe fondamental qui veut que l’on évalue les caractéristiques de service dans les mêmes unités de temps, en les pondérant avec des coefficients spécifiques, devrait pouvoir être appliqué d’une manière générale. En fait, cette méthode cadre avec la théorie classique de la planification des transports et la modélisation de la demande. Il devrait être possible d’attribuer des valeurs équivalentes aux différentes caractéristiques de service dans d’autres réseaux de transports publics, encore qu’il ne faille pas sous-estimer les travaux de recherche nécessaires.

L'évaluation de la commodité à partir des effets observés sur la demande pourrait se heurter au problème que pose la possibilité que certains usagers soient captifs des transports publics, sans avoir le choix de les emprunter ou non, même s'ils ne sont pas commodes. Problème qui peut s'avérer plus important encore lorsque les autres solutions de mobilité sont limitées (la demande de transport ferré en Grande-Bretagne est relativement élastique). Dans ces conditions, les effets liés à la demande peuvent être faibles et, de ce fait, difficilement mesurables. Cependant, même si les usagers existants sont complètement captifs des transports publics, les données disponibles provenant d'endroits où ils ont le choix nous aident à comprendre ce qui compte. En général, on pourrait penser que tous les usagers des transports publics ont une opinion concordante sur la commodité, même si les conditions locales et l'éventail de solutions qui s'offrent à eux limitent les possibilités de changer rapidement de comportement en matière de déplacements.

De même, il se peut que les usagers des transports publics soient captifs de ce mode à court terme et ne puissent guère choisir un autre service que celui qui leur est offert -- même s'il n'est pas commode --, mais il est fréquent que les voyageurs se renouvellent largement au fil du temps. D'après les conclusions d'une étude récemment menée au Royaume-Uni (Mason, Segal et Condry, 2011), le 'taux de rotation' est proche de 25 % sur deux ans sur le marché des migrations alternantes. Autrement dit, pendant une période de deux ans, un quart des navetteurs utilisant le mode ferré ont cessé de le faire et ont été remplacés par un nombre équivalent de nouveaux usagers. À plus long terme, les gens font des choix, concernant leurs lieux de résidence et de travail ainsi que la possession ou non d'une voiture, qui ont une influence sur leur fréquentation des transports publics. Ces décisions sont souvent déterminées par l'offre de service, et en particulier la commodité des transports. Étant donné que la disponibilité et la commodité des transports publics peuvent peser sur des décisions relatives au mode de vie, il est évident qu'un service plus commode attirera généralement davantage de voyageurs à plus long terme. La prospérité croissante dans nombre de pays, et la concurrence plus vive sur le marché des transports, augmentent la probabilité que les usagers puissent changer à l'avenir leurs habitudes en matière de déplacements. Même si les clients n'ont qu'un choix limité aujourd'hui, dès qu'ils auront accès à des solutions de mobilité plus attrayantes, ils cesseront d'utiliser un service s'il n'est pas commode.

Un autre problème qui pourrait se poser tient au fait que certaines caractéristiques relevant de la commodité n'ont peut-être pas une incidence significative sur la demande mais revêtent de l'importance tout de même pour d'autres raisons. Certes, quelques-unes peuvent renforcer l'attractivité d'un service sans pour autant influencer le comportement des voyageurs. Toutefois, si une caractéristique du service n'a pas d'effet sur les décisions des voyageurs, même sur celles des usagers ayant le moins de contraintes de choix, et a une incidence sur la demande qui n'est guère perceptible, on peut conclure en toute logique qu'elle ne revêt pas d'importance pour les voyageurs. La connaissance des effets relatifs de différentes mesures aidera les responsables de la définition du cahier des charges et de la prestation d'un service à concentrer les efforts sur les aspects dont l'impact est le plus prononcé.

Conclusions

Il est généralement admis qu'un service commode est plus souhaitable et, par conséquent, favorise l'augmentation de la demande. Des recherches empiriques, notamment les informations provenant du secteur ferroviaire britannique, confortent cet avis général. Les attentes des clients étant de plus en plus

grandes et la concurrence plus vive, il importe d’optimiser la commodité afin de contribuer à assurer la viabilité à long terme des transports publics, en œuvrant à l’augmentation de la demande et des recettes, ainsi qu’en emportant une plus large adhésion du public et en renforçant l’acceptabilité. Il est fondamental de connaître l’incidence relative des modifications des différents éléments qui caractérisent la commodité (c’est-à-dire ce qui revêt plus ou moins d’importance) afin que les opérateurs et les autorités organisatrices des transports puissent centrer leur action sur des domaines bien définis, compte tenu des ressources limitées dont ils disposent.

Néanmoins, on ne comprend pas toujours bien ce qui rend un service commode, et il n’existe pas non plus de définition universelle des caractéristiques que recouvre la définition de la commodité. À notre sens, la commodité englobe tous les critères qui influent sur l’attractivité d’un service aux yeux de ses clients, c’est-à-dire tous les termes de l’équation classique du coût généralisé, notamment l’accès, la sortie, la fréquence et le taux d’occupation, ainsi que des facteurs plus qualitatifs comme le confort et l’information.

Nous soutenons qu’il est impératif de mesurer au préalable la commodité pour pouvoir l’évaluer et la gérer de manière optimale. L’exemple des métros nous a permis de démontrer que les exploitants de transports publics sont encore, à ce jour, trop axés sur l’exploitation lorsqu’ils mesurent des caractéristiques des services et prennent des dispositions pour les améliorer. Et ce pour plusieurs raisons, la principale étant que par le passé des indicateurs comme la ponctualité aux terminus étaient faciles à mesurer pour les opérateurs, et à régler pour les autorités organisatrices : il fallait des technologies plus évoluées pour mieux mesurer le ressenti des clients. En outre, dans le secteur lui-même, les incitations n’obéissaient pas strictement à une orientation privilégiant le service au client.

Cependant, le contexte change rapidement et les exploitants, en Europe en particulier mais aussi sans doute ailleurs dans le monde, sont en train d’adopter des approches innovantes à l’égard de la mesure et de l’évaluation de la commodité. Les principaux catalyseurs de ce changement ont été l’amélioration de la réglementation et des régimes contractuels ainsi que la plus grande précision de leurs spécifications (comme à Paris et, précédemment, dans les services d’autobus à Londres), les progrès technologiques (concernant notamment la billetterie, la signalisation et les systèmes de contrôle à distance) et l’élaboration de normes européennes, par exemple la norme EN 13816. Il est sans doute important que des incitations financières existent – qu’il s’agisse de la prise en charge du risque inhérent aux recettes par les exploitants et les autorités et/ou de la mise en place d’un régime de bonus-malus applicable à l’exploitant – et qu’elles soient assez puissantes pour encourager les uns et les autres à prêter davantage d’attention au client.

Il importe que l’autorité organisatrice ne soit pas seule à prendre les décisions de planification stratégique des transports qui touchent au coût généralisé des déplacements des voyageurs ; par exemple, les métros assumant le risque lié aux recettes bénéficieraient considérablement d’une meilleure connaissance des effets de la fréquence et de la capacité sur la demande. La conception des systèmes de mesure des performances passe par l’examen des objectifs, des aspirations et des résultats voulus permettant ensuite de construire le système de mesure approprié en prenant en considération les caractéristiques qui comptent pour les clients (potentiels). L’exploitant doit tout de même disposer de mesures des performances relatives à l’exploitation (pour vérifier que le service fonctionne comme prévu) ; l’‘excellence opérationnelle’ reste un impératif majeur. Il peut se produire des conséquences indésirables, par exemple quand un exploitant se borne à respecter les exigences contractuelles de mesure des performances et n’optimise le service que dans les domaines réglementés ou prévus par le contrat, sans tenir compte ou au détriment des caractéristiques de qualité du service non mesurées ; de notre point de vue de spécialistes, ce problème se pose dans certaines villes, surtout dans celles où les métros sont plus récents.

Nous avons montré qu'il existe des différences entre exploitants de métros d'une région à l'autre pour ce qui a trait aux domaines sur lesquels porte la mesure de la commodité, et que c'est généralement en Europe que l'approche est plus exhaustive et plus orientée clients. Cela s'explique cependant parce que les métros de cette région ont eu le temps de perfectionner leurs systèmes de gestion.

Dans les métros de nombre de grandes agglomérations, l'entassement des voyageurs est un problème chronique, et les études concernant le secteur ferroviaire britannique révèlent qu'il entre pour une part importante dans le coût généralisé des déplacements aux heures de pointe. D'après les informations recueillies auprès des exploitants de métros, ni eux ni les autorités organisatrices ne mesurent ni ne spécifient correctement l'effet de ce phénomène sur la demande et sur le coût généralisé, ou le font rarement. Mesurer les retards des trains aux terminus sans en mesurer l'effet sur les voyageurs est une pratique courante mais non satisfaisante, alors que l'on dispose de technologies modernes qui permettraient de le faire et de gérer ce facteur si important de la qualité du service. Dans les métros, le relevé de données grâce aux systèmes de billetterie devrait permettre aujourd'hui de mieux connaître les temps de parcours de bout en bout (depuis la station d'origine jusqu'à celle de destination), mais ces informations ne sont pas encore bien consignées ou utilisées par les exploitants (nous ignorons toutefois dans quelle mesure les autorités organisatrices les analysent). Nous concluons, à partir des renseignements que nous avons rassemblés sur la mesure de la commodité et de la qualité du service dans les métros, que les exploitants dans le monde entier pourraient, en mettant à profit les nouvelles données collectées en billetterie et au passage des portillons, faire beaucoup plus pour mesurer la variabilité et la fiabilité des temps de trajet (et ensuite y attribuer des valeurs puis agir en conséquence). Ce serait un sujet d'analyse et de recherche fructueux. Le secteur des autobus urbains, de son côté, utilise la technologie du GPS et les données qu'elle permet d'obtenir pour mieux mesurer et gérer les temps d'attente.

Les métros asiatiques, plus récents, sont en expansion rapide et s'attachent avant tout, par la force des choses, à stabiliser leurs performances d'exploitation ; ils pourront s'intéresser davantage à d'autres aspects dans les années qui viennent, et mesurer des paramètres plus orientés clients. Les échanges de données d'expérience entre les métros opérant de plus longue date dans des villes européennes (Londres, Paris) et ceux d'autres villes en Asie (par exemple Hong Kong) seront profitables aux nouveaux exploitants et aux autorités organisatrices des transports urbains dont ils relèvent pour optimiser le potentiel économique des transports en commun dans les grandes agglomérations.

Même là où la mesure de la commodité s'améliore, l'évaluation des critères de qualité du service qui s'y rapportent est encore une pratique moins courante. L'expérience acquise par le secteur ferroviaire au Royaume-Uni avec le *Passenger Demand Forecasting Handbook* (PDFH) met en lumière ce que des données et des analyses suffisantes peuvent permettre de réaliser. L'application du manuel *'Business Case Development Manual'* de Transport for London, qui est relativement complet, constitue une bonne pratique qu'il serait avantageux de prendre pour modèle ailleurs, mais il faudrait aussi pousser beaucoup plus loin les recherches sur la façon dont la demande réagit aux variations des éléments du coût généralisé des déplacements.

L'évaluation des différents aspects qui caractérisent la commodité permet aux prestataires de services de transport de privilégier l'amélioration de ceux qui produisent les effets les plus importants. Même bien définis, les cahiers des charges et les processus de mesure de la qualité des services peuvent donner lieu à des erreurs de ciblage des améliorations faute de bien appréhender leurs effets réels à long terme.

Néanmoins, dans leurs initiatives en matière de gestion, de nombreux métros portent d'instinct de plus en plus d'attention aux relations avec les clients, en dépit des lacunes qui restent à combler dans la mesure et l'évaluation de la commodité à offrir aux voyageurs. Par exemple, il se dessine une tendance notable à

optimiser la diffusion d’informations chez les exploitants qui prennent conscience du fait que le service commence dès que le voyageur planifie son déplacement en métro. Il n’est pas aisé de trouver comment estimer la valeur des caractéristiques de ce type, alors qu’il est démontré qu’elles ont des effets non négligeables sur la demande. On pourrait insister sur le fait que les attentes des clients à l’égard de la commodité et de la qualité du service ne cessent d’évoluer, et que les exploitants et les autorités organisatrices devraient par conséquent être attentifs aux changements et aux nouvelles technologies disponibles dans leurs activités de mesure et d’évaluation.

Remerciements

Les auteurs tiennent à adresser leurs remerciements aux groupes de CoMET et de Nova chargés des évaluations comparatives des métros pour avoir contribué au processus de collecte de données et accepté de partager leurs connaissances, grâce auxquelles ce document de réflexion a pu être élaboré.

Annexe A – Liste des métros membres de CoMET et de Nova qui ont participé à l'évaluation comparative réalisée avec le concours de l'Imperial College London

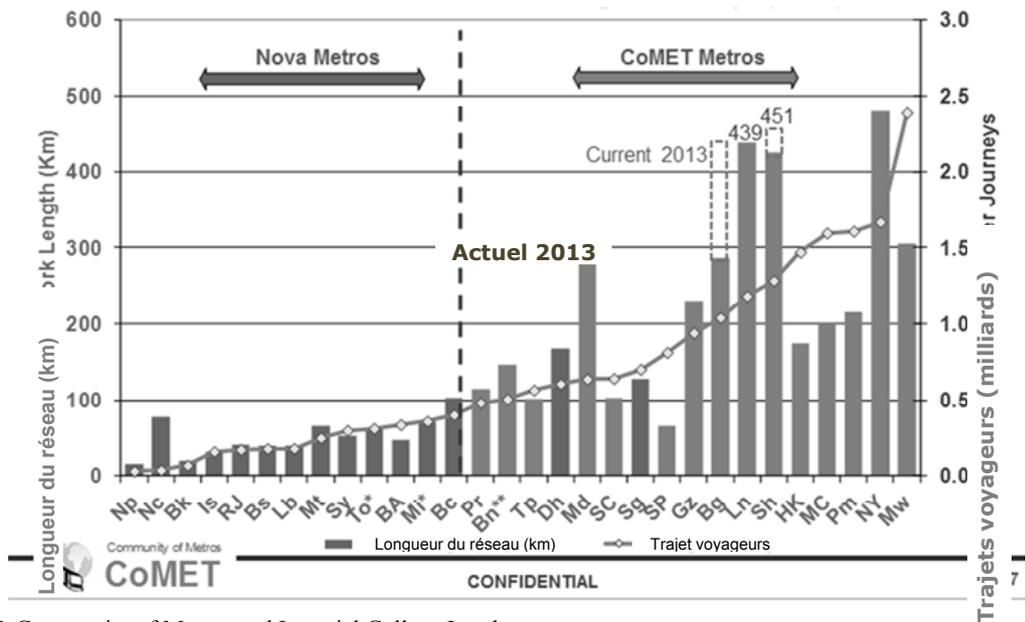
CoMET:

- Bg – BMTROC, Beijing
- Bn – BVG, Berlin
- Gz – Guangzhou Metro Corporation
- HK – MTRC, Hong Kong
- Ln – LUL, London
- MC – STC, Mexico City
- Md – Metro de Madrid, Madrid
- Mw – MoM, Moscow
- NY – NYCT, New York
- Pm – RATP Metro, Paris
- Pr – RATP RER, Paris
- SC – Metro de Santiago
- Sh – SSMG, Shanghai
- SP – MSP, São Paulo
- Tp – Taipei TRTC

Nova:

- BA – Buenos Aires Metrovias
- Bc – Barcelona TMB
- Bs – Brussels STIB
- Bk – Bangkok BMCL
- Dh – Delhi Metro Rail Corporation
- Do – London DLR
- Is – Istanbul Ulasim
- KL – Kuala Lumpur RapidKL / Prasarana
- Lb – Lisbon Metropolitano de Lisboa
- Mt – Montréal STM
- Nc – Newcastle Nexus
- Nj – Nanjing Metro
- Np – Naples Metronapoli
- RJ – Metro Rio
- Sg – Singapore SMRT
- Sy – Sydney City Rail
- To – Toronto TTC

Graphique 2.10 Taille du réseau et trajets voyageurs (2011)



Source: CoMET, Community of Metros and Imperial College London.

Notes

1. Il convient de souligner que, dans le cycle de la qualité, la collectivité fait partie des « bénéficiaires du service » aussi bien que les clients – le service idéal doit donc concilier leurs besoins respectifs, notamment eu égard à des aspects tels que les effets sur l’environnement et le coût environnemental.
2. En raison de la confidentialité des données du PDFH, les valeurs utilisées pour cet exemple sont approximatives. Elles entendent représenter un service « type » ; dans le PDFH figurent des valeurs propres aux différents segments du marché.

Références

- Anderson, R. Allport, R. Findlay, N. 2012. Metro Financial Sustainability: Benchmark Management for Urban Rail. Communication sollicitée, World Bank China rail Workshop, Beijing, Chine.
- Anderson R, Graham D. 2010. The Economics of Fare Regulation for Metros. Communication sollicitée, 3RD UITP International Conference on Public Transport Financing, Hong Kong.
- Barron, A., Melo, P., Cohen, J. & Anderson, R. 2013. Passenger-Focused Management Approach to the Measurement of Train 1 Delay Impacts. . Transportation Research Board 92nd Annual Meeting, No. 13-3345.
- Berry, L., Seiders, K & Grewal, D. 2002. Understanding service convenience. The Journal of Marketing, 66, 1-17.
- Brons, M., Givoni, M., & Rietveld, P. 2009. Access to railway stations and its potential in increasing rail use. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 43, 136-149.
- Crockett, J., Mason, A., Segal, J., Whelan, G. & Condry, B. 2010. UK regional rail demand in Britain. European Transport Conference 2008.
- Crockett, J. & Hounsell, N. 2005. Role of the travel factor convenience in rail travel and a framework for its assessment. Transport Reviews 25, 535-555.
- De Ona, J., De Ona, R., Eboli, L. & Mazzulla, G. 2013. Perceived service quality in bus transit service. A structural equation approach. Transport Policy, 29, 219-226.
- Department For Transport, United Kingdom (ministère des Transports du Royaume-Uni) . 2012. Rail passenger numbers and crowding statistics: notes and definitions.

- Eboli, L. & Mazzulla, G. 2011. A methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passengers point of view. *Transport Policy*, 18, 172-181.
- Graham, D. Couto, A. Adeney, W. Glaister S. 2003. 'Economies of scale and density in urban rail transport: effects on productivity', *Transportation Research E*, 39, pp.443-458
- Graham, D., Crotte, A. & Anderson, A. 2009. A dynamic panel analysis of urban metro demand. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45, 787-794.
- Huey, J. A. and Everett, P. B. (1996) Immediate benefits: the reason for the car's success and transit's failure, *Transportation Research Record*, 1521, pp. 65–70.
- Lai, W-T., Chen, F. 2011. Behavioural intentions of public transit passengers - The roles of service quality, perceived value, satisfaction and involvement. *Transport Policy*, 18, 318-325.
- Litman, T. 2008. Valuing transit service quality improvements. *Journal of Public Transportation*, 11, 43-63.
- Melo, PC, Harris N, Graham D, Anderson R, Barron, A. 2011. Determinants of Delay Incident Performance of Urban Metros, *Transportation Research Record: Journal of the transportation research board*, Vol 2216, Pages 10-18.
- Noland, R. & Kunreuther, H. 1995. Short-run and long-run policies for increasing bicycle transportation for daily commuter trips. *Transport Policy* 2, 67-79.
- Comité Européen de Normalisation. 2002. *Transport public de voyageurs - Définition de la qualité de service, objectifs et mesures (EN 13816)*., *Transport - Logistique et services*
- Comité Européen de Normalisation. 2006. *Transport public de voyageurs - Exigences fondamentales et recommandations pour les systèmes de mesure de la qualité réalisée (EN 15140)*., *Transport - Logistique et services*
- London Transport. 1999. *Journey Time Metric (JTM): An Overview*. London Transport.
- Mason, A., Segal, J., & Condry, B. 2011. Market Churn in the British Rail Passenger Commuter and Leisure Markets. *European Transport Conference 2011*.
- Groupe RATP. 2012. *Rapport d'activité : 365 jours dans la vie du Groupe RATP*.
- Trompet, M., Liu, X. & Graham, D. 2011. Development of Key Performance Indicator to Compare Regularity of Service Between Urban Bus Operators. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2216, 33-41.
- Trompet, M., Parasram, R., Anderson, R.J., (2012) *Benchmarking Disaggregate Customer Satisfaction Scores Between Bus Operators In Different Cities and Countries*, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No 2351, *Transportation Research Board of the National Academies*, Washington, D.C., 2013, pp. 14–22
- Board, No 2351, *Transportation Research Board of the National Academies*, Washington, D.C., 2013, pp. 14–22.

- Wardman, M. 2011a. Review and meta-analysis of UK time elasticities of travel demand. *Transportation*, 39, 465-490.
- Wardman, M., Lythgoe, W. & Whelan, G. 2007. Rail passenger demand forecasting: cross-sectional models revisited. . *Research in Transportation Economics*, 20, 119-152.
- Wardman, M., Toner, J. & Whelan, G. 1997. Interactions between Rail and Car in the Inter-Urban Leisure Travel Market in Great Britain. *Journal of Transport Economics and Policy*, 31, 163-181.
- Wardman, M. & Whelan, G. 2011b. Twenty years of rail crowding valuation studies: evidence and lessons from British experience. *Transport reviews*, 31, 379-398.
- Watson, P. L. 1972. The value of time and behavioural models of modal choice. . University of Edinburgh.
- Whelan, G. & Johnson , D. 2004. Modelling the impact of alternative fare structures on train overcrowding. *International Journal of Transport Management*, 2, 51-58.

Chapitre 3

Évaluation des services ferroviaires urbains Expériences à Tokyo, Japon

Hironori Kato¹

La promotion des transports publics, lesquels comprennent les services de chemins de fer, de métro, d'autobus express et de bus, est l'une des politiques de transports urbains les plus plébiscitées par les autorités des transports dans de nombreux pays. Ce succès peut s'expliquer par la nécessité, dans la société, d'œuvrer en faveur d'un système de transports durables en incitant la population à recourir aux modes respectueux de l'environnement. Comme les transports publics relèvent directement des autorités publiques ou reçoivent un soutien financier de l'État et/ou d'entités du secteur public dans la plupart des cas, les investissements qui y sont consacrés font généralement l'objet d'évaluations sous la forme d'analyses coûts-avantages. Mais les déplacements se composent de nombreux éléments qu'il est nécessaire d'évaluer séparément et en détail – les voyageurs doivent notamment accéder à l'arrêt de transport en commun, attendre que le service soit assuré, voyager dans la rame, passer d'une ligne à une autre, et enfin sortir de la gare à l'arrivée à destination. Il est donc indispensable de mettre au point une méthodologie claire permettant d'évaluer en termes monétaires les avantages attendus d'une modification des services de transports publics en distinguant chacun des éléments qui les constituent.

Le présent document est consacré au manuel utilisé par l'administration du Japon et aux pratiques d'évaluation des services ferroviaires urbains récemment mises en œuvre dans ce pays.

¹ Université de Tokyo, Japon

Introduction

Il en va de même pour les services ferroviaires urbains au Japon. Le ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (MLIT) a adopté en 1998 un Manuel d'analyse coûts-avantages (ACA) applicable aux projets ferroviaires afin de mettre en place une méthodologie uniformisée pour évaluer les services ferroviaires au Japon, qui a été appliquée à plusieurs projets ferroviaires subventionnés par l'État. Ce Manuel comporte des méthodes détaillées permettant d'évaluer l'amélioration des services de transport ferré, élément par élément, ainsi que moyennant leurs multiplicateurs et paramètres. Certaines parties du Manuel d'ACA sont très liées à la spécificité du marché japonais des transports ferrés urbains ; il peut cependant se révéler intéressant pour le Japon de partager ses expériences avec d'autres pays membres de l'OCDE. De plus, alors que des évaluations des temps de trajet sont analysées en ce qui concerne le trafic routier dans un certain nombre d'études au Japon (par exemple, Kato *et al.*, 2010b ; 2011), les services de transports publics ont rarement fait l'objet de ce type d'évaluation (Kato, 2007 en est une exception).

Le présent rapport a pour objet de décrire le manuel utilisé par l'administration et de rendre compte des pratiques récemment mises en œuvre au Japon en matière de valorisation des services de transport ferré urbain. La suite du rapport commence par présenter le Manuel d'analyse coûts-avantages des projets ferroviaires mis en application dans le pays, en décrivant en détail les méthodes d'évaluation des services ferroviaires. Est ensuite exposé le dernier schéma directeur de développement du transport ferré urbain dans la zone métropolitaine de Tokyo, y compris les objectifs des pouvoirs publics qui y sont définis. Après une analyse des caractéristiques du marché ferroviaire urbain, le rapport présente les valeurs des services calculées à l'aide du modèle de la demande de déplacements sur lequel repose le schéma directeur. Enfin, il aborde d'autres questions et résume les conclusions de l'étude.

Le manuel d'analyse coûts-avantages des projets ferroviaires utilisé par l'administration au Japon

Les manuels d'analyse coûts-avantages au Japon

En 1998, le Gouvernement japonais a officiellement intégré l'analyse coûts-avantages (ACA) dans le cadre de l'évaluation des projets à financement public. L'adoption de manuels officiels d'ACA faisait suite à une déclaration politique faite par le Premier ministre de l'époque, M. Ryuichiro Hashimoto, dans laquelle il appelait à améliorer l'efficacité des investissements publics. (Il est à noter qu'avant l'adoption officielle de l'ACA au Japon, diverses méthodes, notamment des modèles économétriques régionaux, des modèles hédonistes et des modèles d'équilibre général, étaient appliquées en fonction des circonstances, sans suivre des règles précises.)

Au Japon, divers manuels d'ACA ont été mis au point pour différents types de projets d'infrastructure publics tels que des aéroports, des projets ferroviaires, des routes, des ports maritimes, des projets dans l'agriculture, des projets d'urbanisme, des parcs naturels, ainsi que des projets fluviaux et côtiers. Ces manuels étaient conçus de manière autonome par différents bureaux relevant du MLIT. Bien que ce ministère formule des principes directeurs d'ordre général (MLIT, 2009) applicables à tous les projets liés aux transports réalisés sous sa tutelle, les détails des manuels d'ACA diffèrent selon le type de projet. Le tableau 3.1 présente les manuels d'ACA les plus récents visant des investissements dans les transports au Japon. Le premier de ces manuels concernant les projets ferroviaires a été publié en 1998 (MLIT, 1998) par le Bureau des chemins du fer du MLIT. Établi avec le concours de comités consultatifs qui comptaient parmi leurs membres des experts en économie et en recherche sur les transports, il a ensuite été révisé à trois reprises : en 2000, 2005 et 2012 (MLIT, 2000; 2005; 2012). Ces révisions imposaient de nouvelles exigences, par exemple le recours à des méthodes affinées de réévaluation et d'évaluation ex post, l'application de nouvelles méthodes d'évaluation aux projets de prévention des catastrophes, la prise en compte des avantages accessoires des effets sur l'environnement ou l'adoption des techniques les plus récentes d'estimation des avantages. Ces manuels d'ACA sont librement accessibles en ligne, mais en japonais seulement.

