



CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

AMÉLIORER LA FIABILITÉ DES RÉSEAUX DE TRANSPORT DE SURFACE





AMÉLIORER LA FIABILITÉ DES RÉSEAUX DE TRANSPORT DE SURFACE

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.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE (2010), *Améliorer la fiabilité des réseaux de transport de surface*, Éditions OCDE.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789282102442-fr>

ISBN 978-92-64-821-0243-5 (imprimé)

ISBN 978-92-64-821-0244-2 (PDF)

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

© OCDE 2010

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à rights@oecd.org. Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) info@copyright.com ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) contact@cfcopies.com.

FORUM INTERNATIONAL DES TRANSPORTS

Le Forum International des Transports est une institution intergouvernementale appartenant à la famille OCDE. Le Forum est une plate-forme mondiale pour les décideurs politiques et les parties intéressées. Son objectif est d'aider les responsables politiques et un public plus large à mieux appréhender le rôle des transports en tant qu'élément clé de la croissance économique, ainsi que leurs effets sur les composantes sociales et environnementales du développement durable. Le Forum organise une Conférence pour les Ministres et les représentants de la société civile chaque année au mois de mai à Leipzig, Allemagne.

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. Son Secrétariat se trouve à Paris.

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

L'OCDE et le Forum International des Transports ont créé en 2004 un Centre conjoint de Recherche sur les Transports. Ce Centre mène des programmes coopératifs de recherche couvrant tous les modes de transport, recherches qui visent à aider la formulation des politiques dans les pays membres. A travers certains de ses travaux, le Centre apporte également des contributions aux activités du Forum International des Transports.

Des informations plus détaillées sur le Forum International des Transports sont disponibles sur Internet à l'adresse suivante :
www.internationaltransportforum.org

© OCDE/FIT 2010

Toute reproduction, copie, transmission ou traduction de cette publication doit faire l'objet d'une autorisation écrite.

Les demandes doivent être adressées aux Éditions OCDE rights@oecd.org ou par fax 33 1 45 24 99 30.

Crédit photo : Avec l'aimable autorisation du *Land Transport Authority of Singapore*

AVANT-PROPOS

Le présent rapport *Améliorer la fiabilité des réseaux de transport de surface* fait le point sur les niveaux de fiabilité atteints dans les transports, en étudiant l'expérience de chacune des principales régions du FIT. Avec l'augmentation de la richesse, les consommateurs sont de plus en plus mobiles et exigent des services de transport de plus grande qualité, pour lesquels la fiabilité des réseaux de transport est essentielle. Des liaisons commerciales fiables au sein des pays et entre partenaires internationaux sont indispensables à la croissance de l'économie mondiale. Il est important d'assurer des niveaux de fiabilité performants, ni trop faibles ni trop élevés.

Ce rapport a pour objet les transports nationaux et internationaux de personnes et de marchandises par route et par chemin de fer. Bien que la fiabilité ait depuis longtemps été identifiée comme un élément essentiel à la qualité des services de transport, les recherches sur son estimation et sur ses modalités d'intégration dans l'évaluation des projets et des politiques n'ont commencé que depuis peu. Les résultats de ces recherches récentes sont passés en revue et utilisés comme base pour examiner un ensemble de mesures de la fiabilité utiles aux décideurs dans la définition de stratégies permettant d'atteindre des niveaux de fiabilité appropriés. Le rapport formule des recommandations sur les améliorations possibles de la planification et de l'exploitation des transports prenant explicitement en compte la fiabilité. Quelques études de cas sur des activités commerciales et diverses mesures politiques dans des pays de l'OCDE et du FIT donnent un aperçu des outils analytiques pour renforcer la fiabilisation des réseaux de manière rentable.

Le rapport a été établi par un groupe d'experts internationaux, sous l'égide du Centre conjoint de recherche sur les transports de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et du Forum international des transports (FIT). Il est fondé sur les recherches d'un groupe de travail composé d'experts de 13 pays, présidé par M. Hans Jeekel, Stratège d'entreprise au Centre des infrastructures du ministère néerlandais des Transports et des Voies d'Eau.