Tableau 3.1 **Derniers manuels d'analyse coûts-avantages de l'investissement dans les transports au Japon**

Type de projet	Titre	Dernière mise à jour
Aéroportuaire	<i>Cost-effectiveness Analysis Manual of Airport Development Projects Version 4</i> (Manuel d'analyse du rapport coût-efficacité des projets de développement aéroportuaire, version 4)	mars 2008
Ferroviaire	<i>Cost-effective Analysis Manual of Rail Projects 2012</i> (Manuel d'analyse coût-efficacité des projets ferroviaires, 2012)	juillet 2012
Routier	<i>Cost-benefit Analysis Manual</i> (Manuel d'analyse coûts-avantages)	novembre 2010
Portuaire maritime	<i>Cost-effectiveness Analysis Manual of Port Development Projects</i> (Manuel d'analyse du rapport coût-efficacité des projets de développement portuaire)	juin 2011

Source: Auteur

Manuel d'analyse coûts-avantages des projets ferroviaires

Le Manuel d'analyse coûts-avantages des projets ferroviaires présente des méthodes et des exemples d'évaluation de projets ferroviaires, non seulement urbains, mais aussi interurbains et ruraux. Il couvre les projets de construction de nouvelles lignes ferroviaires, d'amélioration des lignes existantes, d'amélioration des gares, de mise en accessibilité des services ferroviaires et d'investissement pour la prévention de catastrophes dans le secteur ferroviaire, tous financés intégralement ou en partie par l'État. On trouve dans le Manuel trois catégories d'évaluations de projets : évaluation ex ante, réévaluation et évaluation ex post. L'évaluation ex ante a pour but d'analyser la faisabilité d'un nouveau projet, la réévaluation vise à étudier la faisabilité de la poursuite de l'exécution d'un projet en cours depuis cinq ans ou plus, et l'évaluation ex post est une étude d'impact des projets déjà réalisés effectuée cinq ans après leur achèvement.

Ce Manuel applique la théorie classique de l'analyse coûts-avantages (Small et Verhoef, 2007), selon laquelle l'analyse économique permet de produire trois indicateurs : la valeur actuelle nette, le rapport coûts/avantages et le taux de rendement économique interne. Les périodes sur lesquelles les projets sont évalués sont de 30 et de 50 ans à partir de l'année de construction. Le taux social d'actualisation, de 4 %, est supposé constant pendant toute la période considérée. Une analyse de sensibilité doit être effectuée

par rapport à la demande totale de déplacements, au coût total du projet et à l'année de construction. Les avantages et les coûts découlant d'un projet de transport sont calculés en prenant pour hypothèse deux scénarios : un scénario sans projet et un scénario avec projet. Les avantages sont classés dans trois rubriques, à savoir le bénéfice pour l'utilisateur, les avantages pour le fournisseur et les autres avantages. Le bénéfice pour l'utilisateur est estimé en utilisant la méthode du surplus du consommateur à partir d'une analyse de la demande de déplacements. Les avantages pour le fournisseur sont calculés sur la base du bénéfice net de l'opérateur ferroviaire. Parmi les autres avantages figurent les avantages (ou désavantages) pour l'environnement, par exemple la réduction des émissions de dioxyde de carbone des voitures, l'atténuation (ou l'augmentation) du bruit ferroviaire et la valeur d'existence.

Même si le Manuel d'ACA ne mentionne pas explicitement une méthode de prévision de la demande de transport, il compte que cette demande sera analysée selon l'approche des choix discrets (par exemple, Ben-Akiva et Lerman, 1985) pour étudier les choix d'itinéraire ferroviaire, en particulier dans le cas des projets ferrés urbains. Il y a lieu de signaler que pour trois grandes métropoles japonaises – Tokyo, Osaka et Nagoya –, on dispose de données sur les choix d'itinéraire des usagers du réseau ferré fondées sur les préférences révélées (PR). Depuis 1960, le MLIT procède tous les cinq ans à une enquête à grande échelle sur les transports métropolitains, dont le questionnaire (sur support papier) est géré avec l'aide des exploitants des transports publics locaux, notamment les compagnies de chemins de fer et les exploitants d'autobus (ITPS, 2008). Les enquêtés sont invités à décrire leurs déplacements quotidiens par les transports publics, en précisant notamment l'origine, la destination, le mode de déplacement pour accéder aux gares ferroviaires, les itinéraires ferroviaires choisis, l'heure de départ et le type de titre de transport utilisé. La demande visant les itinéraires ferroviaires dans la métropole de Tokyo est généralement analysée à l'aide de modèles multinomiaux logit ou probit, en utilisant les données de l'enquête susmentionnée sur les transports métropolitains. Selon le Manuel d'ACA, le bénéfice pour l'utilisateur est ensuite estimé sur la base du surplus du consommateur escompté, lorsque l'approche des choix discrets est appliquée pour modéliser la demande visant les itinéraires.

Estimation du bénéfice pour l'utilisateur dans les projets ferroviaires

Le Manuel d'ACA expose la méthode d'estimation du bénéfice pour l'utilisateur basée sur le principe du coût généralisé. Il pose l'hypothèse du coût généralisé à partir de la paire origine-destination (OD). Le bénéfice est calculé en appliquant la formule de division par deux, qui s'écrit :

$$UB = \sum_{ij} \frac{1}{2} (GC_{ij}^o - GC_{ij}^w) (X_{ij}^o + X_{ij}^w) \quad (1)$$

où UB est le bénéfice pour l'utilisateur, GC_{ij}^o est le coût généralisé du déplacement de la zone i à la zone j dans le scénario sans projet, GC_{ij}^w est le coût généralisé du déplacement de la zone i à la zone j dans le scénario avec projet, X_{ij}^o est la demande de déplacements de la zone i à la zone j dans le scénario sans projet, et X_{ij}^w est la demande de déplacements de la zone i à la zone j dans le scénario avec projet.

Définitions du coût généralisé

Le Manuel d'ACA présente deux approches pour définir le coût généralisé. La première utilise un indicateur correspondant au logsum, contrairement à la seconde. Cet indicateur est l'utilité maximale prévue ou l'utilité indirecte prévue calculée à l'aide du modèle logit multinomial (Williams, 1977).

Approche avec le logsum

Cette approche postule que le modèle logit multinomial est utilisé pour analyser la demande de déplacements dans le contexte des choix de mode de transport ou des choix d'itinéraire ferroviaire. Le coût généralisé est calculé en intégrant une fonction d'utilité dans le modèle logit multinomial :

$$GC_{ij} = \frac{1}{\partial V_{k,ij} / \partial F_{k,ij}} \ln \sum_k V_{k,ij} \quad (2)$$

où

$V_{k,ij}$ est la fonction d'utilité (indirecte) à la condition qu'une option (mode de transport ou itinéraire ferroviaire) k soit choisie pour effectuer un déplacement de la zone i à la zone j et

$F_{k,ij}$ est le coût du transport ou tarif dans la fonction d'utilité à la condition qu'une option (mode de transport ou itinéraire ferroviaire) k soit choisie pour effectuer un déplacement de la zone i à la zone j .

Comme la fonction d'utilité associée au coefficient générique concernant le coût du transport est généralement supposée linéaire, l'utilité marginale du revenu est constante. Il en résulte la formule suivante présentée dans le Manuel pour le coût généralisé :

$$GC_{ij} = \frac{1}{\hat{\theta}} \ln \sum_k V_{k,ij} \quad (3)$$

dans laquelle $\hat{\theta}$ est le coefficient estimé du coût du transport dans la fonction d'utilité.

Avec l'approche de modélisation des choix discrets, on peut estimer les valeurs du service de transport public, notamment celles du temps de trajet, de la fréquence du service et de l'affluence, moyennant les données empiriques de l'analyse de la demande de déplacements. Ces valeurs ne sont toutefois pas utilisées pour estimer le bénéfice total pour l'utilisateur parce qu'elles sont implicitement incorporées dans la fonction d'utilité. En revanche, elles servent souvent à calculer les parts des différents éléments qui entrent dans le bénéfice total pour l'utilisateur.

Approche sans le logsum

Cette approche table en premier lieu sur une hypothèse concernant le coût généralisé basé sur l'itinéraire. Le Manuel indique que la formule du coût généralisé d'un itinéraire ferroviaire s'écrit de la façon suivante :

$$GC_{k,ij} = F_{k,ij} + \sum_a \left(\omega_a \cdot \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot T_{a,k,ij,pq} \right) + \sum_b \left(\omega_b \cdot \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot comf_{b,k,ij,pq} \right) \quad (4)$$

où

$GC_{k,ij}$ est le coût généralisé de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ;

$T_{a,k,ij,pq}$ est le temps de trajet correspondant à la liaison de type a dans la liaison entre P et q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ;

$comf_{a,k,ij,pq}$ est le niveau de confort de la liaison de type b dans la liaison entre P et q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ;

$\delta_{k,ij,pq}$ est égal à 1 si la liaison entre P et q est intégrée dans l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ; il est égal à 0 si tel n'est pas le cas ;

ω_a est la valeur du temps de trajet pour la liaison de type a ; et

ω_b est la valeur du niveau de confort pour la liaison de type b .

Le Manuel donne comme exemples de liaisons de type a le déplacement à bord du véhicule, l'accès à la gare ferroviaire, la sortie de la gare ferroviaire et les correspondances à l'intérieur des gares, ainsi que la fréquence du service comme exemple de liaison de type b .

Enfin, le coût généralisé pour la paire OD est calculé en utilisant le coût généralisé basé sur l'itinéraire. Le Manuel propose d'estimer le coût généralisé pour la paire OD en faisant la moyenne pondérée des coûts généralisés des itinéraires compte tenu des parts de la demande de déplacements correspondant à l'itinéraire, méthode qui n'est cependant pas solidement étayée sur le plan théorique (Kidokoro, 2004; Kato et al., 2003a).

Méthodes d'évaluation des composantes du service ferroviaire

Le Manuel décrit également des méthodes permettant d'attribuer une valeur à chacune des composantes du service ferroviaire, principalement dans le but d'estimer le coût généralisé sans le logsum, mais aussi pour calculer les parts des différents éléments du bénéfice total pour l'utilisateur qui ressortent en cas d'application de l'approche avec le logsum.

Temps de trajet à bord du véhicule

Le bien-être de l'utilisateur lié au temps de trajet passé à bord du véhicule est calculé à l'aide d'une valeur attachée à ce temps, selon la formule suivante :

$$\omega_{in-vehicle} \cdot \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot T_{in-vehicle,k,ij,pq} \quad (5)$$

dans laquelle

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet à bord du véhicule ;

$\delta_{k,ij,pq}$ est égal à 1 si la liaison entre P to q est intégrée dans l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ; il est égal à 0 si tel n'est pas le cas ; et

$T_{in-vehiclek,ij,pq}$ est le temps de trajet à bord du véhicule pour la liaison entre P et q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J .

Le Manuel recommande d'estimer empiriquement la valeur du temps de trajet à partir des données sur les déplacements car elle peut varier d'une région à l'autre et en fonction des caractéristiques des individus. Néanmoins, si les données requises pour estimer la valeur du temps de trajet ne sont pas disponibles, le Manuel invite les analystes à en préciser la cause, et les autorise à utiliser une valeur standard. Il indique les valeurs standard de l'année 2010, figurant au tableau 3.2, et qui sont des estimations établies à partir des statistiques de l'administration japonaise pour l'ensemble du pays, Tokyo et Osaka.

Tableau 3.2 Valeurs standard du temps en 2010, estimées à partir de l'enquête statistique mensuelle sur l'emploi

	Japon	Tokyo	Osaka
Valeur du temps (JPY/min)	36.2	47.0	39.2

Source: Rapport annuel de 2010 – Enquête statistique mensuelle sur l'emploi : enquête locale, ministère de la Santé, du Travail et des Affaires sociales, Japon.

Note 1: Les valeurs du temps sont calculées en divisant le revenu monétaire mensuel moyen des travailleurs permanents (travaillant dans un lieu de travail avec plus de quatre autres travailleurs) par la moyenne mensuelle des heures travaillées par les travailleurs permanents.

Note 2: le tableau 3.2 présente les valeurs du temps en 2010. Il conviendrait d'utiliser les statistiques les plus récentes, lorsque les données sont disponibles, en suivant la règle expliquée à la note 1.

Le Manuel signale que les valeurs du temps pour les enfants et les personnes âgées qui ne travaillent pas devraient être égales à la valeur standard parce qu'un autre membre du ménage pourrait consentir à payer pour gagner du temps de trajet, considérant que c'est un coût d'opportunité dans l'hypothèse où aucun service ferroviaire ne serait disponible.

Correspondances dans les gares ferroviaires

Le Manuel définit deux méthodes pour évaluer la commodité des correspondances dans les gares ferroviaires : une approche avec multiplicateur et une approche à paramètre constant.

La première repose sur la formule suivante :

$$\alpha_{transfer} \cdot \omega_{in-vehicle} \cdot \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot T_{transfer,k,ij,pq} \quad (6)$$

où

$\alpha_{transfer}$ est le multiplicateur relatif au temps nécessaire pour effectuer la/les correspondance(s) (= 2);

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ;

$\delta_{k,ij,pq}$ est égal à 1 si la liaison entre P et Q est intégrée dans l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ; il est égal à 0 si tel n'est pas le cas ; et

$T_{transfer,k,ij,pq}$ est le temps de trajet passé à effectuer la/les correspondance(s) sur la liaison entre P et Q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J .

Ce multiplicateur est repris d'études antérieures portant sur les choix d'itinéraires ferroviaires à Tokyo, par exemple celle de Yai et al. (1998). Signalons que le multiplicateur ci-dessus relatif au temps de correspondance(s) (=2) est plus élevé que ceux du temps de correspondance(s) par type de correspondance (= 0.89 à 1.65) indiqués plus loin au tableau 3.4. Cela tient probablement à ce que le multiplicateur ci-dessus prend en compte l'effet psychologique associé à la nécessité de faire la/les correspondance(s). Ce multiplicateur comporte donc un élément variable, proportionnel au nombre de minutes qu'exige la correspondance, qui s'ajoute à l'élément fixe.

L'autre formule, utilisée dans la méthode à paramètre constant, est la suivante :

$$\omega_{in-vehicle} (10 \cdot \lambda_{transfer,k,ij}) \quad (7)$$

où

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ; et

$\lambda_{transfer,c,k,ij}$ est le nombre ou la fréquence des correspondances sur l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J .

Cette approche postule que la valeur unitaire des correspondances est égale à la valeur de 10 minutes de temps de trajet à bord du véhicule.

Encombrement des véhicules

Le confort (ou l'inconfort) imputable à l'entassement des voyageurs dans les véhicules est calculé au moyen de la formule ci-après :

$$\omega_{in-vehicle} \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot T_{in-vehicle,k,ij,pq} \cdot f(x_{pq}, cap_{pq}) \quad (8)$$

dans laquelle

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ;

$\delta_{k,ij,pq}$ est égal à 1 si la liaison entre P et Q est intégrée dans l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ; si ce n'est pas le cas, il est égal à 0 ;

$T_{in-vehiclek,ij,pq}$ est le temps de trajet passé à bord du véhicule sur la liaison entre P et Q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone J ;

$f(\cdot)$ est la fonction de l'encombrement des véhicules ;

x_{pq} est le flux de circulation sur la liaison entre P et Q ; et

cap_{pq} est la capacité de transport sur la liaison entre P et Q .

Le Manuel présente les fonctions de l'encombrement des véhicules citées au tableau 3.3.

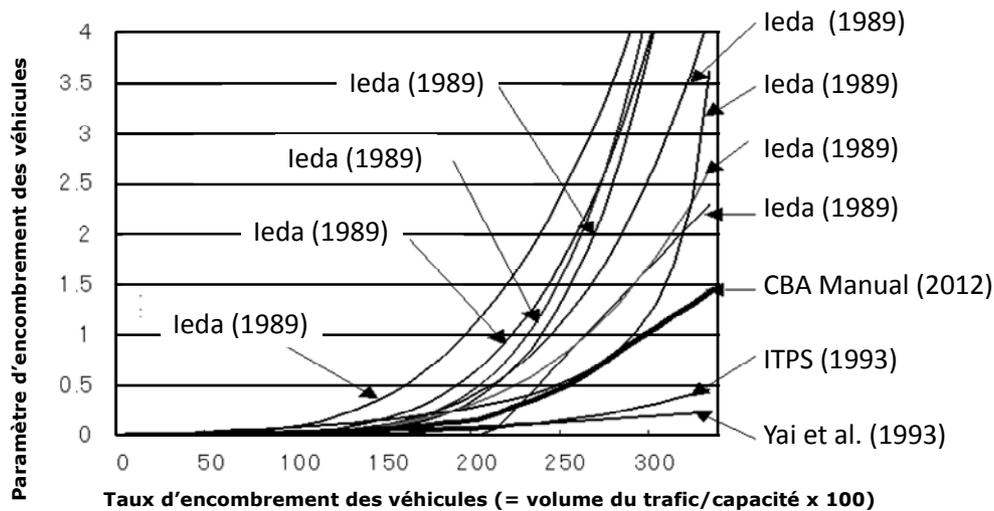
Tableau 3.3 **Fonctions de l'encombrement des véhicules proposées par le Manuel d'analyse coûts-avantages**

Taux d'encombrement des véhicules	Fonction de l'encombrement des véhicules
Moins de 100 %	$f = 0.0270R$
de 100 à 150 %	$f = 0.0828R - 0.0558$
de 150 à 200 %	$f = 0.179R - 0.200$
de 200 à 250 %	$f = 0.690R - 1.22$
250 % ou plus	$f = 1.15R - 2.37$

Note: R est le taux d'encombrement des véhicules ; il est égal, par définition, au flux de circulation divisé par la capacité de transport, autrement dit $R_{pq} = x_{pq} / cap_{pq}$.

Le graphique 3.1 présente les courbes des fonctions de l'encombrement des véhicules, y compris celles indiquées au tableau 3.3 et d'autres estimations au Japon.

Graphique 3.1 Fonctions de l'encombrement des véhicules



Source: Légèrement adapté à partir de MLIT (2012)

Il convient de noter que la fonction de l'encombrement des véhicules n'est pas égale au multiplicateur de l'encombrement des véhicules ni à la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule. Le multiplicateur de l'encombrement des véhicules s'obtient au moyen de la formule suivante :

$$\alpha_{cong} = 1 + f(x_{pq}, cap_{pq}) \quad (9)$$

La capacité de transport d'un service ferroviaire est généralement définie en termes de capacité horaire. Elle est estimée en utilisant la capacité des voitures exprimée en nombre de voyageurs, le nombre de voitures du matériel roulant et la fréquence de circulation. La capacité voyageurs des voitures est définie par les normes industrielles japonaises (Japanese Industrial Standards, JIS). La norme de matériel roulant qui énonce les exigences générales concernant les caisses de voitures à voyageurs (JIS E 7103, 2006) en donne la définition suivante :

a) *Capacité voyageurs* : elle est égale à la somme de la capacité assise et de la capacité debout.

- 1) *Capacité en places assises* : elle est égale à la largeur totale de tous les sièges d'une caisse de voiture divisée par la largeur d'un siège occupé par un voyageur, arrondie à la décimale inférieure la plus proche. A défaut d'accord spécifique entre le constructeur de matériel roulant et le client eu égard à la capacité assise, la largeur d'un siège voyageur est fixée à 430 mm.
- 2) *Capacité en places debout* : elle est égale à la surface utile divisée par la surface occupée par un voyageur, arrondie à la décimale inférieure la plus proche. La surface utile est calculée en soustrayant la surface occupée par les sièges, majorée d'une bande de 250 mm de largeur devant les sièges, de la surface totale de la voiture à voyageurs, dont la largeur effective est égale ou supérieure à 550 mm et la hauteur effective est égale ou supérieure à 1 900 mm. A défaut d'accord entre le constructeur de matériel roulant et le client eu égard à la capacité en places debout, la surface occupée par un voyageur est fixée à 0.3 m².

Méthode complémentaire d'évaluation de l'amélioration des correspondances dans les gares ferroviaires

Le Manuel donne également des instructions complémentaires pour évaluer les projets ferroviaires visant à améliorer les correspondances. Il fait suite ainsi à l'appel récemment lancé par le gouvernement, dans sa stratégie de développement d'un réseau ferroviaire sans rupture, à prêter attention aux projets d'amélioration des gares ferroviaires. Les projets mentionnés dans le Manuel sont notamment ceux qui permettent de réduire le temps nécessaire aux correspondances, les obstacles à celles-ci, l'encombrement à l'intérieur des gares et les temps d'attente.

Multiplicateurs du temps de correspondances par type de correspondance

Le Manuel recommande aux responsables de la planification des transports de recourir principalement à des modèles de la demande de déplacements pour évaluer les correspondances dans les gares. Les coefficients estimés dans le cadre d'une modélisation de la demande de déplacements permettent d'attribuer des valeurs aux correspondances, par type de correspondance, lorsque le modèle comporte des variables pour le niveau de service en cas de montée ou de descente d'escaliers, d'utilisation d'escaliers mécaniques, etc. Le Manuel décrit une méthode d'évaluation des correspondances dans les gares par type de correspondance, utilisable lorsque l'on ne dispose pas de modèles de la demande de déplacements.

La formule suivante permet d'évaluer les correspondances dans les gares :

$$\alpha_r \cdot \omega_{in-vehicle} \cdot T_{transfer,r} \quad (10)$$

où

α_r est le multiplicateur du type de correspondance r ;

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ; et

$T_{transfer,r}$ est le temps de trajet correspondant au type de correspondance r .

Les correspondances se classent par type selon qu'elles nécessitent de monter ou descendre des escaliers à pied, de parcourir à pied un cheminement sans marches ou d'emprunter des escaliers mécaniques. Les multiplicateurs correspondants sont présentés au tableau 3.4.

Tableau 3.4. **Multiplicateurs du temps de correspondances par type de correspondance**

Type de correspondance	Montée d'escaliers à pied	Descente d'escaliers à pied	Parcours sans marches	Utilisation d'escaliers mécaniques
Multiplicateur	1.65	1.53	1.25	0.89

Source: Institution of Transport Policy Studies (2000)

Il est à noter que Kato et al. (2003b) décrivent aussi des méthodes d'estimation et des résultats de la valorisation du temps de correspondances, par type de correspondance, dans une communication utilisée comme source pour établir le rapport de l'Institution of Transport Policy Studies (2000).

Multiplicateur du temps d'attente dans les gares

Le Manuel distingue deux types de temps d'attente dans les gares : avant les escaliers et aux portillons. On suppose qu'il est avantageux à cet égard d'élargir les escaliers existants et d'installer des portillons supplémentaires.

La formule pour calculer le coût généralisé du temps d'attente s'écrit comme suit :

$$\alpha_{wait} \cdot \omega_{in-vehicle} \cdot T_{wait} \quad (11)$$

où

α_{wait} est le multiplicateur du temps d'attente (=1) ;

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ; et

T_{wait} est le temps d'attente.

Le Manuel indique également que la surface occupée par un voyageur est de 0.5 m² ; au-delà du seuil de deux personnes par m², il se forme des files d'attente.

Méthode d'évaluation de la fiabilité du service ferroviaire

Le Manuel ne précise pas de méthode officielle pour évaluer la fiabilité du service ferroviaire, mais il donne à titre d'exemple une estimation de la valeur des avantages découlant de son amélioration. Dans cet exemple, le multiplicateur associé aux retards est, par hypothèse, égal à 1. Il s'ensuit la formule ci-après à appliquer pour évaluer la fiabilité du service ferroviaire :

$$\alpha_{delay} \cdot \omega_{in-vehicle} \cdot T_{delay} \quad (12)$$

où

α_{delay} est le multiplicateur du temps de retard (=1) ;

$\omega_{in-vehicle}$ est la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule ; et

T_{wait} est le retard par rapport à l'horaire indiqué.

Exemple d'évaluation d'un service ferré urbain : schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo

Le marché du transport ferré urbain au Japon : le cas de Tokyo

Tokyo, avec environ 36 millions d'habitants en 2005 dans sa région métropolitaine, est l'une des agglomérations les plus peuplées du monde. Elle est célèbre aussi pour la place privilégiée qu'y occupe le transport ferré, dont la fréquentation s'élevait à 26.22 millions de voyageurs par jour en 2005. La part modale du rail représentait 30 % en 2008 selon l'enquête sur les déplacements réalisée cette même année, soit une hausse de 25 % par rapport à son niveau de 2003. Le développement du réseau ferré urbain est l'une des raisons qui expliquent l'augmentation récente de la demande de transport ferroviaire. De même, les changements intervenus depuis peu dans la répartition de la population, ainsi que l'envolée des prix des carburants, ont peut-être influencé les choix modaux des individus. Quoi qu'il en soit, l'activité économique de Tokyo est très tributaire de l'efficacité de son réseau ferré urbain.

Le marché ferroviaire urbain présente des caractéristiques uniques en leur genre à Tokyo. En premier lieu, de nombreux services ferroviaires sont assurés par des entreprises privées. Chaque société de chemins de fer possède sa propre infrastructure ferroviaire, son matériel roulant, et a son propre système de gestion. Ce sont, pour l'essentiel, des entreprises qui jouissent d'un monopole dans leur propre réseau. Il est à noter que le réseau de l'une d'elles peut être directement interconnecté avec celui d'une autre, mais les services assurés sur un réseau ferré sont en général exploités par la société à laquelle il appartient. En dépit du monopole de la prestation de services ferroviaires dont jouissent ces sociétés sur leur réseau, elles sont parfois en concurrence avec d'autres exploitants ferroviaires possédant un réseau qui relie la même paire de villes. Par exemple, Tokyo et Yokohama sont desservies par trois lignes ferrées exploitées par trois entreprises ferroviaires différentes : JR East, Tokyu Co. et Keikyu Co. La concurrence entre elles est acharnée et, comme chacune possède sa propre infrastructure et détermine ses propres tarifs et horaires, elles s'efforcent d'améliorer la tarification, les temps de trajet et les installations dans les gares afin d'attirer davantage de voyageurs.

Deuxièmement, le réseau ferré de Tokyo s'est développé sous l'impulsion de l'administration centrale, qui élabore les plans de développement à long terme des transports ferrés urbains sous forme de « schémas directeurs » dont le poids est important dans les prises de décision des sociétés de chemins de fer. Le premier schéma directeur du réseau ferré urbain de Tokyo, établi au début du XXe siècle, a aujourd'hui plus de 100 ans (Morichi, 2000). Au moins une dizaine de schémas directeurs ont été soumis par le comité gouvernemental compétent à la demande du Ministre alors en exercice au MLIT, le dernier ayant été publié en 2000 dans le Report No. 18 of the Council for Transport Policy (Morichi et al., 2001). Signalons cependant que ces schémas directeurs n'ont pas de valeur contraignante : ils exposent la vision des autorités concernant l'avenir du réseau ferré urbain à Tokyo, mais l'État ne peut pas obliger les exploitants ferroviaires à s'y plier. Cela étant, depuis longtemps sur ce marché au Japon, la plupart des projets ferroviaires sont mis en œuvre en respectant volontairement ces schémas directeurs.

Troisièmement, les usagers des transports ferrés de Tokyo pâtissent depuis de nombreuses années d'une congestion chronique (Kato et al., 2012). La demande de transport ferré urbain pour les déplacements domicile-travail a considérablement augmenté entre les années 60 et les années 80, en raison de la croissance ininterrompue de la population active, essentiellement due à l'exode rural en quête de possibilités d'emploi. En dépit des efforts déployés par les exploitants ferroviaires en vue d'accroître la capacité de transport en investissant dans de nouvelles lignes ferrées, en augmentant la fréquence des services et la capacité des gares, ainsi qu'en mettant en circulation du matériel roulant de grande capacité, la demande a crû beaucoup plus rapidement que l'offre. En conséquence, les autorités ont concentré l'attention sur une politique des transports visant à réduire la congestion, et l'évaluation de l'encombrement des rames est encouragée depuis les années 80 au Japon.

Quatrièmement, il y a lieu de relever une tendance démographique récente à Tokyo : le vieillissement rapide de la population. Les personnes âgées — de 65 ans et plus — représentaient 8 % de la population de la métropole de Tokyo en 1985 ; en 2005, elles étaient 18 % et, en 2015, ce pourcentage devrait atteindre 24 %. On s'attend aussi à une diminution de la population active à l'avenir. La question du vieillissement pourrait se poser bientôt pour d'autres pays de l'OCDE, d'où l'intérêt que peut revêtir pour eux l'expérience de Tokyo en matière de politique des transports.

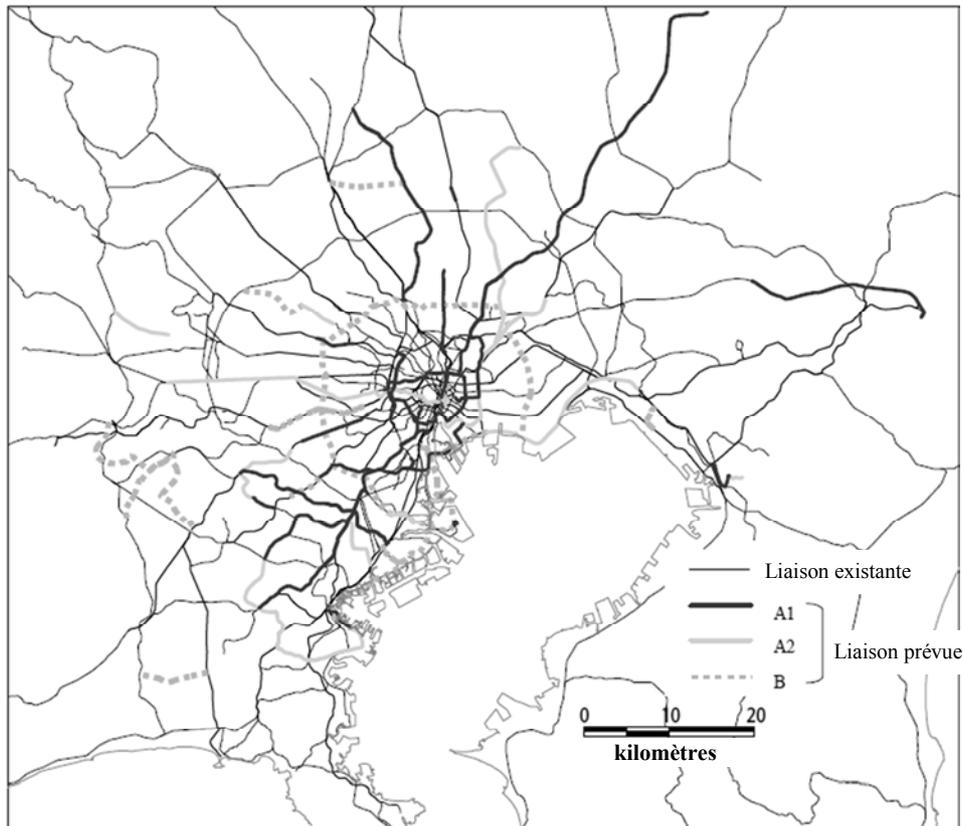
Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo

Le MLIT a achevé en janvier 2000 le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain (Morichi, 2000), présentant une configuration idéale de réseau ferré urbain pour la métropole de Tokyo en 2015, ainsi que les projets ferroviaires nécessaires. Ce plan visait cinq objectifs majeurs dont la réalisation devait permettre de surmonter les problèmes prévus sur le marché ferroviaire urbain de Tokyo : la « réduction de l'encombrement des véhicules », les « gains de temps de trajet », la « contribution au réaménagement urbain », l'« amélioration de l'accès aux aéroports et aux trains à grande vitesse », et la « mise en place d'un réseau de transport sans rupture doté d'installations d'accessibilité ». Le premier objectif est lié au problème non encore résolu de la congestion à Tokyo. Le gouvernement a déclaré que le taux de congestion devrait être égal ou inférieur à 150 % aux heures de pointe du matin sur 31 liaisons ferroviaires importantes, et la saturation des rames fait l'objet d'un suivi régulier sur les principales lignes qui desservent Tokyo. Le deuxième objectif est lié à la politique de déconcentration urbaine mise en œuvre dans la région métropolitaine de Tokyo, par la création de pôles satellites afin que les entreprises s'y implantent. Les gains de temps visés ne devraient pas uniquement concerner les migrations alternantes entre zones résidentielles et quartiers d'affaires, mais aussi les déplacements entre pôles secondaires. Le troisième objectif vise à accroître la capacité de transport ferroviaire, en particulier dans le quartier central d'affaires de Tokyo où ont été construits bon nombre d'immeubles de grande hauteur à usage d'habitation ou de bureaux depuis les années 90. L'accroissement de capacité est nécessaire en raison du réaménagement de certaines zones d'activités et d'habitation bordant la baie de Tokyo, mais aussi parce que la jeune génération choisit de plus en plus souvent d'habiter en centre-ville plutôt que dans des quartiers résidentiels de banlieue : ces évolutions urbaines devraient, selon les prévisions, générer un volume de trafic considérable. Le quatrième objectif est une conséquence de la mondialisation des marchés des affaires et du tourisme. Les pouvoirs publics accompagnent cette mondialisation en mettant en œuvre une politique qui prévoit notamment la déréglementation du marché du transport aérien et la promotion du tourisme au Japon. L'amélioration de l'accès ferroviaire aux aéroports et des trains à grande vitesse sont essentiels pour que l'activité des entreprises et le tourisme bénéficient de conditions plus propices. Enfin, le cinquième objectif tient compte du vieillissement rapide de la société japonaise. Il est largement admis que la participation des personnes âgées à la vie de la collectivité a un effet stimulant sur l'activité économique alors que l'on constate une tendance au dépeuplement, et la facilité d'accès aux services sociaux pourrait être l'un des facteurs d'amélioration de leur mobilité dans les zones urbaines. Ainsi, il est vivement recommandé

d'installer de nouveaux dispositifs et de procéder à des mises à niveau dans les gares pour les voyageurs handicapés.

Le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain indique aussi une liste de projets d'expansion ferroviaire dont la construction ou l'étude de la faisabilité sont préconisés. La carte du réseau qui en résulterait est présentée au graphique 3.2. Les projets proposés entrent dans trois catégories : les liaisons A1 qui se prêtent à une mise en service dans l'année visée, les liaisons A2 qui se prêtent au lancement de l'expansion dans l'année visée et les liaisons B, dont le développement ou les études doivent être envisagés à l'avenir. Les projets ferroviaires sur les liaisons A1 sont considérés prioritaires sur tous les autres, d'où le soutien résolu dont ils bénéficient de la part des autorités. En ce qui concerne les projets de la catégorie A1, les parties prenantes sont parvenues ou presque à un consensus ; ces projets peuvent donc démarrer immédiatement après l'achèvement de la procédure officielle. Les projets ferroviaires sur les liaisons A2 sont jugés moyennement prioritaires, ce qui veut dire que les autorités y sont favorables mais que leur lancement pourrait ne pas intervenir immédiatement pour certains motifs, notamment des difficultés techniques de construction ou des problèmes contractuels entre différentes entreprises. Les projets sur les liaisons B sont en général considérés importants du point de vue des objectifs des pouvoirs publics, mais ils ne satisfont peut-être pas à certaines conditions requises, notamment des critères de coûts-avantages ou de viabilité financière, et nécessitent donc la réalisation d'autres études de faisabilité. La longueur totale des projets proposés est de 658 km ; les liaisons A1, A2 et B représentent respectivement 288.0 km, 166.8 km, et 203.3 km.

Graphique 3.2 Schéma directeur du réseau ferré urbain dans la région métropolitaine de Tokyo



Source: Morichi et al. (2001)

Analyse de la demande de transport ferré et évaluation des projets dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo

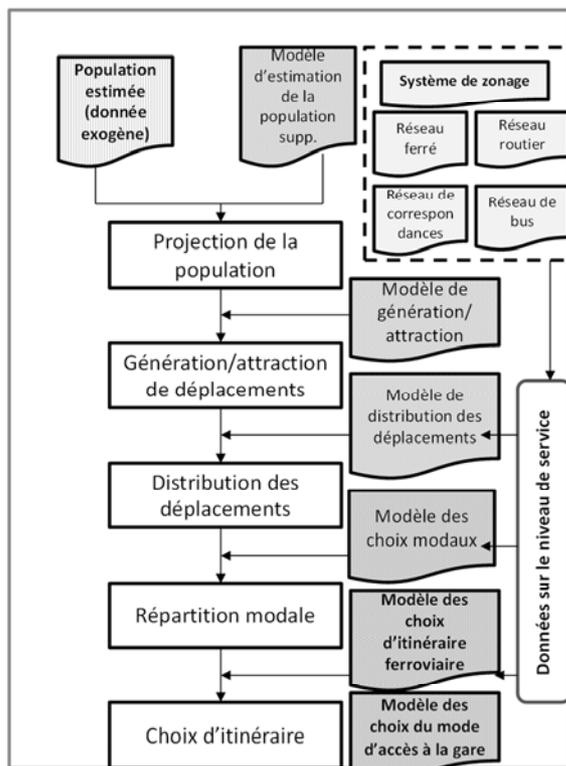
Le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo était issu d'un processus classique de planification des transports. La demande future de trafic sur les lignes ferrées proposées et le réseau correspondant était estimée par modélisation de la demande de déplacements, tandis que les projets proposés étaient évalués tant du point de vue économique que financier.

Depuis plus de 30 ans, les schémas directeurs successifs s'appuient sur la modélisation et les prévisions de la demande de transport ferroviaire. C'est en 1972 que l'on a intégré pour la première fois l'analyse mathématique de la demande de déplacements dans la planification du transport ferré urbain. En 1985, un modèle de la demande de déplacements à quatre étapes a été adopté pour analyser la demande de transport ferré. Pour les choix modaux et les choix d'itinéraire, les modèles utilisés étaient du type logit multinomial.

Dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo, le modèle de la demande de déplacements à quatre étapes a de nouveau été utilisé pour établir des prévisions de cette demande (graphique 3.3). Le modèle logit multinomial a été appliqué dans l'analyse des choix modaux, tandis que pour l'analyse des choix d'itinéraire on a utilisé une méthode de calcul de l'équilibre stochastique des usagers fondée sur un modèle probit. Le recours au modèle probit permet en effet de prendre en compte les points communs des itinéraires dans l'analyse des choix d'itinéraire ferroviaire. Un immense réseau ferré urbain très maillé était d'ores et déjà en place dans la métropole de Tokyo, c'est pourquoi, dans le souci d'éviter d'y consacrer un temps de calcul colossal, un modèle probit avec un terme d'erreur structuré (Yai et al., 1997), que nous appelons « modèle probit structuré », a été retenu. Les coefficients sont estimés avec la méthode de simulation qui utilise le simulateur récursif de Geweke, Hajivassiliou et Keane (GHK) (Geweke et al., 1994; Train, 2003). Kato et al. (2010a) ont également étudié les détails du modèle des choix d'itinéraire ferroviaire en milieu urbain à Tokyo.

Graphique 3.3 Système d'analyse de la demande de déplacements dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo

- Approche de modélisation à quatre étapes
 - Génération/attraction : modèle des taux de déplacements par catégorie socio-démographique ;
 - Distribution des déplacements : modèle de Frator en général ; un modèle gravitaire est en partie appliqué aux nouvelles zones d'aménagement ;
 - Répartition modale : modèle logit multinomial ; et
 - Choix d'itinéraire ferroviaire : modèle probit structuré
 - Choix du mode d'accès à la gare : modèle des parts en fonction de la distance, pour le bus et le vélo.
- Couverture géographique
 - Région métropolitaine de Tokyo (Tokyo, Kanagawa, Saitama, Chiba et sud des préfectures d'Ibaraki)
- Zones
 - 1,812 zones



Source: Auteur

L'approche classique d'analyse coûts-avantages a été utilisée pour l'évaluation des projets ferroviaires. Aux termes du Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo, les projets ferroviaires proposés doivent tous faire l'objet d'une analyse coûts-avantages. Après avoir défini les scénarios avec et sans projet, les avantages et les coûts du projet sont estimés sur la base de la demande de transport estimée en fonction des prévisions. Le scénario avec projet part de l'hypothèse d'un réseau et de services ferroviaires dans lesquels un nouveau service ferroviaire a été ajouté l'année visée, tandis que le scénario sans projet table sur un réseau et des services ferroviaires identiques l'année visée à ce qu'ils sont actuellement. Les avantages sont de trois types : pour l'usager, pour le fournisseur et autres. Le bénéfice pour l'usager est estimé en divisant l'utilité maximale attendue par l'utilité marginale du revenu, qui est égale au surplus (escompté) du consommateur. L'utilité maximale attendue est déduite de la fonction d'utilité (indirecte) dans la modélisation des choix d'itinéraire ferroviaire, estimée dans l'analyse de la demande de transport. Les avantages pour le fournisseur sont estimés sur la base des bénéfices attendus de la tarification des services ferroviaires, compte tenu des estimations de la demande. La réduction de l'impact environnemental représente l'essentiel des autres avantages. Les détails de l'analyse coûts-avantages suivent les instructions du Manuel d'ACA.

Valeurs des services ferroviaires estimées dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo

Les résultats de la modélisation des choix d'itinéraire ferroviaire qui figurent dans le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo peuvent servir d'exemple d'évaluation des services ferroviaires. Quatre modèles des choix d'itinéraires

ferroviaires ont été estimés, pour les différents objectifs de déplacement — domicile-travail, domicile-établissement d'enseignement, privé ou professionnel — en utilisant un ensemble de données d'échantillon construit à partir des données de l'enquête de 1995 sur les transports métropolitains à Tokyo (ITPS, 1996). Les variables suivantes sont utilisées dans les fonctions d'utilité linéaires : le temps de trajet passé à bord du véhicule, les temps d'accès et de sortie, le temps d'accès (seulement pour les déplacements domicile-établissement d'enseignement), le temps de sortie (seulement pour les déplacements domicile-établissement d'enseignement), le temps de correspondances (temps d'attente compris), le coût du déplacement et l'indice d'encombrement des véhicules (seulement pour les déplacements domicile-travail et domicile-établissement d'enseignement). Par temps de correspondances, on entend le temps nécessaire pour passer d'un train à un autre, qui correspond en majeure partie au parcours à pied d'un quai à un autre dans une même gare ou station. L'indice d'encombrement des véhicules est défini par la formule suivante :

$$CI_{k,ij} = \sum_{pq} \delta_{k,ij,pq} \cdot T_{in-vehicle,k,ij,pq} \cdot \left(\frac{x_{pq}}{cap_{pq}} \right)^2 \quad (13)$$

où

$CI_{k,ij}$ est l'indice d'encombrement des véhicules sur un itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone j ;

$\delta_{k,ij,pq}$ est égal à 1 si la liaison entre p et q est intégrée à l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone j , et égal à 0 dans le cas contraire ;

$T_{in-vehicle,k,ij,pq}$ est le temps de trajet à bord du véhicule sur la liaison entre p et q de l'itinéraire ferroviaire k allant de la zone i à la zone j ;

x_{pq} est le flux de circulation sur la liaison entre p et q ; et

cap_{pq} est la capacité de transport sur la liaison entre p et q .

Ainsi, par hypothèse, la fonction de l'encombrement des véhicules est une fonction quadratique du taux d'encombrement des véhicules. Les coefficients estimés du modèle des choix d'itinéraire ferroviaire sont présentés au tableau 3.5.

Tableau 3.5 Résultats estimatifs du modèle des choix d'itinéraire ferroviaire

	domicile-travail	domicile-étab. d'enseignement	privé	professionnel
Temps de trajet à bord du véhicule (min.)	-0.0943 (-8.1)	-0.0597 (-5.8)	-0.0494 (-2.9)	-0.0499 (-3.3)
Temps d'accès et de sortie (min.)	-0.127 (-11.7)		-0.0583 (-4.3)	-0.0599 (-5.8)
Temps d'accès (min.)		-0.0691 (-6.2)		
temps de sortie (min.)		-0.0603 (-5.7)		
Temps de correspondances, temps d'attente compris (min.)	-0.112 (-10.7)	-0.0793 (-8.7)	-0.0722 (-4.2)	-0.0687 (-4.5)
Coût du déplacement (JPY)	-0.00200 (-4.0)	-0.00388 (-7.1)	-0.00233 (-3.0)	- 0.00103 (-1.6)
Indice d'encombrement des véhicules	-0.00869 (-3.3)	-0.00177 (-0.8)		
Ratio des deux variances	0.436 (2.7)	0.161 (1.4)	0.513 (1.2)	0.214 (1.1)
Log de vraisemblance	0.390	0.331	0.172	0.156
Nombre d'observations	1218	811	436	357

Source : Morichi et al. (2001)

Note : Les valeurs entre parenthèses sont des coefficients t de Student.

Les valeurs estimées et les multiplicateurs du temps de trajet passé à bord du véhicule, du temps d'accès/sortie, du temps d'accès, du temps de sortie, et du temps de correspondances (temps d'attente compris) sont présentées aux tableaux 3.6 et 3.7. Dans le tableau 3.6, les résultats sont exprimés en JPY et en USD. Le taux de change est celui de novembre 1995 car les données de l'enquête sur les transports métropolitains de cette année-là ont été recueillies à la fin de l'automne.

Tableau 3.6 Valeurs des services ferroviaires estimées avec le modèle des choix d'itinéraire ferroviaire

	domicile-travail	domicile-étab. d'enseignement	privé	professionnel
Temps à bord du véhicule	47.2 (0.46)	15.4 (0.15)	21.2 (0.21)	48.4 (0.48)
Temps d'accès et de sortie	63.5 (0.62)		25.0 (0.25)	58.2 (0.57)
Temps d'accès		17.8 (0.17)		
Temps de sortie		15.5 (0.15)		
Temps de correspondances (temps d'attente compris)	56.0 (0.55)	20.4 (0.20)	31.0 (0.30)	66.7 (0.65)

Note : les valeurs sont exprimées en JPY par min. (USD par min.) de novembre 1995, date à laquelle le taux de change était de 1 USD = 101.86 JPY.

Tableau 3.7 **Multiplicateurs estimés avec le modèle des choix d'itinéraire ferroviaire**

	domicile-travail	domicile-établ. d'enseignement	privé	professionnel
Temps d'accès et de sortie	1.35		1.18	1.20
Temps d'accès		1.16		
Temps de sortie		1.01		
Temps de correspondances (temps d'attente compris)	1.19	1.33	1.46	1.38

Le tableau 3.7 permet de constater que les multiplicateurs estimés de la valeur du temps de trajet passé à bord du véhicule qui se rapportent au temps d'accès/sortie varient entre 1.01 et 1.35, alors que ceux qui concernent le temps de correspondances se situent entre 1.19 et 1.46. Comparés aux données figurant dans le Manuel d'ACA, les multiplicateurs estimés sont compris dans la fourchette des multiplicateurs du temps de correspondances par type de correspondance présentés au tableau 3.4. Il est à noter que les multiplicateurs estimés pour le temps de correspondances dans le tableau 3.7 tiennent compte de ce temps ainsi que du temps d'attente.

Ensuite, un multiplicateur de l'encombrement des véhicules est calculé en appliquant les coefficients estimés dans les modèles des choix d'itinéraire ferroviaire. Aux fins du calcul, une seule liaison est prise pour hypothèse, même si l'indice d'encombrement des véhicules est généralement défini comme étant la somme des désutilités de l'encombrement des véhicules sur toutes les liaisons d'un itinéraire donné. Par conséquent, la formule qui permet de calculer le multiplicateur de l'encombrement des véhicules s'écrit comme suit

$$\alpha_{cong} = 1 + \frac{\hat{\gamma}}{\hat{\beta}} \left(\frac{x}{cap} \right)^2$$

où

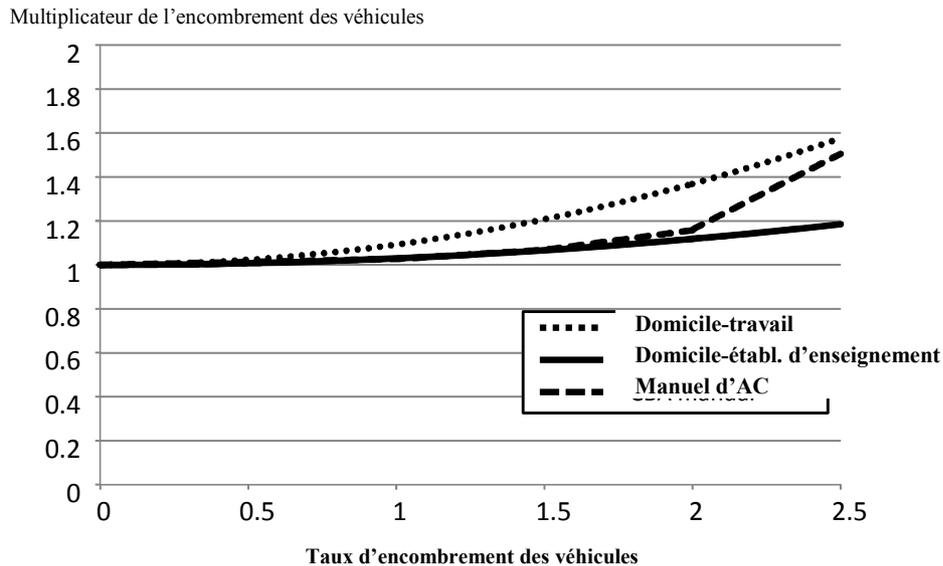
α_{cong} est le multiplicateur de l'encombrement des véhicules ;

$\hat{\gamma}$ est un coefficient estimé pour l'indice d'encombrement des véhicules ; et

$\hat{\beta}$ est un coefficient estimé pour le temps de trajet passé à bord du véhicule.

Les multiplicateurs de l'encombrement des véhicules sont représentés au graphique 3.4 en ce qui concerne les déplacements domicile-travail et domicile-établissement d'enseignement.

Graphique 3.4 Résultats du calcul des multiplicateurs de l'encombrement des véhicules du Manuel d'ACA



Le graphique 3.4 montre que le multiplicateur de l'encombrement des véhicules augmente jusqu'à atteindre environ 1.6 dans le cas des déplacements domicile-travail et environ 1.2 dans celui des déplacements domicile-établissement d'enseignement, à la différence du multiplicateur calculé avec la formule indiquée dans le Manuel d'ACA. Ce dernier est en effet pratiquement égal au multiplicateur applicable aux déplacements domicile-établissement scolaire lorsque le taux d'encombrement des véhicules est inférieur à 2, et il augmente fortement en se rapprochant du multiplicateur applicable aux déplacements domicile-travail à mesure que le taux d'encombrement des véhicules s'accroît au-delà de 2.

Conclusions

Ce rapport a décrit les pratiques récemment suivies au Japon en matière d'analyse coûts-avantages des projets d'investissement ferroviaire urbain, en s'intéressant particulièrement aux valeurs des services ferroviaires, et présenté des exemples d'évaluations des services ferroviaires fondées sur le Schéma directeur de 2000 pour le développement du transport ferré urbain à Tokyo.

Comme on le constate dans le Manuel d'analyse coûts-avantages (ACA) des projets ferroviaires, l'accent est mis depuis des années au Japon sur l'évaluation de l'encombrement des véhicules. Cela tient au grave problème de saturation des rames que connaissent les réseaux ferrés urbains dans les zones métropolitaines, notamment celle de Tokyo. Depuis de nombreuses années, le gouvernement national en tient compte aussi dans sa politique de développement ferroviaire ; il a par exemple explicitement fixé à 150 % au maximum l'objectif concernant l'encombrement des véhicules sur 31 tronçons ferroviaires importants à Tokyo. Cependant, le dernier examen effectué par les autorités constatait que le taux d'encombrement des véhicules atteignait 164 % en 2010 en dépit de la politique mise en œuvre (ITPS, 2013). L'une des causes en est la récession économique prolongée et les difficultés qu'elle

entraîne, pour les exploitants ferroviaires privés, lorsqu'il s'agit de continuer à investir pour accroître la capacité de transport.

En outre, le Manuel d'ACA avait bien cerné l'importance de l'évaluation des correspondances, compte tenu de la tendance socio-démographique récente au vieillissement de la population au Japon. Qui plus est, depuis un certain nombre d'années, l'inclusion sociale des personnes handicapées prend de l'importance : la loi sur l'accessibilité adoptée en 2000 a rendu obligatoire l'installation d'ascenseurs et d'escaliers mécaniques dans les grandes gares ferroviaires. Selon l'examen effectué par les autorités, 77 % des gares dont la fréquentation quotidienne était égale ou supérieure à 5 000 voyageurs avaient été équipées d'installations d'accessibilité en 2010 (MLIT, 2011). Étant donné l'augmentation prévue du nombre d'usagers âgés dans la prochaine décennie, le gouvernement national a révisé cette loi en 2011 et défini un nouvel objectif : 100 % des gares ferroviaires où transitent 3 000 voyageurs ou plus par jour devront procéder à des aménagements d'accessibilité.