Pour introduire le concept de fiabilité, trois facteurs doivent être pris en considération :

1. **Le transport dans notre économie et nos modes de vie.** Les réseaux de transport sont les voies de communication essentielles de nos économies et les grands axes facilitant nos modes de vie. Les transports assurent le fonctionnement du commerce dans notre économie mondialisée et constituent un élément capital pour la mobilité du marché du travail, qui permet une augmentation de la productivité économique et une diminution de l'inflation. Le transport de personnes permet aux voyageurs d'aller au travail, de voir leurs amis et de se divertir. Ainsi, la « consommation » de transport offre un moyen pour une fin (dans la plupart des cas), et n'est pas une activité en soi.
2. **Le manque de fiabilité des transports influe sur les activités personnelles et commerciales.** Non seulement les perturbations sur les grands axes de transport dégradent « le vécu des transports » des usagers du réseau, mais plus important encore, elles influent négativement sur les activités commerciales et personnelles qui dépendent d'une programmation fiable. Le manque de fiabilité des transports réduit le temps utilisable à l'arrivée, en faisant manquer une réunion importante ou la moitié d'un match de football. De la même manière, les différentes

pièces provenant de plus en plus souvent d'entreprises spécialisées, la fabrication d'un produit fini dépend des opérations d'assemblage. Un retard dans la livraison des pièces peut donc perturber toute la ligne de production. Le manque de fiabilité inclut également l'arrivée en avance, qui peut aussi influencer négativement sur les activités personnelles et commerciales.

3. **Tendances dans le transport et dépendance à la fiabilité.** La diminution des coûts de transport, par l'amélioration des véhicules et des infrastructures, a élargi le rayon d'action des personnes et des entreprises. Les déplacements personnels (pour le travail et les loisirs) se sont allongés. Les entreprises se sont regroupées sur des sites plus vastes, mais moins nombreux. Les activités complémentaires ont été la sous-traitance de la production et la gestion des stocks en flux tendus. Cependant, si un transport fiable et rapide modifie la structure industrielle, il augmente aussi la vulnérabilité de la chaîne logistique aux perturbations, notamment par l'allongement des voies d'approvisionnement. Les coûts des perturbations risquent d'être plus élevés que dans le passé lorsque, par exemple, les stocks disponibles offraient une assurance contre les retards de livraison.

Ces facteurs constituent le cadre et l'objet du présent rapport. Les transports sont essentiels à la satisfaction des besoins personnels et commerciaux. La demande de transports *fiabiles* augmente ; à l'inverse, la croissance du trafic accentue les difficultés à entretenir (et encore plus à améliorer) l'offre de fiabilité. La question centrale du rapport est de savoir si des niveaux de fiabilité appropriés sont recherchés et atteints. Pour cela, il convient d'examiner les raisons pour lesquelles ces niveaux ne seraient pas réalisés, puis de recenser les outils de politique publique qui pourraient être mis en œuvre.

La structure du rapport est la suivante. Le premier chapitre décrit le contexte d'une évaluation de la fiabilité, en abordant notamment les modalités de définition de la fiabilité et les principales sources du manque de fiabilité. Le chapitre 2 examine les différents indicateurs de fiabilité du réseau et montre comment la surveillance est déjà un outil de politique publique. Le chapitre 3 explique comment la fiabilité peut être intégrée dans l'analyse coûts-avantages, principal outil pour atteindre une fiabilité optimale. Les chapitres suivants présentent différents outils de politique publique qui peuvent être envisagés pour évaluer la fiabilité des transports. Les conclusions sont ensuite tirées. Le rapport comprend de nombreuses études de cas de solutions privées et publiques pour la prestation de services de transport fiables.