Pour renforcer l'action en faveur de l'amélioration du confort et de la sécurité dans les services de transports publics, le MLIT a créé en mars 2004 neuf « indicateurs de confort et de commodité des transports publics » (*Indexes of Comfortable and Easeful Public Transportation*, ICE-PT) (MLIT, 2004) à l'intention des exploitants de transports urbains (ferré et autobus) des zones métropolitaines de Tokyo et d'Osaka (cf. tableau 3.8). Ce ministère procède à la collecte régulière de données statistiques auprès des exploitants de transports publics et porte ces indicateurs à la connaissance du public chaque année. Il vise ainsi à suivre les performances de ces exploitants à des fins d'évaluations comparatives qui lui permettent d'encourager les initiatives volontaires des prestataires privés de ces services.

D'autres aspects, concernant le contexte japonais en particulier, sont succinctement évoqués. En premier lieu, il convient de vérifier et de réviser à intervalles réguliers les paramètres et les multiplicateurs qui servent à évaluer les services ferroviaires. L'un des obstacles rencontrés à cet égard tient à la difficulté à laquelle se heurte la collecte de données depuis quelques années. Des enquêtes de grande ampleur sur les déplacements ont certes été effectuées périodiquement dans les régions métropolitaines du Japon, mais compte tenu des contraintes financières de l'État qui persistent depuis longtemps, l'existence du dispositif permettant de les réaliser risque d'être compromise à terme. Au lieu de recourir à une grande enquête de préférences révélées, il faudrait envisager la possibilité d'estimer les valeurs des services ferroviaires à partir d'une enquête de préférences déclarées. En outre, une enquête de préférences déclarées pour évaluer les services ferroviaires dans les pays membres de l'OCDE peut être propice au partage des compétences et de l'expérience acquise par le Japon.

Tableau 3.8 **Définition des neuf « indicateurs de confort et de commodité des transports publics » proposés par le MLIT, Japon**

Indicateur	Définition
1. Taux d'encombrement des véhicules en heure de pointe	Taux moyen horaire d'encombrement des véhicules dans les tronçons les plus chargés du réseau en heure de pointe
2. Pourcentage de gares avec des cheminements sans marches	Pourcentage de gares ferroviaires où transitent plus de 5 000 voyageurs/jour comportant des cheminements sans marches
3. Pourcentage de bus à plancher surbaissé	Pourcentage de véhicules du parc d'autobus équipés de plancher surbaissé
4. Indicateur de confort à l'intérieur des véhicules	Pourcentage de voitures ferroviaires dotées de climatisation hautes performances
5. Informations sur les quais concernant les services ferroviaires	Pourcentage de quais équipés de dispositifs à diodes lumineuses (LED) affichant l'horaire, la destination et d'autres renseignements sur le service
6. Informations dans les gares sur les services ferroviaires	Pourcentage de gares ferroviaires comportant des panneaux d'affichage et des systèmes d'annonce pour renseigner les usagers sur le type de service ferroviaire, la destination, etc.
7. Informations dans les véhicules sur les services ferroviaires	Pourcentage de véhicules ferroviaires équipés de panneaux d'affichage ou de dispositifs d'annonce pour renseigner les usagers sur l'arrêt suivant, etc.
8. Présence de personnel dans les gares	Pourcentage de quais où des agents sont affectés ou des dispositifs installés pour assurer la communication entre voyageurs et personnel ferroviaire
9. Présence de personnel dans les véhicules	Pourcentage de véhicules ferroviaires où des agents sont affectés ou des dispositifs installés pour assurer la communication entre voyageurs et personnel ferroviaire

Source: MLIT

Ensuite, il peut s'avérer nécessaire d'évaluer des catégories plus fines des services ferroviaires. Par exemple, les multiplicateurs de l'encombrement des véhicules ferroviaires peuvent différer selon le sous-groupe socio-démographique concerné, notamment selon que les usagers sont des personnes âgées ou des jeunes. Le Manuel d'ACA ne prend pas explicitement en considération ces différences, mais certaines études, comme celle de Kato et al. (2003b), contredisent l'analyse empirique. Étant donné le vieillissement rapide de la population prévu dans de nombreux pays membres de l'OCDE, la recherche sur les multiplicateurs/paramètres devrait se poursuivre, et ces pays devraient en partager les résultats.

Enfin, il faudrait analyser la comparaison des valeurs des services ferroviaires avec celles des autres services de transport public, notamment d'autobus, d'autobus express, de transport interurbain et de transport aérien. L'évaluation du transport interurbain dans le contexte japonais a été remise en question par certaines études (par exemple, Kato et Onoda, 2009) ; or, bien que les services de bus jouent un rôle important dans de nombreuses villes, les valeurs qui s'y rattachent n'ont pas encore été bien analysées au Japon. Les données des évaluations des services de transport public effectuées dans d'autres pays membres de l'OCDE pourraient également enrichir la réflexion à cet égard au Japon.

Remerciements

Certaines données figurant dans ce rapport sont reprises de documents utilisés par le comité chargé d'étudier les problèmes actuels et l'orientation future du développement ferroviaire dans la métropole de Tokyo. Les informations sur les indicateurs de confort et de commodité des transports publics (ICE-PT) ont été obligeamment communiquées par le MILT, dont les avis ont également été précieux. Je tiens à exprimer ma gratitude pour leur aide à M. Tomoharu Hase (MLIT), M. Kasuhiro Kishimoto (MLIT), M. Shinichiro Kato (Institute of Transport Policy Studies), M. Yoshihisa Yamashita (Creative Research and Planning Co.) et à M. Satoshi Seki (Tokyu Co.).

Références

- Ben-Akiva, M. et Lerman, S. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MIT Press, Cambridge.
- Geweke, J., Keane, M. et Runkle, D. (1994) Alternative computational approaches to inference in the multinomial probit model, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 76, No. 4, pp. 609–632.
- Ieda, H. (1989) Evaluation of transport congestion in commuter railways and its applications, communication présentée au 5ème Congrès mondial sur la recherche dans les transports, Yokohama (Japon), juillet 1989.
- Institution of Transport Policy Studies (1996) *Final Report on Metropolitan Transport Census 1995*. (en japonais)
- Institution of Transport Policy Studies (2000) *Final Report on Project Selection and Feasibility Analysis for Improvement of Rail-related Facilities, Urban Railway Study in 1999 (General Study)*. (en japonais)
- Institution of Transport Policy Studies (2008) *Final Report on Metropolitan Transport Survey 2005*. (en japonais)
- Institution of Transport Policy Studies (2013) *Final Report of Research Committee on a Desirable Urban Railway System in the Tokyo Metropolitan Area*. (en japonais)

- Kato, H., Kaneko, Y. et Inoue, S. (2003a) Measurement of transport investment benefit: Empirical comparisons between OD-based approach and route-based approach, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, pp. 2962–2971.
- Kato, H., Shikai, J., Kato, S. et Ishida, H. (2003b) Cost-benefit analysis for improvement of transfer service at urban railway stations, *World Transport Research: Selected Proceedings*, 9ème Congrès mondial sur la recherche dans les transports.
- Kato, H. (2007) Variation of value of travel time savings over travel time in urban commuting: Theoretical and empirical analysis, *Transportation and Traffic Theory 2007: Papers Selected for Presentation at ISTTT17* (Allsop, R. E., Bell, M. G. H. et Heydecker, B. G., dir. de publ.), Elsevier, pp. 179–196.
- Kato, H. et Onoda, K. (2009) An investigation of whether the value of travel time increases as individuals travel longer: A case study of modal choice of inter-urban travellers in Japan, *Transportation Research Record*, No. 2135, pp. 10–16.
- Kato, H., Kaneko, Y. et Inoue, M. (2010a) Comparative analysis of transit assignment: Evidence from urban railway system in the Tokyo Metropolitan Area, *Transportation*, Vol. 37, No. 5, pp. 775–799.
- Kato, H., Tanishita, M. et Matsuzaki, T. (2010b) Meta-analysis of value of travel time savings: Evidence from Japan, *actes du 14ème Congrès mondial sur la recherche dans les transports*, CD-ROM, Lisbonne (Portugal), juillet 2010.
- Kato, H., Sakashita, A., Tsuchiya, T., Oda, T. et Tanishita, M. (2011) Estimation of road user's value of travel time savings using large-scale household survey data from Japan, *Transportation Research Record*, No. 2231, pp. 85–92.
- Kato, H., Kaneko, Y. et Soyama, Y. (2012) Departure time choice of urban rail passenger under unreliable service: Evidence from Tokyo, *Proceedings of the International Conference on Advanced Systems for Public Transport 2012 (CASPT 12)*, Santiago (Chili), juillet 2012.
- Kidokoro, Y. (2004) Cost-benefit analysis for transport networks: Theory and application, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 38, No. 2, pp. 275–307.
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (1998) *Cost-effective Analysis Manual of Railway Projects 1997*. (en japonais)
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2000) *Cost-effective Analysis Manual of Railway Projects 1999*. (en japonais)
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2004) *Study on the Improvement of "Comfort and Safety" in Public Transport: Introduction of the Index of Comfortable and Easeful Public Transportation (ICE)*. (en japonais)
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2005) *Cost-effective Analysis of Railway Projects Manual 2005* (en japonais)
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2009) *Technical Guidance of Cost-benefit Analysis for Public Project Evaluation*. (en japonais)

- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2011) Partial revision of basic strategy on the promotion of smoothing travels, <http://www.mlit.go.jp/common/000141702.pdf>, dernière consultation en janvier 2014. (en japonais)
- Ministère japonais de l'Aménagement du Territoire, des Infrastructures, des Transports et du Tourisme (2012) Cost-effective Analysis of Railway Projects Manual 2012. (en japonais)
- Morichi, S. (2000) History and Future of Urban Rail System in the Tokyo Metropolitan Area, Institution of Transport Policy Studies. (en japonais)
- Morichi, S., Iwakura, S., Morishige, S., Itoh, M. et Hayasaki, S. (2001) Tokyo metropolitan rail network long-range plan for the 21st century. Communication présentée à la réunion annuelle du Transportation Research Board, Washington D.C., janvier 2001.
- Small, K. A. et Verhoef, E. T. (2007) The Economics of Urban Transportation, 2nd edition, Rutledge.
- Train, K. (2003) Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge.
- Williams, H. C. W. L. (1977) On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit, *Environment and Planning A*, Vol. 9, pp. 285–344.
- Yai, T., Iwakura, S. et Morichi, S. (1997) Multinomial probit with structured covariance for route choice behaviour, *Transportation Research Part B*, Vol. 31, No. 3, pp. 195–208.
- Yai, T., Nakagawa, T. et Ishitsuka, J. (1998) Estimation of the multinomial probit model with structured covariance using the simulation method, *Proceedings of JSCE*, No. 604, pp. 11–21. (en japonais)

Chapitre 4

Évaluation de la commodité des transports publics en Corée

Sungwon Lee¹

La fréquentation des transports publics n'a cessé de baisser dans les grandes villes coréennes avec la hausse du taux de motorisation. Les transports publics ont perdu leur avantage concurrentiel par rapport aux voitures particulières, les individus ayant tendance à privilégier des modes de transport plus commodes quand leurs revenus augmentent. Un moyen prometteur d'inverser cette tendance est de proposer des modes de transport plus commodes en termes de temps de trajet et de qualité. En Corée, on s'est efforcé d'accroître l'attractivité des transports publics, notamment en réduisant les temps de trajet et en augmentant le nombre de places assises. Le présent document évalue ex post les impacts de ces mesures et compare les résultats avec ceux obtenus lors d'une analyse quantitative ex ante de l'efficacité de ces mesures. La principale conséquence de l'analyse empirique pour l'action publique est que l'amélioration du niveau de commodité des transports publics peut constituer un moyen efficace d'accroître leur fréquentation. La réduction des temps de trajet des transports publics, obtenue en augmentant la vitesse ou en diminuant les intervalles, et l'amélioration des niveaux de qualité font partie des mesures pour y parvenir. Suite à la réforme du système de transports publics de Séoul, qui a contribué à réduire les temps de trajet grâce à l'introduction de couloirs médians réservés aux bus et à l'instauration d'une tarification intégrée, on a effectivement constaté une progression de la fréquentation des transports publics.

¹ The Korean Transport Institute, Goyang Si, Corée

Introduction

La fréquentation des transports publics n'a cessé de baisser dans les grandes villes coréennes avec la hausse du taux de motorisation. Les transports publics ont perdu leur avantage concurrentiel par rapport aux voitures particulières, les individus ayant tendance à privilégier des modes de transport plus commodes quand leurs revenus augmentent. Un moyen prometteur d'inverser cette tendance est de proposer des modes de transport plus commodes en termes de temps de trajet et d'agrément. En Corée, on s'est efforcé d'accroître l'attractivité des transports publics, notamment en réduisant les temps de trajet et en augmentant le nombre de places assises. Le présent document évalue *ex post* les impacts de ces mesures et compare les résultats avec ceux obtenus lors d'une analyse quantitative *ex ante* de l'efficacité de ces mesures. De cette analyse seront tirés les enseignements pour l'action publique.

En 2004, la ville de Séoul, capitale de la Corée, a entrepris une vaste réforme de son système de transports publics. Cette réforme reposait essentiellement sur le déploiement à grande échelle de couloirs médians réservés aux bus et l'adoption d'un système de tarification intégrée des transports publics instaurant des tarifs à la distance parcourue, quel que soit le mode de transport, et la gratuité des correspondances entre métro et bus. Ce système, consistant en un tarif de base applicable aux douze premiers kilomètres du trajet, au-delà desquels s'ajoute un tarif progressif selon la distance supplémentaire parcourue, a connu un succès retentissant. La réforme a réussi non seulement à inverser la tendance à la baisse de l'utilisation des transports publics, mais aussi à accroître la popularité de ces modes de transport dans la région de la Séoul.

Le présent document analyse la justification de la réforme des transports publics à partir de précédentes études d'impact quantitatives sur l'efficacité des moyens d'intervention. L'étude empirique s'appuie sur la méthode des préférences déclarées, qui étudie les impacts de mesures gouvernementales hypothétiques. La réforme des transports publics et son évaluation *ex ante* sont ensuite présentées de manière approfondie.

Les résultats de cette étude pourraient être transposables à d'autres villes aux caractéristiques similaires. De même, les recommandations en matière d'intervention publique pourraient être applicables à des villes présentant un contexte socioéconomique et des infrastructures semblables.

Justification de la réforme des transports publics en Corée

Dans les pays comme la Corée, à densité de population élevée et très urbanisés, les transports publics tels que les métros et bus ouvrent d'importantes perspectives d'économie d'énergie et d'atténuation des divers coûts sociaux des transports individuels. Pour encourager les transports publics, les pouvoirs publics doivent prendre des mesures afin d'en accroître l'attractivité. Pour cela, il convient notamment d'augmenter le niveau de commodité des transports publics, en réduisant les temps de trajet et d'attente, mais aussi le niveau de qualité, en améliorant le confort.

Si l'on connaît les objectifs ciblés, en revanche des incertitudes demeurent sur l'efficacité de ces mesures. Il est donc nécessaire de procéder à une analyse quantitative des impacts des mesures ainsi qu'à une analyse économétrique de l'élasticité de la demande.

L'analyse quantitative des impacts des mesures exposée dans le présent document s'appuie sur la méthode des préférences déclarées, qui étudie les impacts de mesures gouvernementales hypothétiques. Les conclusions de cette analyse serviront de base à l'adoption de mesures dans les transports fondées sur des données probantes. Une analyse économétrique teste aussi les hypothèses de ces mesures, afin de comparer les coûts perçus et réels des transports. Le tableau 4.1 résume les résultats de précédentes études d'élasticité de la demande de transports urbains.

Tableau 4.1 Élasticités-prix de la demande de transports urbains

Demande	Attribut	Élasticité		
		Court terme	Long terme	Global
Consommation de carburant	Prix du carburant	-0.27	-0.73	-0.48
Voiture (utilisation)	Prix du carburant	-0.33	-0.30	-0.39
Voiture (possession)	Prix du carburant	*	*	-0.21
Voiture (possession)	Prix de la voiture	*	*	-0.87
Trafic	Prix du péage	*	*	-0.45
Bus	Prix du ticket de bus	-0.30	-0.65	-0.41
Métro	Prix du ticket de métro	-0.20	-0.40	-0.20
Rail	Prix du billet de train	-0.70	-1.10	-0.65
Transports publics	Prix du carburant	*	*	+0.34
Voiture (possession)	Prix du billet ou ticket	*	*	+0.10

Source : Ministère des Transports du Royaume-Uni.

Note : Par « court terme » on entend généralement 1 an et par « long terme » une durée de 5 à 10 ans.

Cependant, l'élasticité par rapport au prix et à d'autres variables de la demande de transports urbains peut varier d'une ville à l'autre, en fonction des infrastructures et de la situation socio-économique de la population. Une analyse d'élasticité distincte tenant compte des disparités entre villes est donc nécessaire pour l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes.

Lee et al. (2003) ont étudié l'efficacité de mesures hypothétiques pour inciter les automobilistes à privilégier les transports publics dans la région métropolitaine de Séoul, à l'aide d'un modèle de choix discret s'appuyant sur la méthode des préférences déclarées.

Une enquête menée auprès de 662 automobilistes a recueilli 4 228 points de données. Les déplacements domicile-travail (71,5 %) et professionnels (16,4 %) constituaient les principaux motifs d'utilisation de la voiture. Les formules suivantes représentent la fonction d'utilité de la voiture et des modes de transports concurrents (bus et métro) :

$$U_{oricar} = \alpha + \beta_1 \cdot Fuel + \beta_3 \cdot Ivt + \beta_5 \cdot Park$$

$$U_{altmode} = \beta_2 \cdot Fare + \beta_3 \cdot Ivt + \beta_4 \cdot Ovt + \beta_6 \cdot Crowd$$

où *altmode* = mode concurrent (bus, métro ou mixte bus+métro)

(oricar = mode d'origine voiture particulière Fuel = carburant, Fare = tarif (prix du ticket de bus ou métro), Ivt= temps passé dans le véhicule, Ovt = temps passé hors du véhicule, c'est-à-dire temps d'accès au bus ou métro, Park = prix du stationnement, Crowd = affluence, c'est-à-dire confort comme mesure de la qualité du service)

Le tableau 4.2 résume les résultats d'estimation relatifs au comportement de choix de mode de transport des automobilistes. Si la plupart des variables s'avéraient statistiquement significatives, ce n'était en revanche pas le cas du tarif des transports publics. En effet, les automobilistes ne jugent pas ce tarif significatif, car nettement inférieur au coût d'utilisation de la voiture. En outre, ils sont plus sensibles aux variations tarifaires du bus qu'à celles du métro. Le fait que le coefficient correspondant au temps passé dans le véhicule est supérieur à celui dont est affecté le temps passé hors du véhicule indique que la désutilité de l'attente est supérieure à celle du trajet. Les usagers du bus sont plus sensibles au temps passé dans le véhicule que les usagers des autres modes de transport, ce qui donne à penser que l'augmentation du nombre de bus express ou la création de voies réservées aux véhicules à taux d'occupation élevé peuvent s'avérer efficaces pour inciter les automobilistes à privilégier le bus. Le coefficient estimé associé au prix du stationnement est égal à plus du double de celui associé au prix du carburant. En effet, le coût du stationnement est ressenti beaucoup plus fortement que celui du carburant, les automobilistes étant très sensibles au prix du stationnement. Le coefficient associé à l'affluence dans le bus, positif et supérieur à celui associé à l'affluence dans le métro, implique que les automobilistes sont très sensibles à l'encombrement des bus.

Tableau 4.2 Résultats d'estimation des comportements de choix de mode de transport des automobilistes

Variable	Voiture-bus		Voiture-bus+métro		Voiture-métro	
	Coefficient	Valeur t	Coefficient	Valeur t	Coefficient	Valeur t
Variable muette « voiture »	1.6362	5.505	0.99752	5.207	0.50605	2.29
Prix du carburant	-1.01E-04	-3.067	-1.17E-4	-5.241	-6.10E-05	-2.848
Prix du ticket de bus ou métro	-2.00E-04	-1.456	-1.41E-04	-2.862	-5.40E-05	-0.637
Temps passé dans le véhicule	-4.21E-02	-8.106	-2.76E-02	-9.376	-3.80E-02	-10.717
Temps passé hors du véhicule	-4.41E-02	-3.486	-2.81E-02	-5.053	-6.49E-02	-7.089
Prix du stationnement	-3.63E-04	-6.36	-2.49E-04	-6.188	-2.61E-04	-6.018
Affluence	0.83081	8.38	0.64431	9.306	0.58023	7.508
ρ_2 (Rho carré)	0.19		0.20		0.22	
Nombre de réponses	943		1 783		1 502	

Les élasticités-prix peuvent être estimées par la méthode du point milieu. Si la fonction d'utilité associée est correctement spécifiée, cette méthode donne l'élasticité d'arc plutôt que l'élasticité ponctuelle. Cependant, notre modèle n'admet pas de valeurs d'élasticité variables, en raison de contraintes liées à l'estimation. En théorie, l'élasticité d'arc fournit une estimation de la réponse plus précise dans le cas de variations importantes des niveaux d'attributs hypothétiques. Comme indiqué dans le tableau 4.3, l'élasticité de la demande d'utilisation de la voiture par rapport au prix du carburant se situe dans la fourchette de -0.078 à -0.171, indiquant un comportement inélastique. Une hausse du prix du carburant de 50 % devrait entraîner un transfert modal de la voiture vers le bus de 3.9 % à 8.5 %. En outre, les usagers empruntant à la fois le bus et le métro affichent une élasticité-prix supérieure à celle des individus n'empruntant qu'un seul de ces modes. En effet, les usagers de modes mixtes sont plus sensibles au prix du carburant car ils effectuent des déplacements domicile-travail sur de plus longues distances. Globalement, les élasticités de la demande de transport estimées en Corée sont inférieures à celles observées au Royaume-Uni (voir tableau 4.1), du fait des différences de contextes socio-économiques et d'infrastructures entre ces deux pays.

Tableau 4.3 Élasticités de la demande d'automobilité par rapport au prix du carburant et transfert modal

	Hausse du prix du carburant (%)	Élasticité par rapport au prix du carburant	Transfert modal voiture-transport publics (%)
Voiture-bus	10 %	-0.086	0.86
	20 %	-0.086	1.72
	30 %	-0.086	2.59
	40 %	-0.086	3.45
	50 %	-0.086	4.32
Voiture-métro	10 %	-0.078	0.78
	20 %	-0.078	1.55
	30 %	-0.078	2.33
	40 %	-0.078	3.11
	50 %	-0.078	3.88
Voiture-bus + métro	10 %	-0.171	1.71
	20 %	-0.171	3.41
	30 %	-0.171	5.11
	40 %	-0.171	6.79
	50 %	-0.169	8.47

Source: Auteurs

Le tableau 4.4 présente les élasticités-prix croisées de la demande d'utilisation de la voiture qui ont été estimées par la méthode du point milieu. L'élasticité croisée par rapport au tarif des transports publics se situe dans la fourchette 0.016-0.084, ce qui indique un comportement inélastique. Une baisse des tarifs de 50 % entraîne un transfert modal de la voiture vers les transports publics d'au plus 4.35 %. La mise en place d'une subvention du tarif des transports publics ne devrait donc pas favoriser une diminution significative de l'automobilité.

Tableau 4.4 **Élasticités de la demande d'automobilité par rapport au tarif des transports publics et transfert modal**

	Baisse du tarif (%)	Élasticité croisée par rapport au tarif des transports publics	Transfert modal voiture-transports publics (%)
Voiture-bus	10 %	0.058	0.58
	20 %	0.058	1.16
	30 %	0.058	1.75
	40 %	0.058	2.33
	50 %	0.058	2.92
Voiture-métro	10 %	0.016	0.16
	20 %	0.016	0.33
	30 %	0.016	0.49
	40 %	0.016	0.66
	50 %	0.016	0.82
Voiture-bus+métro	10 %	0.086	0.86
	20 %	0.086	1.73
	30 %	0.087	2.60
	40 %	0.087	3.47
	50 %	0.087	4.35

Source: Auteur

Le tableau 4.5 montre la variation de la part modale suite à une hausse du prix du stationnement. Si le prix mensuel du stationnement augmente de 33 dollars, l'utilisation de la voiture diminue de 13-15 %. Si ce prix augmente de 66 dollars, alors l'utilisation de la voiture diminue de 25-30 %. Les prix mensuels du stationnement variant considérablement selon les cas, on ne peut estimer l'élasticité croisée par rapport au prix du stationnement.

Tableau 4.5 **Variation de la part modale suite à une hausse du prix du stationnement**

			Part modale avant et après la hausse du prix du stationnement	Variation de la part modale (%)
+40 000 won par mois	Voiture-bus	Voiture	0.660 → 0.562	-15
		Bus	0.340 → 0.438	29
	Voiture-métro	Voiture	0.576 → 0.502	-13
		Métro	0.424 → 0.498	18
	Voiture-bus+métro	Voiture	0.567 → 0.495	-13
		Bus+métro	0.433 → 0.505	17
+80 000 won par mois	Voiture-bus	Voiture	0.660 → 0.460	-30
		Bus	0.340 → 0.540	59
	Voiture-métro	Voiture	0.576 → 0.428	-26
		Métro	0.424 → 0.572	35
	Voiture-bus+métro	Voiture	0.567 → 0.423	-25
		Bus+métro	0.433 → 0.577	33

L'élasticité croisée de la demande d'automobilité par rapport au temps passé dans le véhicule peut être estimée par la méthode du point milieu. Si le temps passé dans le véhicule diminue de 10-50 %, alors l'élasticité croisée se situe dans la fourchette 0.46-0.57. En outre, une amélioration de la vitesse du métro de 50 % incitera 29 % des automobilistes à privilégier le métro. La mise en place d'un réseau express de métro ou de bus constituera donc une mesure efficace pour réduire l'automobilité et la congestion du trafic dans Séoul, sous réserve que la demande latente d'automobilité ne soit pas trop élevée. Le tableau 4.6 présente l'élasticité croisée de la demande d'automobilité par rapport au temps passé dans le véhicule. Les légères différences entre les valeurs d'élasticité figurant dans les tableaux 4.6 et 4.7 s'expliquent par les erreurs inhérentes à la méthode du point milieu.

Tableau 4.6 **Élasticités croisées de la demande d'automobilité par rapport au temps passé dans le véhicule et transfert modal**

	Diminution du temps passé dans le véhicule (%)	Élasticité <u>croisée</u> par rapport au temps passé dans le véhicule	Transfert modal voiture-transports publics (%)
Voiture-bus	10 %	0.459	4.59
	20 %	0.471	9.42
	30 %	0.481	14.43
	40 %	0.489	19.57
	50 %	0.495	24.77
Voiture-métro	10 %	0.549	5.49
	20 %	0.559	11.18
	30 %	0.567	17.01
	40 %	0.572	22.89
	50 %	0.575	28.73
Voiture-bus+métro	10 %	0.512	5.12
	20 %	0.517	10.35
	30 %	0.520	15.61
	40 %	0.521	20.84
	50 %	0.520	25.99

L'élasticité croisée de la demande d'automobilité par rapport au temps passé hors du véhicule peut être estimée par la méthode du point milieu. Elle est inférieure à l'élasticité croisée par rapport au temps passé dans le véhicule. Comme indiqué dans le tableau 4.7, si le temps passé hors du véhicule diminue de 10-50 %, alors l'élasticité croisée se situe dans la fourchette 0.19-0.38 et le transfert modal de la voiture vers les transports publics peut atteindre jusqu'à 19 %. Des mesures visant à augmenter la fréquence des bus et métro s'avèreraient très efficaces pour encourager l'utilisation des transports publics et réduire la congestion du trafic en Corée.

Tableau 4.7 **Élasticités croisées de la demande d'automobilité par rapport au temps passé hors du véhicule et transfert modal**

	Diminution du temps passé hors du véhicule (%)	Élasticité <u>croisée</u> par rapport au temps passé hors du véhicule	Transfert modal voiture-transports publics (%)
Voiture-bus	10 %	0.197	1.97
	20 %	0.200	3.99
	30 %	0.202	6.05
	40 %	0.204	8.15
	50 %	0.206	10.28
Voiture-métro	10 %	0.364	3.64
	20 %	0.369	7.38
	30 %	0.373	11.20
	40 %	0.377	15.08
	50 %	0.380	18.99

Voiture-bus+ métro	10 %	0.208	2.08
	20 %	0.210	4.19
	30 %	0.211	6.33
	40 %	0.212	8.48
	50 %	0.213	10.65

Dans la présente étude, le niveau de service dans les transports publics est défini comme le niveau d'affluence. Comme indiqué dans le tableau 4.8, si l'encombrement des transports publics diminue d'un niveau, défini comme la possibilité de trouver une place assise dans un véhicule de transports publics encombré, alors entre 18 et 25 % des automobilistes adopteraient ce mode de transport. En outre, la réduction de l'encombrement des véhicules est essentielle pour encourager l'utilisation des transports publics et réduire la congestion du trafic dans Séoul.

Tableau 4.8 **Réaction des automobilistes à la variable d'encombrement des véhicules**

		Transfert modal
Voiture-bus	Amélioration d'un niveau	25.05 % voiture → bus
	Dégradation d'un niveau	21.92 % bus → voiture
Voiture-métro	Amélioration d'un niveau	17.85 % voiture → métro
	Dégradation d'un niveau	17.47 % métro → voiture
Voiture-bus+métro	Amélioration d'un niveau	20.71 % voiture → bus+métro
	Dégradation d'un niveau	20.46 % bus+métro → voiture

En utilisant les valeurs d'élasticité estimées, nous avons pu analyser les effets de mesures hypothétiques de gestion de la demande de transport sur le transfert modal. Nous avons ainsi établi que les mesures de tarification des carburants et des transports publics avaient des impacts très limités et restaient très inefficaces. D'autre part, il existait de nombreuses autres mesures efficaces, telles que la réglementation et la tarification du stationnement, les bus et trains urbains express, et les voies réservées aux véhicules à taux d'occupation élevé. Une autre mesure efficace consiste à augmenter la fréquence du service pour réduire l'encombrement dans les bus et le métro.

Les résultats de l'analyse empirique présentés ci-dessus suggèrent des mesures qui pourraient redynamiser l'utilisation des transports publics dans la région métropolitaine de Séoul, par exemple, l'accélération du service, l'augmentation de la fréquence, et l'amélioration du niveau de qualité. Les sections suivantes décrivent comment ces mesures ont été mises en place à Séoul.

Réseau de transports publics de Séoul

Séoul, capitale de la Corée du Sud, compte environ 10 millions d'habitants sur un territoire de 605.2 km² et enregistre un produit régional intérieur brut de 283 651 milliards de won (données 2011). Si la région de Séoul ne représente que 0.6 % de la superficie totale du pays, elle concentre en revanche 20.1 % de la population totale. La région métropolitaine de Séoul englobe Séoul, Incheon et Gyeonggi, compte 26.6 millions d'habitants (49.3 % de la population totale du pays), couvre un territoire de 11 818 km² et enregistre un produit régional intérieur brut de 585 979 milliards de won (données 2011).

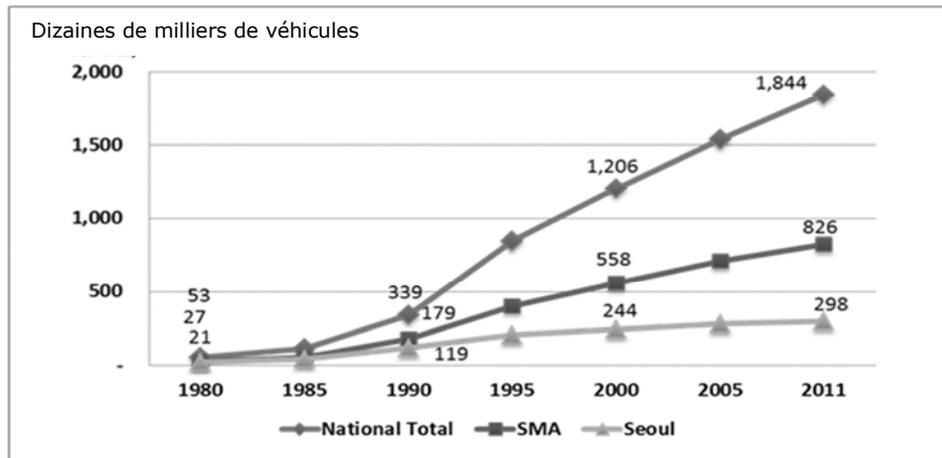
Une étude a été réalisée pour observer l'expansion de la région métropolitaine de Séoul sur deux périodes distinctes. Entre 1989 et 1996, cinq villes et 292 000 logements ont été construits sur un territoire de 50,1 km² pour accueillir 1,17 million de personnes. Entre 2001 et 2012, 12 villes et 671 000 logements supplémentaires ont été construits sur un territoire de 146,1 km² pour accueillir 1,75 million de personnes. Ces périodes ne sont pas de même durée, mais on observe que l'urbanisation a été plus rapide au cours de la seconde que de la première.

Graphique 4.1 Évolution de l'urbanisation dans la région métropolitaine de Séoul



Source: Seoul Metropolitan Government

Graphique 4.2 Évolution des immatriculations de véhicules

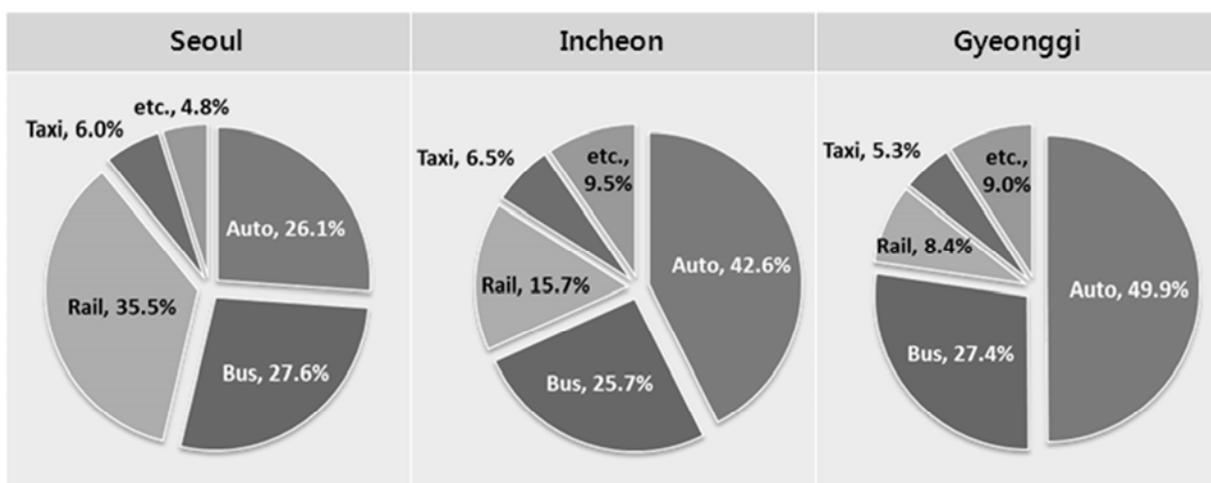


Source: Seoul Metropolitan Government

Le graphique 4.2 illustre le nombre d'immatriculations de véhicules à Séoul, dans la région métropolitaine de Séoul et en République de Corée pour certaines années. À mesure qu'une ville se développe et s'urbanise, elle attire une population croissante souhaitant profiter d'un niveau de vie plus élevé que dans les zones rurales. La progression du nombre de nouvelles immatriculations de véhicules est aussi étroitement liée à cette évolution. Par exemple, le nombre d'immatriculations par personne à Séoul a augmenté de 0.02 en 1980 à 0.3 en 2011.

La région métropolitaine de Séoul possède certaines des infrastructures de transport les plus développées du pays. Elle dispose d'environ 24 070 km de routes, 3 694 lignes de bus (26 847 véhicules) et 825.2 km de lignes de chemin fer (521 stations ou gares). Bien que Séoul ne couvre qu'une faible proportion du territoire de la région métropolitaine de Séoul, son infrastructure de transport comprend environ 8 199 km de routes, 447 lignes de bus (9 340 véhicules) et 346.3 km de lignes de chemin fer (321 stations ou gares).

Graphique 4.3 Part modale dans chaque région de la métropole de Séoul



Source: Seoul Metropolitan Government

L'Autorité des transports métropolitains de Séoul a mené une étude pour évaluer la situation des transports dans les principales zones de la région métropolitaine de Séoul. Séoul représente environ 20 011 millions des 49 660 millions de déplacements intra-ville quotidiens dans cette région. Comme le montre le graphique 4.3, à Séoul, la majorité de la population emprunte le réseau bien développé de transports publics. Face à la congestion du trafic dans Séoul, le métro et le bus constituent les modes les plus viables. En revanche, à Incheon et Gyeonggi, une plus grande proportion de la population utilise la voiture particulière.

Résultats de la réforme des transports publics à Séoul

La réforme du système de transports publics de Séoul poursuit deux objectifs principaux, à savoir d'une part, augmenter la vitesse et la ponctualité des bus et d'autre part, intégrer l'ensemble des modes de transports publics. La vitesse des bus a été augmentée grâce à la mise en place de couloirs médians réservés. L'intégration des transports publics nécessitait la fourniture d'un service de bus semi-public et l'instauration d'une tarification intégrée des transports publics fondée strictement sur la distance parcourue, indépendamment du nombre de correspondances. Ces mesures étaient globalement cohérentes avec les conséquences pour l'intervention publique qui ressortaient de nos études quantitatives sur l'efficacité des moyens d'intervention.

Développement des infrastructures

L'infrastructure de transport est relativement avancée par rapport à celle d'autres villes coréennes, mais plusieurs projets de développement peuvent contribuer à améliorer la qualité des services et des infrastructures de transport. Tout d'abord, la modernisation des lignes de chemin de fer existantes à Gyeonggi-do, Incheon et Gangwon-do permet de soulager la congestion dans Séoul, mais aussi de favoriser l'étalement de la population de la ville. Face à la concentration accrue de la population et des activités économiques dans la région métropolitaine de Séoul, la dispersion et le développement régional équilibré constituent des objectifs d'action majeurs en Corée. Ensuite, l'extension des capacités et de l'électrification des services ferroviaires favorise une exploitation plus efficace. Enfin, la construction de nouvelles lignes à Ansan, Gwacheon, Ilsan, Bundang et Pangyo soutient le développement de nouvelles villes. Les lignes raccordées à Séoul peuvent aussi contribuer à l'amélioration du trafic. Des droits d'aménagement financent les nouvelles lignes.

Exploitation semi-publique du réseau de bus et tarification intégrée

La nécessité de réformer les transports publics était évidente compte tenu du cercle vicieux dans lequel se trouvaient les services de bus. Le nombre croissant de véhicules sur les routes et l'absence de mesures prioritaires en faveur des bus, telles que la mise en place de couloirs réservés et de subventions, étaient à l'origine du manque de ponctualité et de fiabilité et de la lenteur des dessertes de bus. Les conditions d'exploitation et la congestion associées à cette situation engendraient un stress pour les chauffeurs de bus, qui pouvait se traduire par un service désagréable et des accidents. En outre, la capacité routière limitée et la congestion entraînaient aussi l'abandon de certains itinéraires, des hausses tarifaires périodiques et des conflits sociaux. Comme les lignes appartenaient à des sociétés de bus privées, il était difficile de les adapter à la demande. La réduction des activités et les hausses tarifaires ont entraîné la diminution de la

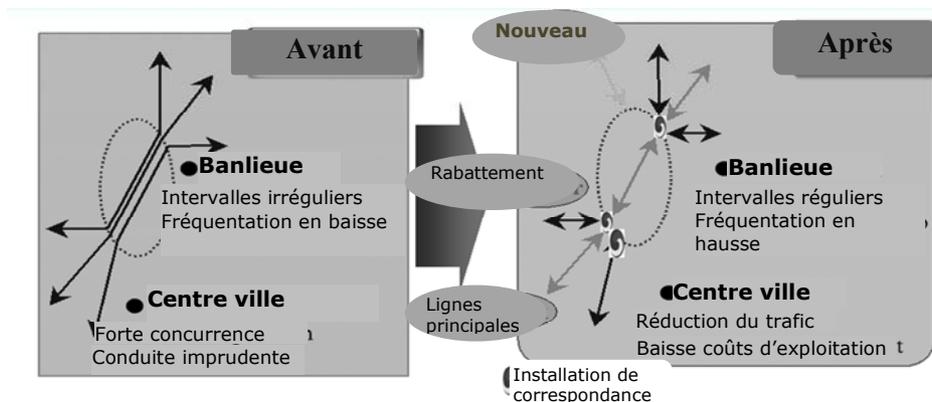
fréquentation, ce qui a conduit à une réduction des dessertes de bus et des effectifs, et entraîné la faillite de certaines sociétés de bus.

Pour remédier à ces problèmes, le Gouvernement de l'agglomération de Séoul a proposé et mis en œuvre les réformes du système de transport présentées ci-après.

De nouveaux systèmes de rémunération et d'attribution des lignes principales ont été instaurés pour les services de bus. Si l'ancien système de rémunération reposait sur le nombre de voyageurs, le nouveau dépend de la distance desservie (véh.km). Par ailleurs, la rémunération fait l'objet d'une gestion commune.

Les nouvelles lignes de bus sont associées à un code-couleur selon le type de desserte. Les lignes bleues correspondent aux lignes principales reliant la banlieue au centre-ville au niveau régional ; elles fournissent un service rapide et ponctuel. Les lignes vertes représentent des lignes de rabattement vers les lignes principales et le métro pour répondre à la demande locale. Les lignes jaunes sont des lignes circulaires assurant un service local dans le centre-ville ; elles sont essentiellement destinées aux déplacements professionnels et à la desserte des quartiers commerçants. Les lignes rouges desservent la région métropolitaine de Séoul dans son ensemble ; elles assurent des liaisons express régionales entre les villes-satellites et le centre-ville. Les lignes desservant la région métropolitaine de Séoul permettent aussi de proposer d'autres solutions de transport que la voiture pour les déplacements domicile-travail. Les graphiques 4.4 et 4.5 illustrent la situation avant et après la création de nouveaux réseaux.

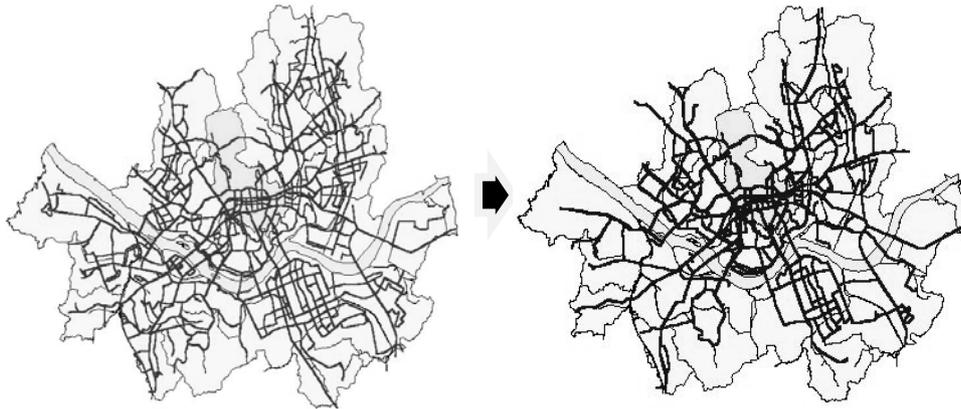
Graphique 4.4 Réseau de lignes de bus principales et de rabattement



Source: Seoul Metropolitan Government

Séoul a instauré la tarification à la distance dans les transports publics. Pour un trajet simple en métro, un tarif de base de 1 000 won (1 dollar) par trajet s'applique jusqu'à 12 km, distance au-delà de laquelle s'ajoute un supplément de 100 won par tranche de 6 km. Pour un trajet simple en bus, l'utilisateur paie un tarif unique de 1 000 won. Pour un trajet comportant des correspondances, le système de transports publics coréen repose sur une tarification cumulative à la distance. La correspondance entre les lignes de métro est gratuite. Un tarif de base s'applique jusqu'à 10 km, distance au-delà de laquelle s'ajoute un supplément par tranche de 5 km.

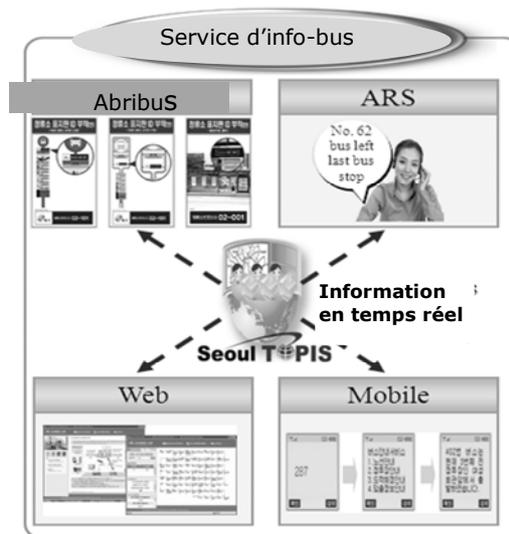
Graphique 4.5 Nouveau réseau de lignes principales et de rabattement



Source: Seoul Metropolitan Government

Système de gestion et d'information sur les bus

Graphique 4.6 Service d'information sur les bus



Source: Seoul Metropolitan Government

Le Service d'exploitation et d'information des transports (TOPIS) de Séoul renseigne en temps réel sur le fonctionnement des bus, par le biais du téléphone, d'Internet, d'applications mobiles et de dispositifs d'affichage dans les abribus. Des informations sur les bus, telles que la localisation en temps réel, l'intervalle entre deux bus, l'heure d'arrivée, les itinéraires et les correspondances, sont facilement accessibles aux voyageurs comme aux sociétés de bus. Ces dernières s'en servent pour gérer efficacement les services de bus.

Infrastructures : couloir réservé aux bus, modernisation des arrêts

Les couloirs réservés aux bus garantissent des dessertes de bus plus rapides et fiables dans la région métropolitaine de Séoul. En 2011, on dénombrait 157 km de voies de bus réparties sur 13 couloirs. La

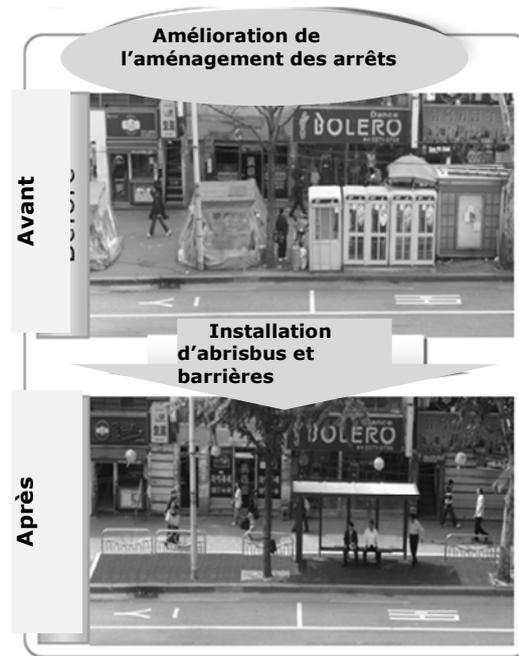
mise en place de couloirs médians réservés aide aussi à améliorer l'efficacité de l'exploitation des bus. Cela a ainsi contribué à attirer des automobilistes et à accroître la fréquentation des bus.

Graphique 4.7 **Couloir réservé aux bus**



Source: Seoul Metropolitan Government

Graphique 4.8 **Modernisation des arrêts de bus**



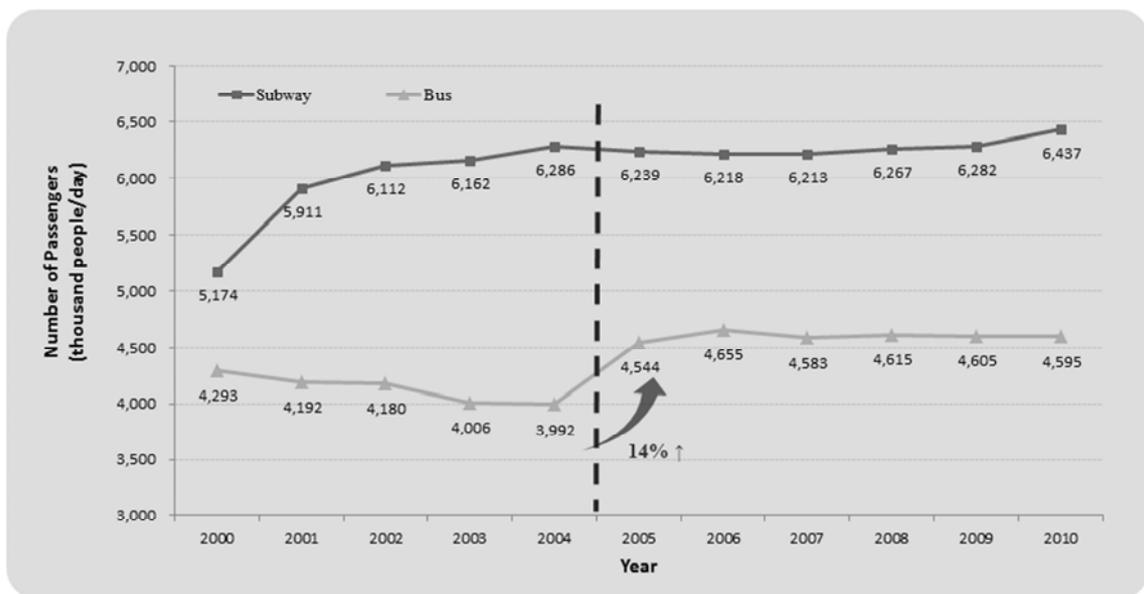
Source: Seoul Metropolitan Government

Comme on le voit dans le graphique 4.8, les arrêts de bus ont été considérablement améliorés. Des abribus et des barrières ont été installés, afin de délimiter une zone d'attente adaptée pour les usagers. En outre, à certains arrêts de bus, un affichage fournit des informations en temps réel sur les bus, afin que les usagers sachent précisément quand arrive le prochain bus.

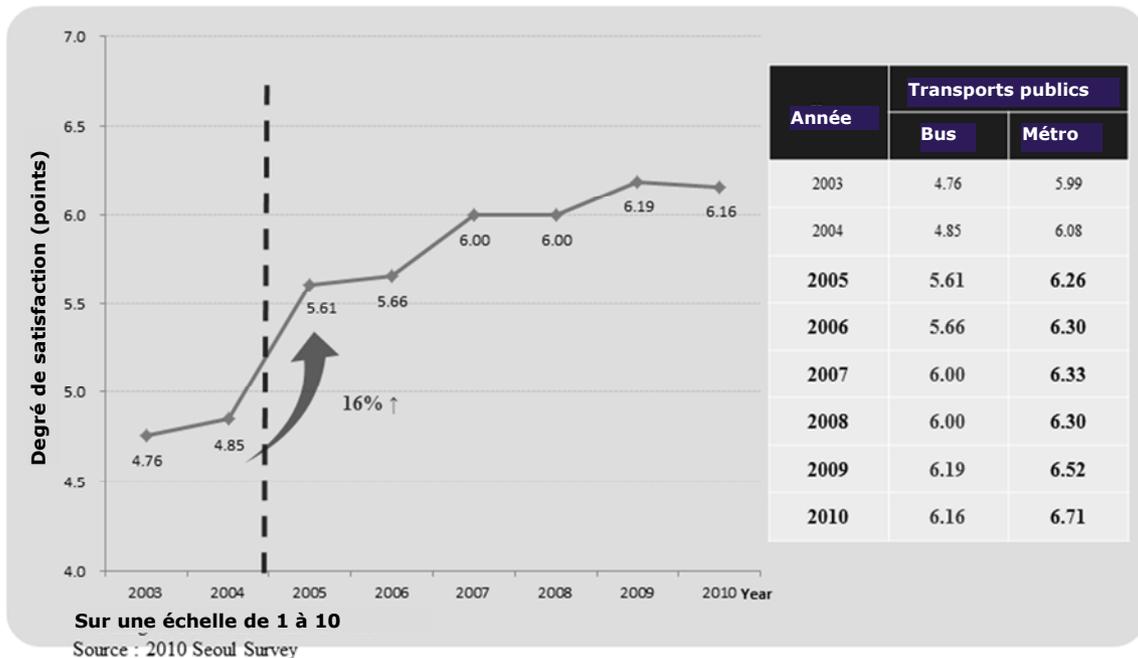
Résumé et résultats de la réforme des services de transports Publics

Les études empiriques sur les transports publics coréens suggèrent que l'augmentation de l'attractivité des services, grâce à la réduction du temps de trajet et à l'amélioration de la qualité, peut contribuer à accroître fortement la fréquentation des transports publics. Les attributs associés au temps de trajet sont jugés plus importants que les attributs monétaires dans la Région métropolitaine de Séoul. Les individus étant habitués à des niveaux de qualité élevés dans les transports individuels, ils ont tendance à exiger une qualité accrue dans les transports publics. Les données empiriques appuyant cette thèse sont exposées dans Lee et al. (2003).

Graphique 4.9 Hausse de la fréquentation des transports publics



Graphique 4.10 Évolution de la satisfaction de la population vis-à-vis des transports publics



On peut considérer que la réforme des transports publics à Séoul est un succès. Elle a été bien accueillie par la population et fait figure de référence pour de nombreuses autres villes du pays ainsi qu'à l'étranger.