RÉSUMÉ

NUMÉRO ITRD¹ E145017

Les chaînes d'approvisionnement s'appuient plus que jamais sur des systèmes de production et de distribution mondiaux et, souvent, en flux tendus. Cette complexité se répercute sur les déplacements, à finalités tant professionnelles que sociales, des voyageurs. Cette évolution a renforcé l'importance des horaires et de leur respect, mettant ainsi davantage l'accent sur la fiabilité des transports.

Le présent rapport fait le point sur les niveaux de fiabilité atteints dans les transports, au sein de chacune des principales régions du FIT. Il offre aux décideurs un cadre de compréhension des questions de fiabilité et de définition des politiques de gestion de la fiabilité. Il examine également les politiques adoptées dans les pays FIT/OCDE en montrant que peu de pays intègrent explicitement la fiabilité dans l'élaboration des politiques de transport. Les cas où la fiabilité est formellement prise en compte dans l'évaluation coûts-avantages sont très rares.

Comme il n'existe généralement pas de marché direct de la fiabilité, il faut recourir à des analyses coûts-avantages pour déterminer les niveaux de fiabilité appropriés et choisir des politiques rentables de gestion de la fiabilité. Ce rapport fait largement progresser la définition de la méthode à suivre pour intégrer l'amélioration de la fiabilité dans l'évaluation des projets et des politiques, et recense par ailleurs les écueils qu'il convient d'éviter.

Un examen des indicateurs de fiabilité existants suggère que les pouvoirs publics ont entrepris le suivi et la fixation d'objectifs en matière de fiabilité. Les indicateurs de performance se répartissent clairement en deux catégories groupant, pour l'une, les indicateurs de qualité des exploitants et, pour l'autre, les indicateurs de perception des usagers. Il convient donc d'utiliser avec prudence les objectifs de fiabilité, en faisant la distinction entre le point de vue de l'exploitant et le point de vue de l'utilisateur.

Il existe de nombreux instruments politiques pour gérer la fiabilité. Ce rapport présente quatre grandes solutions politiques de gestion de la fiabilité : augmentation physique de la capacité, amélioration de la gestion de la capacité, élaboration de mécanismes de tarification pour mettre en place un marché de la fiabilité et mise en œuvre de systèmes d'information destinés à atténuer les conséquences néfastes du manque de fiabilité.

Enfin, le rapport souligne l'importance croissante de la fiabilité, en remarquant que cette dernière doit faire l'objet d'une attention politique plus importante, comme c'est traditionnellement le cas de la congestion.

Domaine : Planification de la circulation et des transports (72); Aspects économiques et administration (10).

Mots clés : Recherche opérationnelle, économie des transports, fiabilité des temps de parcours, transport de personnes, transport de marchandises, transport routier, transport ferroviaire, politique, planification, horaires, temps de parcours, évaluation (estimation), capacité (route, trottoir), capacité (réseau de transport), réseau ferré, international.

1. La base de données de la documentation internationale de recherche sur les transports (ITRD) contenant les informations publiées sur les transports et la recherche en matière de transports est gérée par la société TRL, au nom du Centre conjoint de recherche sur les transports FIT/OCDE. L'ITRD contient plus de 350 000 références bibliographiques et est enrichie chaque année de près de 10 000 références supplémentaires. Elle est alimentée par plus de 30 instituts et organismes de renom, à travers le monde. Pour plus d'informations sur l'ITRD, veuillez écrire à itrd@trl.co.uk ou visiter le site Web www.itrd.org.

TABLE DES MATIÈRES

PRINCIPAUX MESSAGES.....	11
NOTE DE SYNTHÈSE.....	15
1. CONTEXTE	31
1.1 Définition de la fiabilité des transports.....	31
1.2 Adaptation des usagers au manque de fiabilité	33
1.3 Distinction entre non-fiabilité et congestion	34
1.4 Sources du manque de fiabilité dans les transports	36
1.5 Fiabilité et évolution des transports.....	39
1.6 Granularité de la fiabilité.....	43
1.7 Pourquoi les différents besoins en fiabilité des usagers des réseaux ne sont pas satisfaits par les responsables de réseaux	44
1.8 Élaboration de stratégies de fiabilité performantes	47
1.9 Nouveau cadre d’action.....	48
2. SUIVI DE LA FIABILITÉ EN TANT QUE SIGNAL POLITIQUE.....	53
2.1 Introduction	53
2.2 Collecte de données.....	55
2.3 Suivi de la fiabilité des responsables et exploitants	58
2.4 Suivi de l’expérience des usagers en matière de fiabilité.....	62
2.5 Objectifs en tant que signaux politiques.....	68
2.6 Conclusions	70
3. INTÉGRATION DE LA FIABILITÉ DANS L’ANALYSE COÛTS-AVANTAGES.....	73
3.1 Analyse coûts-avantages en tant qu’outil	73
3.2 Application de l’analyse coûts-avantages aux politiques de fiabilité.....	74
3.3 Traitement actuel de la fiabilité dans l’analyse coûts-avantages.....	75
3.4 Conclusions	90
4. OFFRE D’INFRASTRUCTURES EN TANT QU’OUTIL DE POLITIQUE PUBLIQUE.....	93
4.1 Offre de capacité.....	94
4.2 Fixation de niveaux pour les réseaux et amélioration de la solidité de la capacité	97
4.3 Conclusions	101
5. INFLUENCE SUR L’OFFRE D’INFRASTRUCTURES ET GESTION EN TANT QU’OUTIL DE POLITIQUE PUBLIQUE.....	103
5.1 Identification proactive de la vulnérabilité des réseaux	103
5.2 Gestion active des infrastructures.....	105
5.3 Gestion des interfaces.....	110
5.4 Conclusions	118

6. TARIFICATION DES RÉSEAUX POUR UNE OPTIMISATION DE LA FIABILITÉ.....	121
6.1 Principales stratégies de tarification.....	121
6.2 Obstacles à l'obtention de différents niveaux de fiabilité	127
6.3 Application de la tarification à la fiabilité des réseaux	130
6.4 Conclusions	138
7. INFORMATION ET LIMITATION DES IMPACTS DE LA NON-FIABILITÉ	141
7.1 Rôle de l'information	141
7.2 Diffusion de l'information sur les temps de parcours	143
7.3 Conclusions	152
8. CONCLUSIONS	155
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	161
PARTICIPANTS AUX TRAVAUX.....	177

PRINCIPAUX MESSAGES

La fiabilité peut être mieux prise en compte dans l'élaboration des politiques de transport

Le présent rapport a pour objet d'offrir aux décideurs un cadre de compréhension des questions de fiabilité et d'élaboration des politiques de gestion de la fiabilité. Il fait largement progresser la définition de la méthode à suivre pour intégrer l'amélioration de la fiabilité dans l'évaluation des projets et des politiques, et recense par ailleurs les écueils qu'il convient d'éviter.

À l'heure actuelle, la fiabilité des réseaux et des services n'est pas systématiquement prise en compte dans le processus de planification des transports et n'intervient donc pas suffisamment dans la prise de décisions. Elle est rarement incluse dans les analyses coûts-avantages, qui sont pourtant l'outil de planification fondamental pour les réseaux de transports de surface.

La complexité de programmation croissante des activités rend la fiabilité encore plus importante

Les progrès technologiques et les investissements dans les infrastructures ont entraîné une baisse des coûts de transport et une hausse des vitesses moyennes, qui ont facilité et accompagné la spécialisation des produits. Les chaînes d'approvisionnement s'appuient plus que jamais, à l'échelon international, sur des systèmes de production et de distribution mondiaux et, souvent, en flux tendus. Cette complexité se répercute sur les déplacements, à finalités tant professionnelles que sociales, des voyageurs. Cette évolution a renforcé l'importance des horaires et de leur respect, mettant ainsi davantage l'accent sur la fiabilité des transports.