La fréquentation des bus a progressé d'environ 14 % après la réforme, inversant ainsi la tendance à la baisse observée auparavant. Selon une enquête officielle, la satisfaction de la population vis-à-vis du système de transports publics de Séoul a aussi augmenté de 16 % à la suite de la réforme. Les usagers du bus estimaient que l'amélioration de la ponctualité et la réduction du temps de trajet étaient des facteurs très efficaces pour encourager les individus à privilégier les transports publics. L'instauration d'une tarification intégrée à la distance constituait un autre élément important de la réforme, dans la mesure où il renforce aussi l'attractivité des transports publics.

Les résultats de la réforme de la politique de transports publics sont cohérents avec les conclusions de l'analyse empirique *ex ante*, ce qui tendrait à montrer que les études empiriques peuvent jouer un rôle concret pour prédire l'efficacité de mesures gouvernementales hypothétiques avec un degré de précision raisonnable.

Références

- Lee, Sungwon et Jee Hyung Park (1998), *Analysis on the Effects of Fare Policies of Regional Transportation*, Korea Transport Institute.
- Lee, Sungwon, Yeong Heok Lee et Jee Hyung Park (2000), Estimating Price Elasticities of Demand for Air Transportation with Stated Preference Technique, *Journal of Korea Transportation Research Society*, 18(1).
- Lee, Sungwon, Yeong Heok Lee et Jee Hyung Park (2003), Estimating Price and Service Elasticity of Urban Transportation Demand with Stated Preference Technique: A Case in Korea, *Transportation Research Record* 1839.
- Lee, Sungwon, Sangyong Han et Sooshin Park (2005), *A Quantitative Analysis of Commuting Cost Subsidy Program*, Korea Transport Institute.
- U.K. Department of Transport (1994), *Transport Elasticity Study*, HMSO.
- U.K. Department of Transport (1996), *Transport the Way Forward*, HMSO.
- Goodwin, P. B. (1992), A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes. *Journal of Transport Economics and Policy*, 24(2).
- Kocur, George, T. Adler, W. Hyman, B. Aunet (1982), *Guide to Forecasting Travel Demand with Direct Utility Assessment*. U. S. Department of Transportation.
- Steer Davies Gleave (1996), *Countrylink Fares Elasticity Study*.
- Park, Jin Young (2013), *Public Bus Service Modernization*, document inédit du KOTI.
- Gouvernement de l'agglomération de Séoul (2010), *2010 Seoul Survey*

Chapitre 5

Valorisation de l’affluence dans les transports publics en Île-De-France

Eric Kroes¹
Marco Kouwenhoven²,
Laurence Debrincat, Nicolas Pauget³

Depuis le milieu des années 90, la fréquentation des transports publics en Île-de-France (région parisienne) a considérablement augmenté – de 20 % au cours des dix dernières années seulement. Cette progression, qui figurait parmi les objectifs du plan de mobilité urbaine durable adopté en 2000, n’avait toutefois pas été totalement anticipée. Le renouvellement des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant est nécessaire pour faire face à cette situation mais à lui seul, il ne suffira pas. Des investissements majeurs sont prévus afin d’accroître la capacité, en construisant de nouvelles lignes ou en augmentant la capacité des lignes existantes. Le Grand Paris Express est le plus connu de ces projets. Pour l’évaluation socio-économique, il est nécessaire de quantifier l’ensemble des impacts de ces investissements. Cependant, on connaît mal la valeur que les voyageurs accordent à la réduction des niveaux de congestion. Le Syndicat des Transports en Île-de-France a donc confié en 2011 à Significance la mission de réaliser une nouvelle étude sur la perception du confort dans les véhicules de transports publics en général, et plus particulièrement sur la question de l’affluence. L’étude devait couvrir l’ensemble des modes de transports publics franciliens.

-
- 1 Significance - VU Université d’Amsterdam, Pays Bas
2 Significance Pays Bas
3 Syndicat des Transports d’Île de France, France

Contexte

Depuis le milieu des années 90, la fréquentation des transports publics en Île-de-France (région parisienne) a considérablement augmenté – de 20 % au cours des dix dernières années seulement. Cette progression, qui figurait parmi les objectifs du plan de mobilité urbaine durable adopté en 2000, n’avait toutefois pas été totalement anticipée. Par conséquent, la capacité du réseau de transports publics ne suffit plus à répondre à la demande aux heures de pointe, en particulier en plusieurs points du réseau situés dans le centre dense de la région. Cela se traduit par des véhicules bondés et des temps d’attente longs pour les voyageurs sur les quais des stations et gares et aux arrêts de bus. Les lacunes en matière de maintenance et de modernisation du réseau de transport sont sources de difficultés d’exploitation supplémentaires.

Le renouvellement des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant est nécessaire pour faire face à cette situation mais à lui seul, il ne suffira pas. Des investissements majeurs sont prévus afin d’accroître la capacité, en construisant de nouvelles lignes ou en augmentant la capacité des lignes existantes. Le Grand Paris Express est le plus connu de ces projets. En outre, un certain nombre de lignes de bus seront remplacées par des lignes de tramway, des lignes ferroviaires sont en cours de rénovation et de nouveaux systèmes d’automatisation de l’exploitation des trains (SAET) contribueront à réduire l’intervalle entre deux trains et, ainsi, à accroître la capacité du réseau. L’ensemble de ces projets devrait sensiblement réduire le problème de capacité d’ici à 2020, et l’éliminer totalement d’ici à 2030. Par conséquent, les niveaux d’affluence dans les transports publics s’en trouveront considérablement réduits.

Pour l’évaluation socio-économique, il est nécessaire de quantifier l’ensemble des impacts de ces investissements. Il est possible de déterminer l’impact sur les temps de trajet et d’attente à l’aide de modèles de trafic standard, tels que le modèle ANTONIN employé en Île-de-France. Il est également possible de prévoir la réduction des taux de congestion en faisant appel à des modèles de trafic avancés. Cependant, on connaît mal la valeur que les voyageurs accordent à la réduction des niveaux de congestion (pour une analyse des travaux antérieurs, voir « Analyse des travaux antérieurs »).

Le STIF a donc confié en 2011 à Significance la mission de réaliser une nouvelle étude sur la perception du confort dans les véhicules de transports publics en général, et plus particulièrement sur la question de l’affluence. L’étude devait couvrir l’ensemble des modes de transports publics franciliens.

Objectifs et méthodologie

L’étude décrite dans le présent rapport visait à estimer l’importance attribuée à l’affluence dans les véhicules de transports publics en Île-de-France. Il a fallu, au besoin, calculer différentes valeurs et préférences pour chaque mode de transports publics. Tous les résultats devaient être valides pour la région Île-de-France. Les valeurs finales seront utilisées dans le cadre d’analyses coûts-avantages pour évaluer

les effets socio-économiques des projets de transports publics ainsi que des modèles de prévision des choix de modes et choix d’itinéraires des usagers des transports publics franciliens.

La méthodologie adoptée pour cette étude comportait quatre phases :

La première comprenait une analyse des publications scientifiques françaises et internationales consacrées à l’importance attribuée par les voyageurs au confort dans les transports publics et, en particulier, à l’affluence dans les véhicules.

La deuxième consistait en une étude quantitative des facteurs clés qui déterminent la perception du confort par différentes catégories d’usagers des transports publics.

La troisième comprenait la mise au point, la réalisation et l’analyse d’une enquête de préférences déclarées, de manière à calculer des coefficients pour la valeur du confort. Le confort a été examiné sous tous les angles, mais un accent particulier a été mis sur l’affluence. En complément des enquêtes de préférences déclarées, des questions concernant l’attitude des voyageurs vis-à-vis des transports publics ont été posées et ont conduit à l’établissement d’une typologie des répondants.

La quatrième consistait en une enquête de préférences révélées, afin de valider les résultats de l’enquête de préférences déclarées. Des comptages et des entretiens de voyageurs ont été menés dans différentes stations et gares, afin de mesurer le pourcentage de voyageurs qui préféreraient effectivement attendre le véhicule suivant plutôt que de monter dans le premier véhicule (plus encombré).

La présente publication s’intéresse essentiellement à l’estimation de la valeur de l’affluence dans les véhicules de transports publics et à l’utilisation des résultats pour réaliser une analyse coûts-avantages.

Analyse des travaux antérieurs

L’analyse des travaux antérieurs démontre d’une part, que l’on ne dispose que d’une connaissance limitée de la valeur accordée par les voyageurs à l’affluence en France et d’autre part, que la valeur du confort est un sujet presque entièrement nouveau. La documentation sur le sujet est relativement limitée hors de France également. Li et Hensher (2011) l’ont examinée jusqu’alors au niveau international, et Wardman et Whelan (2011) ont réalisé la synthèse de 20 ans d’études de valorisation de l’affluence dans les transports ferroviaires au Royaume-Uni. Parmi les travaux antérieurs, Douglas Economics (2006) présente les résultats d’une étude de préférences déclarées dans le ferroviaire en Nouvelle-Zélande. Parmi les autres travaux sur l’affluence figurent, notamment, Cox et al. (2006), Baker et al. (2007), Oxera (2007), MVA (2007) et Whelan et Crocket (2009). En France, on peut citer deux études présentant des résultats sur l’affluence : l’une, récente, réalisée par Haywood et Koning (2011) et l’autre, par Kroes et al. (2006). Nous en examinerons brièvement certains des résultats les plus intéressants dans les paragraphes suivants.

Li et Hensher (2011) ont examiné les travaux sur la valorisation de l’affluence dans les transports publics, en s’appuyant sur des études menées en Australie, aux États-Unis, en Israël et au Royaume-Uni. Ils ont recensé trois mesures de la valeur de l’affluence : 1) un multiplicateur du temps de trajet, 2) une valeur monétaire par unité de temps, et 3) une valeur monétaire par trajet, mais n’ont pas comparé leur performance. Ils ont également décrit les représentations de l’affluence dans les expériences de

préférences déclarées correspondantes, et suggéré que l’analyse des préférences déclarées était la méthode privilégiée dans les travaux sur la valorisation de l’affluence. En dépit des différences importantes entre les études passées en revue, ils ont noté que toutes observaient que l’affluence augmenterait la valeur du gain de temps de trajet, qui selon eux « peut être considérée comme une autre composante du temps généralisé ».

Wardman et Whelan (2011), dans le cadre d’une méta-analyse, ont examiné les travaux fouillés consacrés à la valeur de l’affluence dans les transports ferroviaires au Royaume-Uni au cours des vingt dernières années, en particulier les études de préférences déclarées. Ils ont conclu à l’existence d’une désutilité du trajet, en particulier pour les usagers qui devaient voyager debout. Ils ont exprimé cette désutilité par un multiplicateur du temps de trajet : proche de 1 aux niveaux d’affluence faibles, ce multiplicateur atteint jusqu’à 2.7 pour les personnes voyageant debout dans des trains particulièrement congestionnés et 1.7 pour les personnes voyageant assises quand l’affluence ne permet pas à tous les voyageurs de s’asseoir. Cela signifie que la désutilité du trajet pour les personnes voyageant debout est plus que doublée en cas de grande affluence que quand des places assises sont disponibles. Elle est substantielle pour les personnes voyageant assises également.

À Paris, Haywood et Koning (2011) ont présenté leur étude intitulée « Pushy Parisian Elbows », réalisée sur une partie de la ligne 1 du métro parisien. En utilisant une méthode de valorisation contingente, les auteurs ont quantifié l’arbitrage que les voyageurs devaient faire entre affluence et temps de trajet. Ils ont conclu que les usagers du métro étaient prêts à rallonger leur trajet de 8 minutes par voyage en moyenne pour s’affranchir du niveau d’affluence élevé des heures de pointe et bénéficier de l’affluence nettement moindre caractérisant les périodes en dehors des heures de pointe. Cela équivaut grossièrement à une valeur, non négligeable, d’environ 1.5 euro par trajet.

Toujours à Paris, quelques années plus tôt, Kroes et al. (2006) ont mené une étude à partir d’expériences sur les préférences déclarées pour les trajets effectués sur les lignes de trains interurbains. Si l’étude visait principalement à mesurer la valeur de la ponctualité, elle a aussi permis de calculer des pénalités pour les trajets effectués en situation d’affluence, exprimées en minutes par temps de trajet équivalent. Pour se rendre dans le centre de Paris, par exemple, ils ont établi que la pénalité associée au fait de voyager debout était égale à 4.9 minutes par trajet plus 0.3 minute par minute de temps de trajet. Sur un trajet de 20 minutes, la pénalité s’élèverait donc à 10.9 minutes de temps de trajet perçu supplémentaire.

En résumé, nous avons relevé un certain nombre d’éléments communs dans les différentes études :

L’affluence dans les véhicules de transports publics engendre une désutilité substantielle, qui augmente le coût généralisé du déplacement ;

L’étude menée sur la valorisation de l’affluence s’est presque exclusivement appuyée sur les données de préférences déclarées pour l’estimation des valeurs. Cela tient vraisemblablement au fait qu’il est très difficile de trouver des situations de la vie réelle où observer des voyageurs arbitrer entre affluence et temps ou coût de trajet ;

La plupart des études expriment la désutilité de l’affluence par un multiplicateur du temps de trajet, fonction du niveau d’affluence et différent selon que les usagers voyagent assis ou debout.

Analyse qualitative

Pour mieux cerner les facteurs clés qui déterminent la perception du confort (affluence et autres éléments constitutifs du confort) dans les véhicules de transports publics, et en prévision des enquêtes de préférences déclarées dans notre étude, cinq débats en groupes de discussion ont été tenus. Ces groupes étaient composés de jeunes adultes, de voyageurs fréquents effectuant des déplacements domicile-travail, de voyageurs occasionnels effectuant des déplacements domicile-travail et de voyageurs effectuant des déplacements autres que domicile-travail, de seniors, d’habitants des banlieues les plus lointaines.

Les débats en groupes visaient à comprendre la perception par les voyageurs du confort physique dans tous les types de véhicules de transports publics, afin d’identifier les dimensions et les caractéristiques importantes ainsi que les conséquences de l’inconfort sur les comportements. Il n’a pas été tenu compte du confort pendant l’attente sur les quais des stations et gares et aux arrêts de bus.

Il en est ressorti que la perception du confort physique dans les transports publics recouvre tout un ensemble d’éléments, tels que l’affluence, la stabilité du véhicule, le confort des sièges, la température, les odeurs, le bruit, le confort debout, la facilité d’accès et la facilité de mouvement dans les véhicules. Pour chacun de ces éléments, il a été demandé aux participants de définir ce qu’était un niveau parfait, correct, inconfortable ou insupportable. Le tableau 1 synthétise les résultats associés à l’affluence.

Tableau 5.1 Niveaux de perception de l’affluence

	Niveau de perception			
	Parfait	Correct	Inconfortable	Insupportable
Description	« Il y a quelques personnes »	« La quasi-totalité des places assises sont occupées. Il y a quelques personnes debout. On peut bouger sans difficulté. »	« Toutes les places assises sont occupées. Il y a des personnes debout. On ne peut pas bouger sans difficulté. »	« Toutes les places assises sont occupées. Les personnes debout sont proches les unes des autres. »
Impact sur le voyageur	« On peut se mettre où l’on veut »	« On peut choisir où se tenir debout mais pas où s’asseoir. »	« On doit rester debout, mais on a peu d’espace pour bouger. On peut se tenir debout près des places assises pour pouvoir s’asseoir dès que l’une d’elles se libère ou près des portes pour pouvoir sortir sans difficulté. »	« On ne peut pas bouger. »

On a observé que l’affluence entraînait les conséquences suivantes :

- Elle influe sur le confort physique ;

- Elle nécessite, dans une certaine mesure, de faire abstraction de son confort psychologique ;
- Elle engendre des comportements de foule ;
- Elle est source d’irrégularité du fonctionnement du réseau.

Cependant, si l’affluence influe de manière négative sur l’image des transports publics, il ressortait que son impact sur les comportements en matière de déplacements restait mineur pour les déplacements obligatoires, tels que les déplacements domicile-travail. S’agissant des déplacements effectués pour d’autres motifs, l’affluence avait une influence importante et conduisait à privilégier de manière croissante des modes de transport moins congestionnés et des déplacements en dehors des heures de pointe.

Parmi les comportements adoptés pour éviter l’inconfort, les débats des groupes de discussion ont relevé les suivants :

- Laisser passer un ou deux véhicules avant de monter à bord, en particulier pour les modes de transport à faible capacité (bus) ou à fréquence élevée (métro) ;
- Changer d’itinéraire, y compris lorsque l’itinéraire concurrent est plus long et/ou comporte davantage de correspondances ;
- Changer d’horaires de déplacement, notamment quitter le domicile plus tôt le matin pour les voyageurs effectuant des déplacements domicile-travail ;
- Changer de position dans le véhicule.

Les résultats de l’étude qualitative ont permis d’affiner les questionnaires de l’étude de préférences déclarées, en particulier la présentation des niveaux d’affluence aux répondants.

Étude des préférences déclarées

Pour évaluer *a priori* les avantages attribués aux futures réductions de niveaux d’affluence dans les transports publics, il faut connaître la valeur économique accordée par les voyageurs à des améliorations spécifiques. Une manière d’estimer cette valeur est de réaliser une étude des préférences déclarées par la méthode d’expérience de choix (voir par exemple, Louviere et al. 2000). Dans ce type d’expérience, on propose à un échantillon de voyageurs un ensemble de choix entre deux (ou plus) scénarios hypothétiques relatifs aux véhicules de transports publics. Ces véhicules se distinguent par certaines caractéristiques clés, telles que le temps de trajet, le temps d’attente avant l’arrivée du véhicule suivant et le niveau d’affluence dans les véhicules. On demande aux voyageurs de déclarer leurs préférences pour l’un des scénarios. Pour le projet en Île-de-France, il a été décidé de retenir cette méthode d’analyse.

L’enquête de préférences déclarées s’appuyait sur des études antérieures consacrées à l’affluence, citées dans la documentation (par exemple, Li et Hensher 2011, Kroes et al. 2006, et Wardman et Whelan 2011), et sur l’analyse qualitative exposée à la section « Analyse qualitative ». Certains des principaux éléments sont résumés ci-dessous.

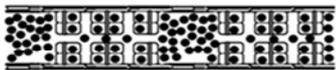
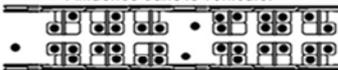
Scénarios et variables de choix

Afin éviter les biais, nous avons mis au point deux expériences de choix distinctes pour évaluer la valeur de l'affluence :

- Dans l'expérience PD1, six scénarios étaient proposés et il fallait choisir entre monter tout de suite dans le premier véhicule qui était congestionné et attendre le suivant qui le serait moins. Le niveau d'affluence (huit niveaux) dans le premier véhicule et dans le suivant ainsi que le temps d'attente (cinq niveaux) variaient d'un scénario à l'autre (voir graphique 1).
- Dans l'expérience PD2, six scénarios étaient proposés et il fallait choisir entre un train bondé associé à un temps de trajet court et un train moins encombré associé à un temps de trajet long. En outre, pour chaque scénario, il était précisé si le répondant pourrait s'asseoir ou devrait voyager debout. Le niveau d'affluence (huit niveaux) dans les deux véhicules, le temps de trajet (onze niveaux, basés sur le temps de trajet rapporté (réel) par le répondant) et la possibilité de s'asseoir variaient d'un scénario à l'autre (voir graphique 2).

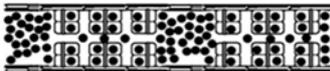
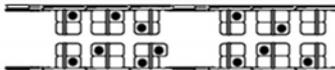
Graphique 5.1 Exemple de scénario pour l'expérience PD1

Pensez à votre déplacement de Tolbiac à Châtelet.
Si vous étiez sur le quai et que vous ayez le choix entre
un métro qui part tout de suite ou
un métro qui est prévu dans 2 minutes,
lequel choisiriez-vous ?

Tout de suite	Prévu dans 2 minutes
<p>Affluence dans le véhicule:</p>  <p>100 % des sièges occupés, des voyageurs debout autour des portes et partout dans le véhicule</p>	<p>Affluence dans le véhicule:</p>  <p>75 % des sièges occupés, quelques voyageurs autour des portes</p>

Graphique 5.2 Exemple de scénario pour l'expérience PD2

Pensez à votre déplacement de Tolbiac à Châtelet.
Imaginez que vous ayez le choix
entre les deux conditions de déplacement décrites ci-dessous.
Dans laquelle de ces deux conditions de durée, d'affluence et de position
préférez-vous effectuer votre déplacement ?
On suppose que la durée totale du trajet, le niveau d'affluence et votre position ne changeront pas pendant tout le trajet.

	Métro vole 1	Métro vole 2
Durée du trajet:	14 minutes	15 minutes
Affluence dans le véhicule:	 <p>100 % des sièges occupés, des voyageurs debout autour des portes et partout dans le véhicule</p>	 <p>25 % des sièges occupés, et personne debout</p>
Position:	Vous pouvez vous asseoir pendant tout le déplacement	C'est à vous de décider de voyager assise ou debout

Présentation de l’affluence

En s’inspirant de la documentation disponible et des tests réalisés au cours de l’analyse qualitative, les huit niveaux d’affluence ont été présentés sous la forme de graphiques accompagnés de descriptions. Graphiques et descriptions ont été adaptés en fonction du mode de transport emprunté par le répondant : ainsi, des présentations différentes ont été adoptées pour les modes ferroviaires (métro, RER, train, tramway), d’une part, et le bus, d’autre part (voir tableau 5.2).

Échantillon

Au total, 3 000 usagers des transports publics ont participé à l’enquête de préférences déclarées. Ils ont été sélectionnés parmi un vaste panel internet. Les répondants devaient résider en Île-de-France et avoir récemment emprunté les transports publics. Ils ont été répartis en différents segments de voyageurs interrogés, en fonction des critères suivants :

- Mode de transports publics emprunté ;
- Zone de résidence ;
- Tranche d’âge ;
- Sexe ; et
- Situation professionnelle (actifs vs. inactifs).

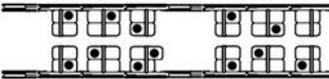
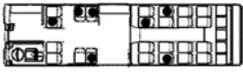
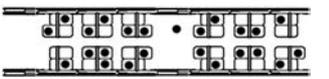
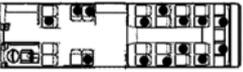
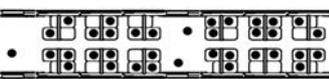
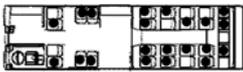
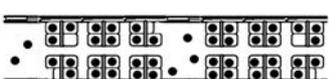
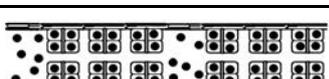
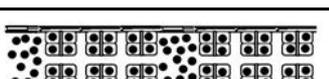
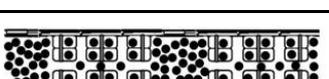
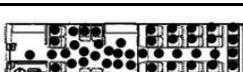
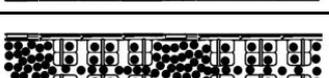
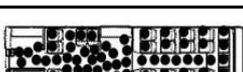
Les usagers de transports publics sélectionnés ont été interrogés par le biais d’un questionnaire en ligne personnalisé en fonction des caractéristiques déclarées du trajet récemment effectué. Les entretiens ont été conduits de septembre à décembre 2011.

Toutes les réponses ont été soumises à un processus de contrôle qualité strict, qui a permis de vérifier les éléments suivants et d’écarter :

- Les réponses associées à des points d’origine et de destination hors du champ de l’enquête ;
- Les réponses associées à des questionnaires remplis trop vite ;
- Les répondants qui n’avaient pas répondu à toutes les questions de préférences déclarées ;
- Les répondants qui indiquaient des temps de trajet irréaliment longs.

À l’issue de ce processus, nous disposons des choix de préférences déclarées de 2 711 répondants (environ 90 % de l’échantillon initial) pour notre analyse.

Tableau 5.2 Présentation des niveaux d'affluence selon le mode de transport

Niveau	Nombre de voyageurs (% du nombre total de places assisés)	Métro, train, tramway, RER	Bus
1	25 %		
2	50 %		
3	75 %		
4	100 %		
5	125 %		
6	150 %		
7	200 %		
8	250 %		

Typologie en fonction des attitudes

Il était également demandé à tous les répondants ayant participé à l'enquête de préférences déclarées de répondre à une série de questions concernant leur attitude vis-à-vis des transports publics. Ils étaient invités à exprimer, sur une échelle de 1 à 10, leur degré d'accord avec quatre affirmations relatives aux transports publics. Par exemple, « *Dans les transports publics, devoir rester debout pendant le trajet constitue un désagrément* » et « *En cas de grande affluence dans les transports publics, je ne respecte rien, c'est chacun pour soi* ».

Une analyse statistique a été réalisée pour identifier des segments de voyageurs qui affichaient des attitudes similaires vis-à-vis des transports publics. Elle a débouché sur une segmentation en quatre groupes (« types ») de voyageurs homogènes au regard de ce critère :

- Type 1 : *Voyageurs craignant la promiscuité* (34 % de l'échantillon). Ces voyageurs craignent davantage que la moyenne la foule, la saleté et les incidents. Voyager debout leur est pénible et ils

estiment avoir droit à une place assise dans les transports publics. Éviter les modes de transport souterrains et rechercher le confort constituent des critères importants dans leurs choix d’itinéraire et de mode de transport quand ils empruntent les transports publics. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) de femmes, ii) de personnes subissant des contraintes de temps, iii) d’usagers des modes de transport de surface, et iv) de personnes moins mobiles.

- Type 2 : *Voyageurs appréciant d’avoir du temps pour eux* (23 % de l’échantillon). Pour ces voyageurs, le temps passé dans les transports publics est un moment de plaisir et de relaxation parce qu’ils peuvent faire ce qu’ils veulent pendant le trajet. Ils ne sont pas incommodés par les conditions de transport, principalement parce qu’ils ne les empruntent que quand ceux-ci ne sont pas bondés. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) d’hommes, ii) de retraités, iii) d’usagers des modes de transport de surface, et iv) de personnes se déplaçant en dehors des heures de pointe.
- Type 3 : *Voyageurs voulant gagner du temps* (18 % de l’échantillon). Pour eux, le trajet ne représente pas un moment de plaisir : ils attachent de l’importance à réduire leur temps de trajet et à voyager assis. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) de femmes, ii) de personnes relativement jeunes, iii) d’étudiants ou de personnes travaillant dans le secteur privé, iv) de voyageurs se déplaçant à des horaires fixes qu’ils ne maîtrisent pas, v) d’usagers des modes de transport souterrains, vi) de voyageurs se déplaçant aux heures de pointe, et vii) de personnes sans permis de conduire.
- Type 4 : *Voyageurs se comportant en individualistes* (25 % de l’échantillon). Le confort, la ponctualité et le temps de trajet n’a aucune influence majeure sur leurs choix. Ils sont relativement insensibles à leur environnement et se préoccupent peu des autres voyageurs. En cas de grande affluence, ils affichent un comportement discourtois. Dans ce groupe, on retrouve une proportion supérieure à la moyenne i) d’hommes, ii) de jeunes, iii) d’étudiants, iv) de voyageurs se déplaçant à des horaires fixes qu’ils ne maîtrisent pas et v) de personnes se déplaçant en dehors des heures de pointe.