Les réponses au manque de fiabilité

Les particuliers, les entreprises et les gestionnaires d'infrastructures victimes de cette dégradation de la fiabilité peuvent y faire face de plusieurs manières : les particuliers allongent la durée prévue de leurs déplacements pour pallier d'éventuels retards, les entreprises adaptent la structure et le calendrier de leurs activités et les gestionnaires d'infrastructures diffusent souvent des informations sur la circulation pour réduire l'impact de la non-fiabilité.

La fiabilité peut être améliorée par les usagers comme par les responsables de réseaux. On ne doit pas poser en principe qu'il incombe toujours au responsable d'infrastructures ou au prestataire de services ou encore aux pouvoirs publics d'améliorer la fiabilité. Les usagers peuvent facilement améliorer eux-mêmes la fiabilité de manière rentable.

Quatre principaux instruments sont disponibles pour optimiser la fiabilité des réseaux de transport

Il existe de nombreux instruments pour gérer la fiabilité. Le cadre d'action proposé dans la présente étude les divise en quatre grandes catégories:

- Renforcement de la capacité physique des infrastructures par l'offre d'une capacité supplémentaire ou l'amélioration qualitative de l'offre existante : les augmentations de capacité

sont généralement coûteuses, longues à réaliser et souvent politiquement difficiles. La fixation de niveaux pour les réseaux et l'amélioration de la résistance des infrastructures (durabilité des matériaux par exemple) influent également sur la fiabilité.

- Amélioration de la gestion de la capacité existante : une bonne gestion peut améliorer la fiabilité tandis qu'une mauvaise gestion peut dégrader la fiabilité. Les gestionnaires d'infrastructures peuvent améliorer la fiabilité en gérant mieux les incidents, ainsi qu'en organisant et en indiquant les opérations d'entretien aux usagers de façon appropriée. Les fonctions de gestion essentielles peuvent être complétées par une surveillance proactive des réseaux.
- Tarification directe de la fiabilité : lorsqu'elle est possible, elle peut servir à renforcer la fiabilité. Cependant, il est souvent difficile d'offrir différents niveaux en fonction des valeurs accordées à la fiabilité par les usagers et de fixer différents tarifs en fonction des performances en matière de fiabilité.
- Information aux usagers leur permettant d'atténuer les effets négatifs d'un manque de fiabilité : elle peut constituer un moyen rentable de réduire le manque de fiabilité et l'impact des incidents de circulation sur l'organisation des activités des entreprises et des particuliers.

L'intégration de la fiabilité dans les analyses coûts-avantages incite à la prise en considération des solutions d'optimisation de la fiabilité

En l'absence d'un marché direct de la fiabilité, les analyses coûts-avantages permettent de déterminer les niveaux de fiabilité appropriés. S'il existait un marché de la fiabilité à part entière, les prix pousseraient à offrir un niveau performant et en feraient peser la charge sur la partie capable de l'assumer à moindre coût. Une analyse coûts-avantages doit servir d'indicateur de remplacement d'un tel marché. La présente étude a révélé que la fiabilité était très rarement prise en compte dans les analyses de ce type.

Les projets apportant des avantages en termes de temps de parcours (par exemple, réduction de la congestion) sont parfois aussi réputés apporter des avantages en termes de fiabilité. Cependant, les évaluations courantes ne dissocient pas l'amélioration de la fiabilité (réduction de la variabilité du temps de parcours) des avantages liés à la réduction du temps de parcours moyen. Elles n'offrent donc aucun élément concret permettant d'affirmer qu'un projet améliore effectivement la fiabilité.

Il existe des méthodes de mesure et d'évaluation de la fiabilité qui peuvent être intégrées dans les analyses coûts-avantages. Employées à titre expérimental dans un petit nombre de pays, elles justifient l'intégration explicite des avantages liés à la fiabilité dans l'évaluation des investissements et, par conséquent, dans les cadres politiques.