Cette typologie montre que les comportements vis-à-vis du confort et de l’affluence varient considérablement d’un groupe de voyageurs à l’autre. Deux raisons fondamentales peuvent expliquer ces différences, à savoir :

1. La possibilité pour différents voyageurs de choisir entre différents modes, itinéraires et heures de départ : Certains voyageurs peuvent choisir quand et comment (mode de transports collectifs ou individuels) ils se déplacent. D’autres subissent des contraintes plus fortes et ne disposent pas d’un tel choix : ils doivent se déplacer en transports publics et/ou le faire à un moment bien déterminé.
2. Des différences de caractères intrinsèques d’un voyageur à l’autre : Certaines personnes sont moins sensibles que d’autres à l’inconfort et aux désagréments des transports publics.

Analyse des préférences déclarées

Quand nous avons analysé les réponses aux questionnaires, nous avons noté qu’un pourcentage relativement élevé d’usagers des transports publics indiquaient être disposés à attendre quelques minutes pour voyager dans un train moins bondé : entre 13 % quand le train à quai est à peine rempli et 75 % quand le train à quai est bondé et que des places assises sont disponibles dans le train suivant. Intuitivement, ce pourcentage nous paraissait quelque peu élevé.

Nous avons analysé les choix des usagers des transports publics au cours d’expériences de préférences déclarées afin de déterminer des coefficients d’utilité pour chacune des variables de qualité de service, en utilisant des méthodes discrètes d’analyse des choix, dans le cas présent, la méthode logit par estimation du maximum de vraisemblance (voir, par exemple, Ben-Akiva et Lerman 1985). Nous avons testé un grand nombre de spécifications de modèles différentes. Nous présentons ci-après certaines des conclusions les plus intéressantes.

Niveau d’affluence dans le premier train par rapport au train suivant

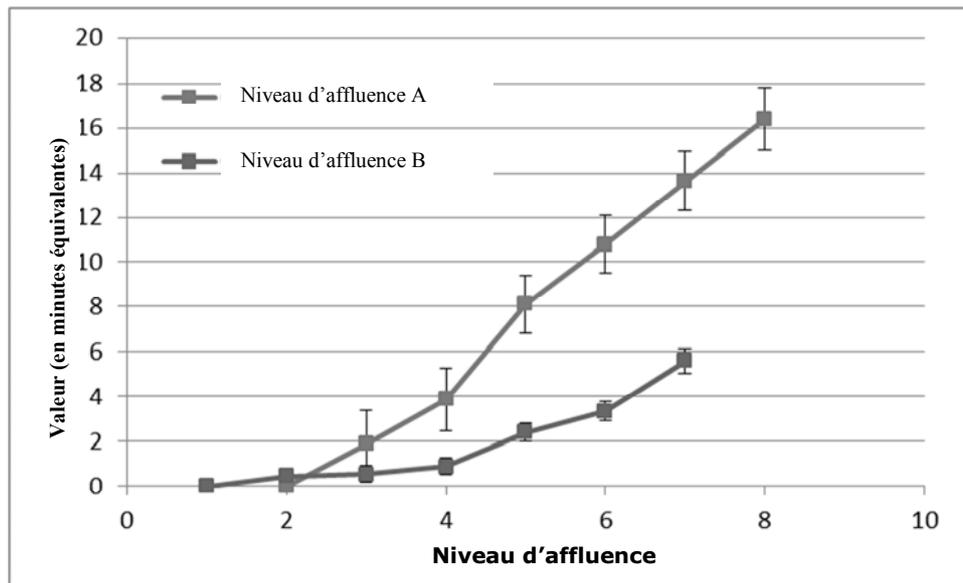
Dans un premier modèle très simple, nous avons estimé les coefficients pour les seules données de l’expérience PD1 :

- Sept constantes pour les niveaux d’affluence (niveaux 2 – 8) du premier train¹. Le niveau le plus bas a été contraint à zéro ;
- Sept constantes pour les niveaux d’affluence (niveaux 1 – 7) du train suivant. Le niveau le plus bas a aussi été contraint à zéro ;
- Un coefficient linéaire pour le temps d’attente entre le premier train et le suivant ; et
- Une constante traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant (c’est-à-dire une constante spécifique à l’alternative).

Tous les coefficients présentaient le signe attendu et étaient très significatifs. Le coefficient s’avérait nettement plus sensible au niveau d’affluence du premier train qu’à celui du train suivant. Le choix des voyageurs se fondait principalement sur le niveau d’affluence du premier train, comme le montre le graphique 3. Il convient de noter que dans cette figure, les coefficients d’affluence ont été divisés par les coefficients de temps d’attente pour faciliter l’interprétation selon l’axe vertical. On observe une légère inflexion à la hausse des valeurs de l’affluence pour le premier train et le suivant entre les niveaux d’affluence 4 et 5, ce qui correspond précisément à la transition vers une situation où le voyageur ne peut plus s’asseoir où il le souhaite.

La valeur de la constante équivalait à 5.2 minutes de temps d’attente, ce qui peut être interprété comme une préférence marquée pour le choix d’attendre le train suivant, toutes choses égales par ailleurs. À ce stade de l’analyse, on ignore s’il s’agit d’un effet réel ou simplement d’une manifestation du profond mécontentement des répondants quand ils sont confrontés à des trains bondés.

Graphique 5.3 Coefficients d’affluence estimés



Constante par voyage ou multiplicateur du temps de trajet

On peut exprimer la désutilité de l’affluence par une constante par voyage (ou pénalité), comme au paragraphe précédent, ou par un multiplicateur du temps de trajet. Dans le premier type de spécification, on suppose que l’effet de l’affluence est indépendant de la durée du trajet et dans le deuxième, qu’il est proportionnel au temps de trajet. Cette dernière spécification semble intuitivement séduisante : en effet, plus le trajet est long, plus le confort compte. Toutefois, il est rare que des voyageurs effectuant de longs trajets ne trouvent pas de siège libre à un quelconque moment du parcours, si bien que l’affluence n’entraîne pas un désagrément constant sur toute la durée du trajet.

Par conséquent, nous avons bâti un deuxième modèle, toujours pour les seules données de l’expérience PD 1, avec les coefficients estimés suivants :

- (niveaux 2 – 8) du premier train. Le niveau le plus bas a été contraint à zéro ;
- Sept coefficients pour le temps de trajet, correspondant chacun à un niveau d’affluence particulier (niveaux 1 – 7) du train suivant. Le niveau le plus bas a aussi été contraint à zéro ;
- Un coefficient linéaire pour le temps d’attente entre le premier train et le suivant ;
- Une constante traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant (c’est-à-dire une constante spécifique à l’alternative) ; et
- Un coefficient pour le temps de trajet traduisant une préférence intrinsèque pour attendre le train suivant proportionnelle au temps de trajet.

Le tableau 5.3 présente les résultats de l’estimation pour les deux modèles. Nous sommes parvenus à la conclusion que du point de vue statistique, la constante par voyage correspondait nettement mieux aux données de choix déclarés que le multiplicateur.

Tableau 5.3 Coefficients estimés pour le modèle à constantes et pour le modèle proportionnel

	MODÈLE À CONSTANTES		MODÈLE PROPORTIONNEL	
observations		7 638		7 638
Final log (L)		-4477.9		-4645.3
D.O.F.		14		15
Rho ² (0)		0.154		0.123
Rho ² (c)		0.141		0.109
Time_Wait	-0.2425	(-24.9)	-0.2160	(-23.0)
CrowdLvA2	0	(*)	0	(*)
CrowdLvA3	-0.4615	(-1.3)	-0.04453	(-2.5)
CrowdLvA4	-0.9425	(-2.9)	-0.06402	(-3.9)
CrowdLvA5	-1.969	(-6.3)	-0.08944	(-5.6)
CrowdLvA6	-2.615	(-8.4)	-0.1104	(-6.9)
CrowdLvA7	-3.304	(-10.7)	-0.1279	(-8.0)
CrowdLvA8	-3.975	(-12.8)	-0.1452	(-9.1)
CrowdLvB1	0	(*)	0	(*)
CrowdLvB2	-0.1083	(-1.2)	-0.00484	(-1.5)
CrowdLvB3	-0.1353	(-1.5)	-0.00553	(-1.7)
CrowdLvB4	-0.2172	(-2.4)	-0.00752	(-2.3)
CrowdLvB5	-0.5858	(-6.2)	-0.01868	(-5.5)
CrowdLvB6	-0.8149	(-8.1)	-0.02493	(-7.0)
CrowdLvB7	-1.359	(-10.5)	-0.04303	(-9.5)
ASC_Wait	-1.273	(-4.3)	1.080	(16.5)

Source: Auteurs

Dans le tableau 5.3, Time_Wait représente le temps d’attente, CrowdLvA2 l’utilité au niveau d’affluence 2 pour le véhicule A (premier véhicule), CrowdLvB1 l’utilité au niveau d’affluence 1 pour le véhicule B (véhicule suivant), etc. ; ASC_Wait représente une préférence pour l’attente constante et ASC_WaitP une préférence pour l’attente proportionnelle au temps de trajet.

Il ne fait aucun doute que le modèle à constantes correspond beaucoup mieux aux données que le modèle proportionnel, bien que ce dernier intègre un coefficient supplémentaire. Nous sommes parvenus à la même conclusion dans le cas de l’expérience PD 2. Nous avons également testé un modèle simultané intégrant à la fois des constantes et des coefficients proportionnels au temps de trajet.

Le résultat est remarquable en cela que la quasi-totalité des études menées au Royaume-Uni et plusieurs études réalisées dans d’autres pays expriment la désutilité de l’affluence par un multiplicateur du temps de trajet.

Estimation simultanée à partir des données de PD 1 et PD 2

Nous avons bâti des modèles distincts pour chacune des expériences PD 1 et PD 2, puis testé un modèle commun unique en exploitant simultanément les deux séries de données. Il est apparu que quel que soit le niveau d’affluence, il n’existait aucune différence significative entre les valeurs d’affluence obtenues au cours des deux expériences, sous réserve d’appliquer à chaque expérience des facteurs d’échelle distincts

pour tenir compte des différences en termes d’erreur. Par conséquent, nous avons utilisé un modèle simultané pour obtenir les coefficients finaux à appliquer.

Tableau 5.4 Coefficients estimés pour chacun des modèles et pour le modèle simultané

	PD 1	PD 2	PD 1+2
Observations	7638	13116	20754
Final log (L)	-4477.9	-7755.3	-12241.5
D.O.F.	14	15	18
Rho ² (0)	0.154	0.147	0.149
Rho ² (c)	0.141	0.141	0.141
Time	0 (*)	-0.1767 (-28.9)	-0.1768 (-29.0)
Time_Wait	-0.2425 (-24.9)	0 (*)	-0.1643 (-16.8)
CrowdLvA2	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvA3	-0.4615 (-1.3)	-0.3482 (-1.0)	-0.3291 (-1.6)
CrowdLvA4	-0.9425 (-2.9)	-0.8730 (-2.5)	-0.6973 (-3.7)
CrowdLvA5	-1.969 (-6.3)	-1.335 (-4.3)	-1.345 (-7.3)
CrowdLvA6	-2.615 (-8.4)	-1.798 (-5.8)	-1.796 (-9.6)
CrowdLvA7	-3.304 (-10.7)	-2.210 (-7.1)	-2.238 (-11.8)
CrowdLvA8	-3.975 (-12.8)	-2.734 (-8.8)	-2.723 (-13.8)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB2	-0.1083 (-1.2)	-0.2910 (-3.8)	-0.1534 (-3.2)
CrowdLvB3	-0.1353 (-1.5)	-0.2965 (-3.8)	-0.1670 (-3.5)
CrowdLvB4	-0.2172 (-2.4)	-0.3627 (-4.6)	-0.2280 (-4.6)
CrowdLvB5	-0.5858 (-6.2)	-0.3915 (-5.4)	-0.3745 (-7.6)
CrowdLvB6	-0.8149 (-8.1)	-0.7417 (-9.7)	-0.6375 (-11.6)
CrowdLvB7	-1.359 (-10.5)	-1.066 (-11.5)	-0.9783 (-13.9)
ASC_Wait	-1.273 (-4.3)		0.8292 (4.9)
ASC_Q		0.7128 (2.4)	0.7938 (4.4)
StandDum2		-0.6625 (-20.1)	-0.6477 (-20.6)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.000 (*)	1.000 (*)	1.474 (18.7)

Source: Auteurs

Quelques mots des différentes variables de temps intégrées aux expériences PD 1 et PD 2 : PD 1 prenait en compte des temps d’attente et PD 2 des temps de trajet. Le rapport entre les coefficients de temps d’attente et les coefficients de temps de trajet peut être calculé à partir des valeurs du modèle simultané PD 1+2 en multipliant le coefficient de temps d’attente « Time_Wait » par le coefficient d’échelle « Scale2A », puis en divisant le résultat par le coefficient de temps de trajet « Time ». On obtient une valeur égale à 1.37, qui peut paraître un peu faible mais correspond globalement à l’ordre de grandeur attendu.

Différences entre les types de voyageurs

Dans la section « Typologie en fonction des attitudes », nous sommes parvenus à la conclusion que l’on pouvait distinguer les quatre types de répondants en fonction de leur attitude. Nous avons analysé l’hétérogénéité des résultats en utilisant une série de variables socio-économiques diverses, un certain nombre de caractéristiques du déplacement et la typologie présentée dans la section « Typologie en fonction des attitudes ». Nous en avons conclu que globalement, les variations des résultats d’un groupe de voyageurs à l’autre restaient faibles, mais que les différences les plus marquées apparaissaient en termes de typologie. Nous présentons, ci-après, les résultats obtenus pour les quatre groupes définis.

Les voyageurs de type 1, qui craignent la promiscuité, présentaient une nette aversion aux autres voyageurs : dans ce groupe, la désutilité est significative dès le niveau d’affluence 4, la pénalité associée au voyage debout y est la plus élevée (4.6 minutes) et un pourcentage relativement élevé des voyageurs de ce type (53 %) attendront le train suivant s’ils peuvent profiter d’une réduction du niveau d’affluence de 8 à 4.

Les voyageurs de type 4, qui se comportent en individualistes, comptaient également parmi eux un pourcentage relativement élevé de voyageurs (55 %) disposés à attendre pour profiter d’une réduction du niveau d’affluence de 8 à 4.

Les voyageurs de type 3, qui veulent gagner du temps, affichent des préférences relativement différentes : ils n’aiment évidemment pas l’attente (la pénalité associée à l’attente est élevée) et relativement peu d’entre eux (40 %) sont donc disposés à attendre un véhicule de transports publics moins bondé. Cependant, la différence par rapport aux types 1 et 4, deux types à l’autre extrémité du spectre, n’est pas énorme en termes absolus.

Les voyageurs de type 2, qui aiment avoir du temps pour eux, se situent entre les types 3 et 4 en termes de pourcentage de voyageurs disposés à attendre un véhicule moins congestionné (50 %). Ils ne semblent pas particulièrement incommodés d’attendre le prochain véhicule, ni de voyager debout.

Globalement, il existe évidemment des différences entre les quatre types de voyageurs en termes de préférences pour éviter l’affluence, qui s’avèrent plausibles et cohérentes avec la définition des types de voyageurs, mais elles ne sont pas considérables.

Tableau 5.5 Coefficients estimés pour chaque type de voyageurs

	TOUS VOYAGEURS	TYPE 1 CRAINT LA PROMISCUITE	TYPE 2 PROFITE DU TEMPS	TYPE 3 VEUT GAGNER DU TEMPS	TYPE 4 SE COMPORTE EN INDIVIDUALISTE
Observations	20754	7198	5007	3858	4691
Final log (L)	-12241.5	-3982.1	-2953.3	-2261.1	-2858.1
D.O.F.	18	18	18	18	18
Rho ² (0)	0.149	0.202	0.149	0.154	0.121
Rho ² (c)	0.141	0.186	0.142	0.151	0.104
Time	-0.1768 (-29.0)	-0.1847 (-17.2)	-0.1911 (-15.2)	-0.2067 (-14.2)	-0.1391 (-11.2)
Time_Wait	-0.1643 (-16.8)	-0.1777 (-10.1)	-0.1701 (-8.9)	-0.1812 (-7.3)	-0.1418 (-6.9)
CrowdLvA2	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvA3	-0.3291 (-1.6)	-0.4204 (-1.3)	-0.1481 (-0.3)	-1.268 (-1.8)	0.5137 (1.1)
CrowdLvA4	-0.6973 (-3.7)	-0.8340 (-2.6)	-0.6195 (-1.6)	-1.419 (-2.0)	0.1506 (0.4)
CrowdLvA5	-1.345 (-7.3)	-1.446 (-4.6)	-1.344 (-3.6)	-2.257 (-3.2)	-0.4335 (-1.1)
CrowdLvA6	-1.796 (-9.6)	-2.060 (-6.4)	-1.656 (-4.4)	-2.567 (-3.6)	-0.9738 (-2.5)
CrowdLvA7	-2.238 (-11.8)	-2.500 (-7.6)	-2.260 (-5.9)	-2.936 (-4.0)	-1.343 (-3.4)
CrowdLvA8	-2.723 (-13.8)	-2.912 (-8.5)	-2.936 (-7.4)	-3.419 (-4.6)	-1.775 (-4.5)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB2	-0.1534 (-3.2)	-0.1862 (-2.2)	0.00201 (0.0)	-0.1425 (-1.4)	-0.3096 (-2.9)
CrowdLvB3	-0.1670 (-3.5)	-0.2701 (-3.1)	-0.00709 (-0.1)	-0.1621 (-1.6)	-0.1886 (-1.8)
CrowdLvB4	-0.2280 (-4.6)	-0.3076 (-3.4)	-0.1591 (-1.5)	-0.2120 (-2.1)	-0.2405 (-2.2)
CrowdLvB5	-0.3745 (-7.6)	-0.4859 (-5.4)	-0.2527 (-2.5)	-0.3848 (-3.7)	-0.3543 (-3.3)
CrowdLvB6	-0.6375 (-11.6)	-0.7561 (-7.6)	-0.4859 (-4.4)	-0.6634 (-5.4)	-0.6627 (-5.7)
CrowdLvB7	-0.9783 (-13.9)	-1.018 (-8.2)	-0.9339 (-6.4)	-0.9667 (-6.2)	-1.037 (-6.7)
ASC_Wait	0.8292 (4.9)	0.6939 (2.4)	1.065 (3.0)	1.782 (2.6)	-0.09981 (-0.3)
ASC_Q	0.7938 (4.4)	0.6585 (2.1)	1.006 (2.7)	1.754 (2.5)	-0.03105 (-0.1)
StandDum2	-0.6477 (-20.6)	-0.8457 (-14.9)	-0.5516 (-8.6)	-0.7337 (-10.0)	-0.4390 (-6.9)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.474 (18.7)	1.470 (10.9)	1.395 (10.3)	1.762 (7.7)	1.314 (8.3)
Pénalité associée à l’attente	1.37	1.41	1.24	1.54	1.34
Pénalité associé au fait de voyager debout (en minutes de temps de trajet équivalent)	3.66	4.58	2.89	3.55	3.16
Différence d’utilité liée à l’affluence entre A8 et A4 (en minutes de temps de trajet équivalent)					
A8-A4	11.5	11.3	12.1	9.7	13.8
Pourcentage de voyageurs qui attendent 10 minutes pour passer de A8 à B4	51%	53%	50%	40%	55%

Source: Auteurs

Coefficients à appliquer

Ayant constaté que la constante par voyage expliquait mieux l’effet de l’affluence sur les choix déclarés que le multiplicateur du temps de trajet, nous avons toutefois calculé une série de coefficients à appliquer, en nous basant sur la spécification d’un multiplicateur du temps de trajet. S’il est possible d’intégrer des pénalités associées à l’affluence proportionnelles au temps de trajet dans les modèles utilisés pour les évaluations, l’utilisation de pénalités constantes est en revanche plus compliquée dans la pratique. Cela tient à l’emploi d’un logiciel d’allocation des transports publics et à l’incertitude concernant l’application des constantes pour les correspondances (faut-il appliquer une pénalité associée au bus une ou deux fois, pour une correspondance entre deux bus ?). En outre, pour les analyses coûts-avantages, on connaît souvent le taux d’occupation entre différents arrêts mais non le nombre exact de voyageurs qui montent ou descendent à chaque station.

Les coefficients à appliquer sont présentés dans le tableau 5.6 ci-dessous, pour l'ensemble des modes de transports publics agrégés, hors bus, et pour différents types de combinaisons de modes de transport. Nous avons contraint à zéro les coefficients pour les niveaux d'affluence 1, 2 et 3, ces valeurs n'étant pas significatives.

Tableau 5.6 Coefficients estimés pour chaque mode de transport dans le cas d'un modèle proportionnel

	TOUS MODES HORS BUS	METRO	TRAIN+RER	BUS+TRAMWAY
Observations	20754	4490	7668	8596
Final log (L)	-12534.9	-2737.7	-4471.1	-5266.4
D.O.F.	14	14	14	14
Rho ² (0)	0.129	0.120	0.159	0.116
Rho ² (c)	0.120	0.110	0.145	0.110
Time	-0.1473 (-24.4)	-0.1535 (-11.8)	-0.1514 (-15.2)	-0.1434 (-15.2)
Time_Wait	-0.1311 (-12.3)	-0.1219 (-5.4)	-0.1513 (-7.9)	-0.1384 (-7.8)
CrowdLvA23	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvPP	-0.01217 (-15.8)	-0.01187 (-6.3)	-0.01100 (-10.7)	-0.01465 (-9.8)
CrowdLvB1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
CrowdLvB24	-0.00392 (-3.1)	-0.00254 (-1.0)	-0.00539 (-2.8)	-0.00282 (-1.2)
CrowdLvB5	-0.01044 (-6.4)	-0.00630 (-2.1)	-0.01350 (-5.5)	-0.00813 (-2.8)
CrowdLvB6	-0.01620 (-9.0)	-0.01263 (-3.5)	-0.01770 (-6.6)	-0.01680 (-5.2)
CrowdLvB7	-0.02599 (-11.1)	-0.01608 (-3.5)	-0.02762 (-8.0)	-0.03068 (-7.2)
StandDum1	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
StandDum2	-0.01495 (-6.2)	-0.01553 (-2.8)	-0.01377 (-4.1)	-0.01634 (-3.6)
StandDumPP	-0.00330 (-3.5)	-0.00220 (-1.1)	-0.00375 (-2.9)	-0.00333 (-1.9)
StandDum3	0 (*)	0 (*)	0 (*)	0 (*)
ASC_Q	-0.9021 (-20.9)	-0.8900 (-9.8)	-0.9780 (-12.8)	-0.9062 (-13.5)
ASC_QP	0.03307 (11.6)	0.03861 (5.4)	0.02608 (6.8)	0.04513 (8.1)
ASC_Wait	0.6460 (10.7)	0.5277 (5.0)	1.001 (7.4)	0.6132 (6.5)
ASC_WaitP	-0.03080 (-12.4)	-0.03645 (-5.7)	-0.02796 (-7.7)	-0.03893 (-8.2)
Scale3	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)	1.000 (*)
Scale2A	1.645 (13.2)	2.088 (5.6)	1.546 (8.7)	1.616 (8.2)

Source: Auteurs

Les multiplicateurs à appliquer seront calculés pour l'ensemble des modes de transports publics agrégés, mais aussi pour le métro seul, le train+RER (c'est-à-dire les trains régionaux), le bus+tramway. Les résultats figurent dans le tableau 7. Il convient de noter que ces valeurs sont basées sur le niveau d'affluence dans le premier train uniquement.

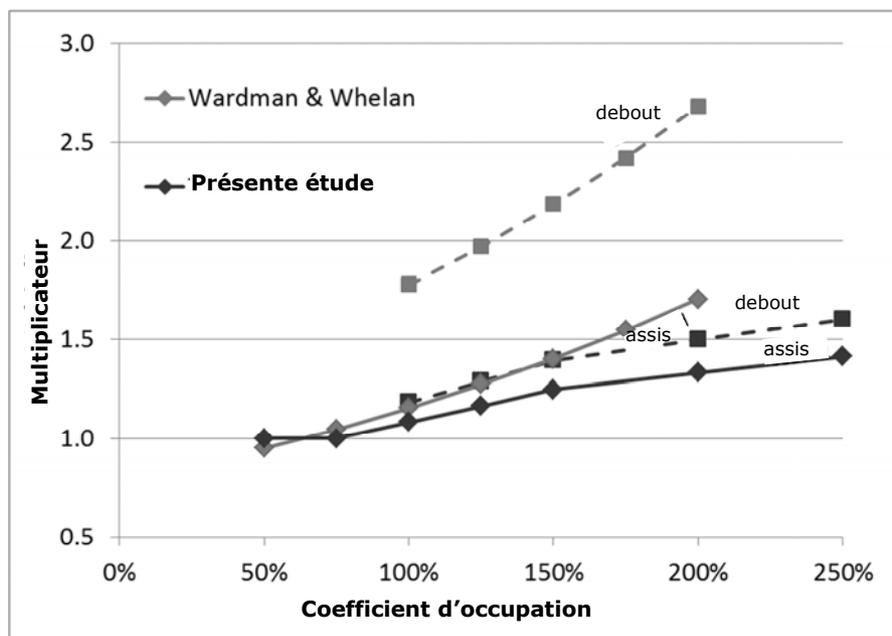
Tableau 5.7 **Multiplicateurs du temps de trajet en fonction du niveau d’affluence pour différents modes de transports publics franciliens**

Niveau d’affluence	Tous modes		Métro		Train+RER		Bus+Tramway	
	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout	Assis	Debout
1	1.000		1.000	²	1.000		1.000	
2	1.000		1.000		1.000		1.000	
3	1.000		1.000		1.000		1.000	
4	1.083		1.077		1.073		1.102	
5	1.165	1.289	1.155	1.270	1.145	1.261	1.204	1.342
6	1.248	1.394	1.232	1.362	1.218	1.358	1.307	1.467
7	1.330	1.499	1.309	1.453	1.290	1.456	1.409	1.593
8	1.413	1.604	1.386	1.545	1.363	1.553	1.511	1.718

Source: Auteurs

Ces multiplicateurs peuvent être comparés à ceux calculés par Wardman et Whelan (2011) pour les trajets ferroviaires (sur de plus longues distances) au Royaume-Uni. Pour les niveaux d’affluence 5, 6, et 7 quand on voyage debout, ils ont déterminé des valeurs égales à 1,97, 2,19 et 2,69, respectivement, nettement plus élevées que celles que nous avons obtenues (voir graphique 4). En outre, le Professeur Wardman (2012) avait précédemment indiqué que les valeurs de l’étude menée au Royaume-Uni, basées sur les préférences déclarées, lui semblaient intuitivement relativement élevées.