La diversité des exigences exprimées par les usagers en la matière ne permet pas d'intégrer la fiabilité sous la forme d'une simple majoration dans l'évaluation des projets

Il est difficile d'attribuer une valeur générale à la fiabilité, car elle varie en fonction du projet, de l'endroit, de l'utilisateur et du temps. Il s'est avéré que la valeur de l'amélioration de la fiabilité était négligeable dans un des projets étudiés, mais qu'elle augmentait de 25 % le mieux-être apporté par les gains de temps réalisés, dans un autre projet. Il importe de souligner le caractère « granulaire » de la fiabilité, à laquelle différentes valeurs sont accordées selon l'utilisateur, le moment et le motif de déplacement.

Étant donné que la demande de fiabilité varie sensiblement d'un usager, d'un produit, d'un endroit et d'une entreprise à l'autre, il ne servirait pas à grand-chose, voire à rien, d'attribuer une valeur monétaire unique à la fiabilité dans l'évaluation d'un projet, une fourchette étant nécessaire pour représenter les principales catégories d'usagers dans chaque cas. Les praticiens ne doivent pas partir du principe que des valeurs utilisées dans une étude sont aisément transposables à un autre projet de nature différente.

Il importe en outre d'éviter, lors de la prise en compte de la fiabilité dans l'évaluation des projets, les doubles comptages qui pourraient se produire si une valeur approximative de la fiabilité a déjà été intégrée dans la valeur normalisée du temps retenue pour évaluer les gains de temps moyens.

Il convient d'utiliser avec prudence les objectifs de fiabilité, en faisant la distinction entre le point de vue de l'exploitant et le point de vue de l'utilisateur

Les objectifs de fiabilité et les indicateurs de performance en matière de services et d'infrastructures peuvent faciliter le débat entre les usagers, les exploitants et les décideurs sur les niveaux de fiabilité appropriés. La fixation d'objectifs peut toutefois être source de distorsions, car elle peut occulter d'autres caractéristiques du service qui peuvent être d'égale ou de plus grande importance. En outre, elle tend invariablement vers un niveau moyen de fiabilité qui ne reflète pas la diversité de la demande de fiabilité.

Il faut aussi faire des compromis. Un gestionnaire d'infrastructures ferroviaires peut ainsi améliorer la fiabilité en réduisant le nombre de trains qu'il exploite. L'amélioration de la fiabilité pourrait alors se faire au prix d'un allègement des grilles horaires et d'un surencombrement des trains. Les objectifs de fiabilité doivent être soigneusement coordonnés avec d'autres indicateurs clés de performances. Les gestionnaires de réseaux peuvent être enclins à privilégier, plus qu'il n'est économiquement justifié, les trains de voyageurs sur les trains de marchandises, si les trains de voyageurs sont les seuls à devoir se conformer à des normes de performance. Les objectifs doivent donc refléter les points de vue tant du réseau que de l'utilisateur. Pour le responsable du réseau, l'accent est mis sur la vulnérabilité du réseau ou les performances d'exploitation, tandis que pour l'utilisateur, les préoccupations portent sur la variabilité du temps de parcours. Les incitations créées en rapport avec d'autres objectifs politiques et l'efficacité générale du système de transport doivent être réexaminées régulièrement.

NOTE DE SYNTHÈSE

Nous avons tous, ou presque, été victimes un jour d'une défaillance des transports, un retard imprévu nous faisant rater notre train ou arriver en retard à l'école ou au travail. La fiabilité est un paramètre clé de la mobilité, qu'elle ait des finalités professionnelles ou sociales ou soit motivée par la livraison de marchandises. Or, un examen des politiques dans l'OCDE et le FIT révèle que peu de pays intègrent explicitement la fiabilité dans l'élaboration des politiques de transport. Le présent rapport vise à offrir aux décideurs un cadre de compréhension de la fiabilité, de prise en compte de ces questions dans l'évaluation des projets et de définition des politiques de gestion de la fiabilité.