Nos résultats ne peuvent être directement comparés à ceux obtenus au cours des études précédentes menées à Paris (Haywood et Koning 2011, Kroes et al. 2006), car ces chercheurs n’avaient pas calculé de multiplicateurs du temps de trajet. Cependant, une fois converties dans les mêmes unités que celles employées dans ces études, nos valeurs finales se sont avérées cohérentes avec ces résultats.

Graphique 5.4 **Comparaison entre les multiplicateurs obtenus dans la présente étude et ceux rapportés par Wardman et Whelan 2011**

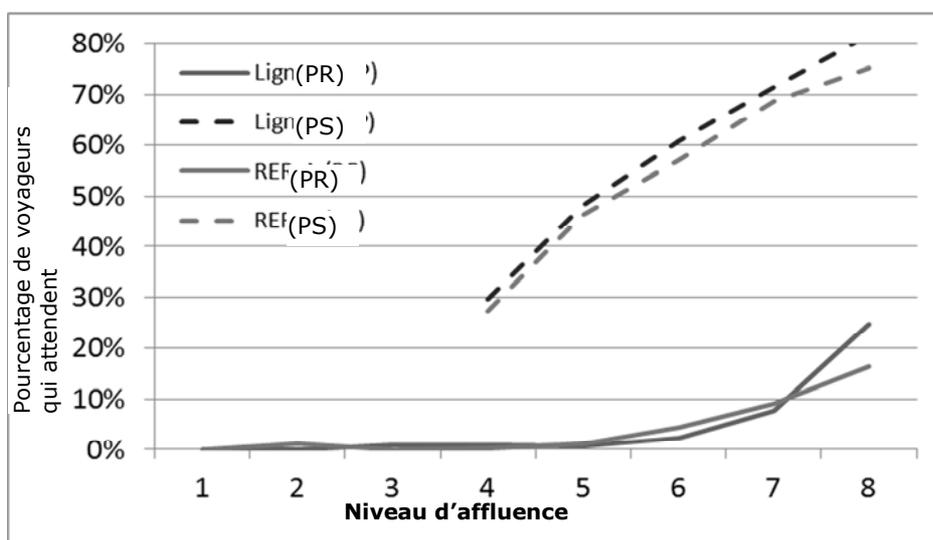
Source: Auteurs

Analyse des préférences révélées

Nous avons cherché à valider les résultats de notre enquête de préférences déclarées en situation réelle (préférences révélées). Nous avons identifié certains lieux où les voyageurs des transports publics se livraient à des arbitrages entre temps d'attente et niveau d'affluence comparables aux scénarios de l'expérience PD1. Deux branches de la même ligne ferroviaire convergent juste avant les stations Maison Blanche et Tolbiac (ligne 7 du métro) et juste avant la station Vincennes (RER A). La fréquence des rames est identique sur les deux lignes, mais la fréquentation y est très différente. Par conséquent, des rames bondées et moins bondées alternent systématiquement à l'heure de pointe matinale (en direction du centre de Paris). On s'attend à ce que les voyageurs qui connaissent bien ces lieux soient conscients de cette alternance et donc, du fait que des rames bondées seront vraisemblablement suivies d'une rame beaucoup moins occupée.

Pendant 12 jours, nous avons compté le nombre de voyageurs qui montaient directement dans les rames bondées et le nombre de voyageurs qui attendaient la rame suivante (moins occupée). Cela nous a permis de déterminer les pourcentages réels de voyageurs qui attendaient la rame suivante, en fonction du niveau d'affluence de la première rame et de la rame suivante, et pour des temps d'attente courts entre deux rames consécutives. Nous avons interrogé les voyageurs sur les motifs de leur attente, afin de corriger les pourcentages observés en tenant compte des personnes qui attendaient pour des motifs valables sans rapport avec le niveau d'affluence (par exemple, destination non desservie par une rame donnée). Le pourcentage de voyageurs qui attendent, obtenu après correction, variait entre 0 %, quand la rame à quai était à peine remplie, et environ 25 %, quand elle était bondée (voir graphique 5.5).

Graphique 5.5 **Pourcentage de voyageurs qui attendent la rame suivante en fonction du niveau d'affluence de la rame à quai**



Source: Auteurs

Le graphique 5.5 montre également le pourcentage de voyageurs qui attendent la rame suivante, obtenu à partir des modèles de préférences déclarées. Il en ressort que les pourcentages de voyageurs qui attendent la rame suivante en situation réelle sont nettement inférieurs à ceux obtenus à partir des données de préférences déclarées. Il existe donc une différence notable entre les réponses à l’enquête de préférences déclarées et les préférences révélées découlant de l’observation. Nous examinerons quelles peuvent en être les raisons dans la section suivante.

Analyse des résultats et valeurs d’affluence obtenues

À ce stade se pose la question du choix des valeurs à appliquer pour l’évaluation socio-économique : les valeurs obtenues à partir des pourcentages apparemment élevés associés aux préférences déclarées ou celles des pourcentages nettement plus faibles associés aux préférences révélées ? Après mûre réflexion, nous sommes parvenus au raisonnement exposé ci-après.

Il pourrait être utile, voire indispensable, de corriger les résultats des expériences de préférences déclarées dans l’optique d’une analyse par constantes, pour un certain nombre de raisons, à savoir : l’existence possible d’un biais associé aux préférences déclarées et dans les questions portant sur les préférences déclarées, le niveau d’affluence a été supposé constant sur l’ensemble du trajet et les répondants connaissaient avec une certitude de 100 % les niveaux d’affluence dans le premier véhicule et dans le véhicule suivant ainsi que le temps d’attente précis.

Les données de préférences révélées pourraient aussi être faussées, pour plusieurs raisons, à savoir : tous les voyageurs ne savaient pas que la rame suivante serait vraisemblablement moins occupée et, dans la réalité, les voyageurs n’ont aucune certitude sur le temps d’attente et le niveau d’affluence de la rame suivante².

Ainsi, dans la réalité, il est possible que seuls les voyageurs aguerris décident d’attendre et, quand bien même, ils n’auraient aucune certitude sur les coûts (temps d’attente) et les avantages (amélioration du niveau d’affluence). Cela contribuerait sans doute un nombre de voyageurs qui attendent le véhicule suivant inférieur à celui associé à la situation idéale théorique permettant de déterminer la valeur de l’affluence, qui serait mesurée quand il existe une certitude sur les variables d’arbitrage (temps d’attente vs. diminution du niveau d’affluence).

En fin de compte, les données de préférences déclarées peuvent être sujettes à erreur, mais le sens et l’ampleur de cette erreur ne sont pas évidents. Les données de préférences révélées peuvent aussi être sujettes à erreur, mais le sens de l’erreur est plus évident dans ce cas : le nombre de voyageurs attendant le véhicule suivant serait inférieur à celui associé à la situation d’arbitrage idéale permettant de déterminer la valeur de l’affluence.

Quant à savoir quels résultats, ceux liés découlant des préférences déclarées ou ceux découlant des préférences révélées, se rapprochent le plus de la véritable valeur de l’affluence, nous serions tentés de répondre que :

- La valeur réelle de l’affluence se situe vraisemblablement entre les valeurs découlant des préférences déclarées et celles découlant des préférences révélées ;
- En théorie, la valeur réelle de l’affluence pourrait même être supérieure aux valeurs découlant des préférences déclarées ;

- Cependant, il est extrêmement peu vraisemblable que la valeur réelle de l’affluence se révèle inférieure aux valeurs découlant des préférences révélées ; bien au contraire, il est quasi-certain que ces dernières sous-estiment la valeur réelle de l’affluence ;
- En fin de compte, nous pensons que la valeur obtenue à partir des préférences déclarées est vraisemblablement la plus proche de la valeur réelle de l’affluence.

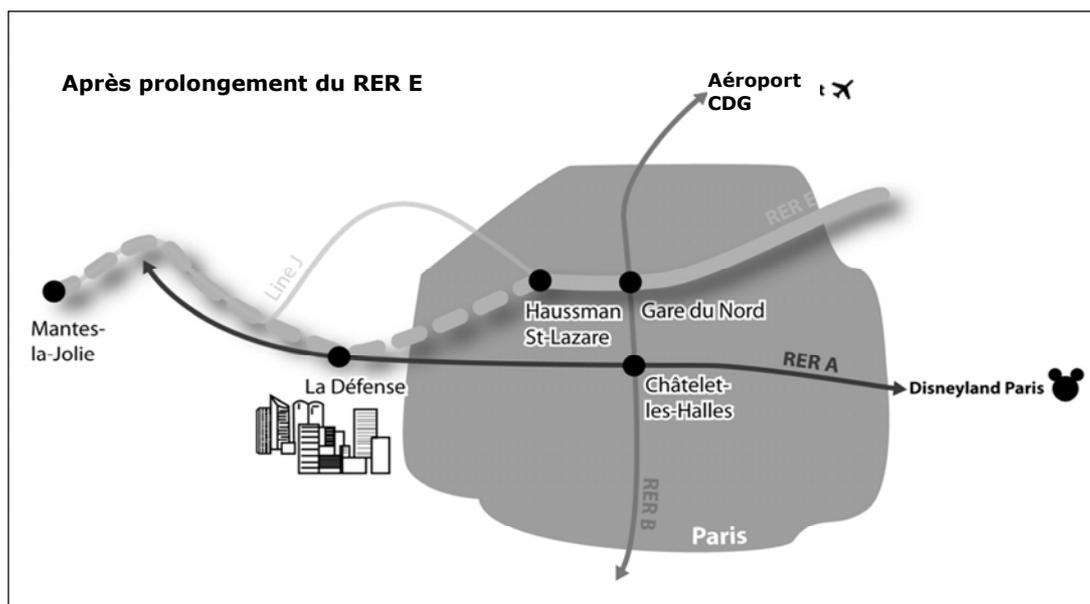
Nous sommes donc parvenus à la conclusion qu’il fallait utiliser les valeurs calculées à partir des préférences déclarées pour l’évaluation socio-économique.

Exemple d’application de l’analyse coûts-avantages

Projet d’extension du RER E

Les valeurs d’affluence obtenues, présentées dans le Tableau 5, ont été appliquées à un projet spécifique, à savoir l’extension la ligne ferroviaire régionale du RER E vers la banlieue ouest de Paris (voir graphique 6). Le tunnel souterrain sera prolongé vers le quartier des affaires de La Défense et raccordé à une ligne ferroviaire de banlieue existante, laquelle sera modernisée. Cela constituera une alternative à la ligne de RER A, dont une partie s’étire parallèlement au prolongement du RER E. À l’extrémité ouest, la ligne desservira le territoire Seine Aval et renforcera les projets de régénération urbaine et de développement économique prévus dans cette région. On estime le coût d’investissement du prolongement du RER E entre 3.1 et 3.5 milliards d’euros. Le projet a reçu le feu vert à l’issue de l’enquête publique réalisée en 2012. Il devrait entrer en service en 2020.

Graphique 5.6 **RER A, RER B, RER E et prolongement (en pointillés) de leur section centrale en Île-de-France**



Source: STIF

Estimation de la réduction de l’inconfort découlant du projet

L’estimation de la réduction de l’inconfort des voyageurs empruntant les lignes de RER A et B après le prolongement du RER E s’appuie sur les étapes suivantes :

Étape 1 : Prévision de trafic

Un modèle de demande a été utilisé pour estimer le nombre de voyageurs à l’heure de pointe matinale pour chaque liaison entre deux stations, avec et sans prolongement. Seuls les tronçons des lignes de RER A et B, où l’on a observé des niveaux d’affluence élevés, devraient connaître des impacts importants et ont été sélectionnés pour l’analyse. Le projet entraînera une diminution du trafic sur ces liaisons (voir tableau 8).

Tableau 5.8 **Résultats de la modélisation du trafic avec et sans prolongement du RER E**
(prévision pour une heure de pointe matinale en 2020)

Ligne et direction	De	À	Volume de trafic		Variation (%)
			Sans prolongement	Avec prolongement	
RER A ouest	Vincennes	Nation	35 300	34 900	-1 %
	Nation	Gare de Lyon	37 100	36 500	-2 %
	Gare de Lyon	Châtelet-Les H.	44 700	39 400	-3 %
	Châtelet-Les H.	Auber	44 700	39 400	-12 %
	Auber	Étoile	40 600	32 300	-20 %
	Étoile	La Défense	37 000	28 700	-23 %
RER A est	La Défense	Étoile	24 100	20 400	-15 %
RER B sud	Gare du Nord	Châtelet-Les H.	27 400	24 800	-9 %

Étape 2 : Calcul des avantages en termes de temps de trajet équivalent

Les niveaux de trafic ont été traduits en niveaux d’affluence de 1 à 8, utilisés pour les enquêtes de préférences déclarées. Au niveau 4, toutes les places assises sont occupées et au niveau 8, de surcroît, des personnes voyagent debout et la capacité maximale du véhicule est atteinte.

Les résultats des enquêtes de préférences déclarées ont permis de déterminer des multiplicateurs à appliquer au temps de trajet réel pour obtenir les temps de trajet perçus en fonction du niveau d’affluence dans un véhicule. Dans le cas spécifique du RER E, on a utilisé les coefficients correspondant au mode de transports publics « RER » (voir tableau 2). Pour les calculs relatifs au projet du RER E, il fallait connaître les capacités futures attendues pour les RER A et B :

- Pour le RER A, on considère une capacité aux heures de pointe de 62 400 voyageurs par heure en direction de l’ouest et de 52 000 voyageurs par heure en direction de l’est, les places assises représentant 36 % de la capacité voyageurs totale dans les deux directions.
- Pour le RER B, la capacité aux heures de pointe, soit 28 600 voyageurs par heure, est identique dans les deux directions, les places assises représentant 26 % de la capacité voyageurs totale.

La variation du temps de trajet perçu par les voyageurs est calculée à partir de la formule suivante :

$$\Delta \text{Temps}_{\text{perçu}} = (N_{\text{VOYassisavant}} \cdot \alpha_{\text{assisavant}} + N_{\text{VOYdeboutavant}} \cdot \alpha_{\text{deboutavant}}) - (N_{\text{VOYassisaprès}} \cdot \alpha_{\text{assisaprès}} + N_{\text{VOYdeboutaprès}} \cdot \alpha_{\text{deboutaprès}})$$

où $\Delta \text{Temps}_{\text{perçu}}$ représente la variation du temps de trajet perçu avant et après le projet, $N_{\text{VOYassisavant}}$ le nombre de voyageurs assis avant le projet et $\alpha_{\text{assisavant}}$ le multiplicateur du nombre de voyageurs assis avant le projet, etc. Les calculs sont effectués liaison par liaison et les résultats sommés pour obtenir la valeur totale. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.9 ci-dessous.

Tableau 5.9 **Temps de trajet perçu avec et sans prolongement du RER E à l’heure de pointe matinale en tenant compte de l’affluence pour tous les voyageurs, par liaison**

Ligne et direction	de	À	Temps de trajet (min.)	Temps de trajet perçu (heures)	
				Sans prolongement	avec prolongement
RER A ouest	Vincennes Nation Gare de Lyon Châtelet-Les H. Auber Étoile	Nation Gare de Lyon Châtelet-Les H. Auber Étoile La Défense			
RER A est	La Défense	Étoile			
RER B sud	Gare du Nord	Châtelet-Les H.			
Total					

Au total, au cours d’une heure de pointe matinale, la réduction du temps de trajet perçu découlant du projet d’extension du RER E est estimée à 1 239 heures-voyageur. Pour extrapoler ce résultat à l’année, ce chiffre a été multiplié par 5 (2 heures de pointe le matin et 3 le soir) pour obtenir la valeur sur une journée, puis par 210 (nombre de jours ouvrables hors congés estivaux) pour obtenir la valeur sur une année, soit un total de 1.3 million d’heures-voyageur gagnées sur une année.

Étape 3 : Conversion en avantage monétaire

En reprenant la valeur du temps standard utilisée pour l’évaluation des projet de transports publics en Île-de-France (17.7 euros par heure, valeur 2010), ces 1.3 millions d’heures ont été converties en un avantage de 23 millions d’euros en année pleine, soit 480 millions d’euros sur une période de 30 ans en appliquant un taux d’actualisation de 8 %. Ce résultat peut être comparé aux coûts d’investissement du projet (entre 3.1 et 3.5 milliards d’euros) et aux coûts d’exploitation (estimés à 88 millions d’euros par an). Pour mémoire, on estimait que ce projet génèrerait, sur une période de 30 ans, des avantages s’élevant à 6 100 millions d’euros en termes temps de trajet et 2 300 millions d’euros en termes de transfert modal. L’effet en termes d’affluence se traduit par une hausse de 6 % des avantages totaux du projet.

Conclusions

Cette étude nous a conduits aux conclusions principales suivantes :

1. La décision des voyageurs d’attendre un véhicule de transports publics moins bondé était principalement déterminée par le niveau d’affluence dans le premier véhicule. Le niveau d’affluence (annoncé) dans le véhicule suivant était beaucoup moins important ;
2. La spécification d’une utilité par déplacement constante correspondait beaucoup mieux aux données de choix déclarés que celle d’un multiplicateur du temps de trajet communément retenue dans la documentation spécialisée. Nous avons cependant opté pour la spécification d’un multiplicateur du temps de trajet pour le calcul des coefficients à appliquer. Cependant, ce choix se fondait entièrement sur des raisons pratiques, à savoir la facilité d’application, plutôt que sur des éléments factuels;
3. L’hétérogénéité entre les différents groupes de voyageurs restait relativement faible. Les différences les plus marquées dans la typologie en fonction des attitudes concernaient les préférences en matière d’affluence, le type de voyageurs le plus sensible au temps (type 3) étant, par exemple, nettement moins enclin à attendre un véhicule de transports publics moins encombré que le type de voyageurs craignant la promiscuité (type 1) ;
4. Les données obtenues par les préférences révélées suggéraient une disposition nettement plus faible à attendre des véhicules moins encombrés que celles obtenues par les choix déclarés. Cependant, de nombreuses raisons expliquent pourquoi les données de préférences révélées sous-estimaient la disposition réelle à attendre, et nous avons donc conservé les valeurs obtenues par les choix déclarés sans ajustement à la baisse ;
5. Les valeurs d’affluence obtenues étaient globalement cohérentes avec celles rapportées dans deux autres études menées en Île-de-France. En revanche, elles s’avéraient nettement plus faibles que les valeurs obtenues pour les transports ferroviaires au Royaume-Uni.

Il faudra bien entendu disposer d’un plus large éventail d’études sur la valorisation de l’affluence, réalisées dans des contextes similaires et différents, avant de pouvoir tirer des conclusions plus définitives et générales concernant la valeur de l’affluence dans les transports publics. D’ici là, les résultats que nous avons obtenus serviront à l’évaluation coûts-avantages des projets de transports en Île-de-France.

Remerciements

Nous tenons à remercier le STIF, qui a financé et supervisé l’étude présentée ici. Les auteurs conservent la seule et entière responsabilité du contenu du présent rapport.

Notes

1. Dans cette section, nous parlons de premier « train » et de « train » suivant. Cependant, l’analyse portait sur une série de données communes à tous les modes de transports collectifs (train, RER, métro, bus, tramway).
2. On pourrait faire valoir que dans la réalité, il existe toujours une incertitude sur les temps d’attente et les niveaux d’affluence des rames suivantes. Cependant, notre but est de déterminer des valeurs de l’affluence pour évaluer les avantages en termes d’affluence d’une desserte structurellement moins encombrée, ce qui est le cas quand on construit une ligne parallèle ou quand on augmente la fréquence ou la capacité des véhicules. On élimine alors l’incertitude et l’on recherche donc une valeur qui ne soit pas entachée d’incertitude.

Références

- Baker, J., Murphy, P. et Myers, N. (2007): Placing a value on overcrowding and other rail quality factors, European Transport Conference.
- Ben-Akiva, M. et Lerman, S. (1985): Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand, MIT Press.
- Cox, T., Houdmont, J. et Griffiths, A. (2006): Rail passenger crowding, stress, health and safety in Britain, Transportation Research: part A, 40, 244-258.
- Douglas Economics (2006): Valuing the Cost to Passengers of Train Crowding, Report to RailCorp, avril 2006.

- Haywood, L. et Koning, M. (2011): Pushy Parisian Elbows: Evidence on Taste for Travel Comfort, Paris School of Economics, Paris.
- Kroes, E. Kouwenhoven, M. Duchateau, H. Debrincat, L. et Goldberg, J. (2006): Value of Punctuality on Suburban Trains to and from Paris, Transportation Research Record, TRB 2006.
- Li, Z. Hensher, D. (2011): Crowding and public transport: A review of willingness to pay evidence and its relevance in project appraisal, Transport Policy, 18 (2011), 880-887.
- Louviere, J., Hensher, D. and Swait, J. (2000): Stated Choice Methods, Analysis and Application, Cambridge University Press.
- MVA (2007): Understanding the Passenger, Valuation of Overcrowding on Rail Services, Report for Department of Transport.
- Oxera (2007): How to value in-work-time crowding, préparé pour le Department of transport.
- Wardman, M. et Whelan, G. (2011): Twenty years of Rail Crowding Valuation Studies: Evidence and Lessons from British Experience, Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal, 31:3, 379-398.
- Wardman, M. (2012): UK Preference Valuations of Soft factors: How Credible are the Results?, Institute for Transport Studies, University of Leeds.
- Whelan, G. et Cricket, J. (2009): An Investigation of the Willingness to Pays to reduce Rail Overcrowding. In: Proceedings of the first International Conference on Choice Modelling, Harrogate, Angleterre, avril 2009.

Liste des participants

M. Mark WARDMAN Université de Leeds 36 University Road LS2 9JT LEEDS Royaume-Uni	Président
M. Richard ANDERSON Director, RTSC Imperial College London South Kensington Campus SW7 2AZ London Royaume Uni	Rapporteur
M. Mark WARDMAN Université de Leeds 36 University Road LS2 9JT LEEDS Royaume Uni	Rapporteur
Dr. Marco KOUWENHOVEN SIGNIFICANCE Koninginnegracht 23 2514 AB The Hague Pays-Bas	Rapporteur
Dr. Sungwon LEE Vice President Korea Transport Institute (KOTI) 2311, Daehwa-dong Ilsan-gu Goyang-si 411-701 Gyeonggi-do Corée	Rapporteur
Mme Laurence DEBRINCAT DDAET Division Etudes Générales Syndicat des Transports de la Région Ile-de-France 39 bis 41 rue de Châteaudun 75009 Paris France	Co-rapporteur

Co-rapporteur

M. Benjamin CONDRY
Senior Research Associate
Imperial College London
South Kensington Campus
SW7 2AZ London
Royaume Uni

Prof. Andrea BOITANI
Professor Political Economy
Dipartimento di Economia e Finanza
Università Cattolica
Largo A. Gemelli 1
20123 Milano
Italie

Prof. Jonas ELIASSON
Professor Transport Systems Analysis
Royal Institute of Technology
Teknikringen 10
100 44 Stockholm
Suède

M. Jan JØRGENSEN
Transport Planner
Public Transport
Danish Transport Authority
Edvard Thomsens Vej 14
2300 København S
Danemark

Prof. Hironori KATO
Université de Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku
113-8656 Tokyo
Japon

M. Martin KONING
Chercheur
IFSTTAR - SPLOTT
14-20 Bvd Newton
Cité Descartes
77447 Marne-la-Vallée Cédex 2
FRANCE

M. Todd LITMAN
Executive Director
The Victoria Transport Policy Institute
1250 Rudlin Street,
V8V 3R7 Victoria
Canada

Prof. Juan-Carlos MUÑOZ
Department Transport Engineering and Logistics
Pontificia Universidad Católica de Chile
School of Engineering
Vicuña Mackenna 4860, Macul.
7820436 Santiago
Chili

Prof John ROSE
Institute of Transport and Logistics Studies
The University of Sydney Business School
Level 13, Rm 1316,
St James Campus C13
2006 Sydney
Australie

M. Benedikt STUDER
Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications
Federal Office of Transport
CH-3003 Berne
Suisse

M. Ales ZDIMERA
Premier Secrétaire
Délégation Permanente de la République tchèque auprès de l'OCDE
40, rue de Boulainvilliers
75016 Paris
France

Secrétariat du Forum International des Transports

M. Kurt VAN DENDER, Chef Economiste

M. Yuichiro KAWASHIMA, Economiste

M. Yeonmyung KIM, Analyste Politique

M. Michel VIOLLAND, Administrateur

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux liés à la mondialisation. À l'avant-garde des efforts engagés pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles suscitent, l'OCDE aide les gouvernements à y faire face en menant une réflexion sur des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et la problématique du vieillissement démographique. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de confronter leurs expériences en matière d'action publique, de chercher des réponses à des problèmes communs, de recenser les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Chili, la Corée, le Danemark, l'Espagne, l'Estonie, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, Israël, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Slovénie, la Suède, la Suisse et la Turquie. L'Union européenne participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Évaluer la commodité d'usage des transports publics

L'expérience de l'utilisateur, en termes de fiabilité, de confort et surtout de commodité d'usage est un aspect essentiel pour déterminer la demande de services de transports publics, tout au moins là où un choix d'alternatives existe. Le succès des politiques pour attirer les usagers urbains de la voiture particulière vers les transports publics repose dans une large mesure sur la commodité d'usage de ces derniers. Les méthodes actuelles d'évaluation dans le domaine des transports tendent cependant à se focaliser sur la vitesse et le prix des services, sous-évaluant ou négligeant la commodité d'usage. Ceci fausse les décisions en matière d'investissements et de planification.

Ce rapport vise à faciliter une prise en compte plus systématique de la commodité d'usage dans la planification et la pratique des politiques de transport. Il analyse les définitions opérationnelles de la commodité d'usage et rassemble des informations sur la disposition à payer à cet égard et sur l'utilisation d'indicateurs pour apprécier et améliorer la commodité d'usage des transports publics.

Forum International des Transports

2 rue André Pascal
75775 Paris Cedex 16
France
T +33 (0)1 45 24 97 10
F +33 (0)1 45 24 13 22
Email : itf.contact@oecd.org
Web: www.internationaltransportforum.org



éditionsOCDE
www.oecd.org/editions



(74 2014 03 2P1)
ISBN 978-92-821-0769-0