L'économie de la fiabilité

La fiabilité est unanimement considérée comme une caractéristique souhaitable d'un réseau de transport. La définition de la notion ne fait cependant pas l'unanimité, alors qu'elle a des implications majeures en termes d'action. D'un point de vue technique, un système fiable est un système qui remplit ses fonctions dans des conditions et pendant une durée déterminées. Selon cette définition, un réseau routier embouteillé aux heures de pointe, sur lequel la vitesse tombe à 20 kilomètres/heure, pourrait être considéré comme non fiable ou fiable à 50 %, en fonction des conditions déterminées.

Une autre définition de la fiabilité fait appel à la notion de *prévisibilité*. Dans ce contexte, un réseau routier encombré sur lequel les vitesses seraient constantes quels que soient l'heure de la journée et le jour de la semaine, et seraient donc prévisibles, pourrait être considéré comme très fiable. Quoique les deux interprétations soient valables, la présente étude s'appuiera sur la seconde.

Comme toute caractéristique souhaitable d'un réseau de transport, la fiabilité a un prix. Elle est soumise aux règles classiques de l'offre et de la demande : plus le prix est élevé, plus la quantité offerte est importante, mais plus la quantité demandée est faible. À l'inverse, plus le prix est bas, plus la demande est forte. Pour les décideurs, le défi à relever se situe sur deux plans. Le premier consiste à élaborer des mécanismes institutionnels influant sur le marché de la fiabilité. En effet, un cadre législatif destiné à prévenir les discriminations entre les usagers du système de transport pourrait empêcher une différenciation des services en termes de fiabilité. Le deuxième consiste à prendre en compte la fiabilité dans l'évaluation des projets publics d'infrastructures de transport.

En d'autres termes, le rôle des pouvoirs publics est double : favoriser un marché de la fiabilité et intégrer la fiabilité dans l'évaluation des projets d'infrastructures de transport. Concernant le premier de ces rôles, il importe de noter que la fiabilité, en tant que caractéristique du service, est souvent associée avec d'autres caractéristiques telles que la rapidité, le confort et le coût, ce qui rend très difficile l'isolement d'un marché de la fiabilité à part entière.¹

Un point important découlant de ce qui précède est qu'il n'existe de marché explicite de la fiabilité que si deux services se distinguant avant tout par leur niveau de fiabilité sont assurés en parallèle. Si ce n'est pas le cas, il est extrêmement difficile d'estimer de façon fiable la valeur accordée à la fiabilité par les usagers du réseau.²

Dans l'idéal, les incitations du marché non seulement favoriseraient un niveau de fiabilité performant, mais permettraient aussi de faire peser la charge de la fiabilité sur la partie capable de l'assumer à moindre coût.³ Ce point est également étudié dans le présent rapport.

La prise en compte de la fiabilité dans les analyses coûts-avantages est de toute évidence souhaitable, mais elle est aussi difficile. Les valeurs accordées à la fiabilité varient d'un projet à l'autre. L'utilisation d'une valeur incorrecte pourrait donner un plus mauvais résultat que si la fiabilité n'était tout simplement pas évaluée. L'analyse coûts-avantages, qui repose sur un ensemble de principes économiques rationnels, est le fruit d'une évolution de plus d'un siècle et il est peu probable qu'elle puisse être perfectionnée valablement du jour au lendemain. Cependant, le présent rapport fait largement progresser la définition de la méthode à suivre pour intégrer la valeur de la fiabilité dans l'évaluation des projets et recense par ailleurs les écueils éventuels à éviter.

La demande de fiabilité augmente

L'évolution de la structure des activités commerciales et de la mobilité individuelle a accru l'importance de la fiabilité du système de transport. Des réseaux et services de transport fiables sont nécessaires, en raison de chaînes d'approvisionnement plus complexes et interdépendantes, ainsi que d'une programmation également de plus en plus complexe des activités. Le mode matériel de fonctionnement de l'économie a changé, et cette évolution est à la fois conséquence et moteur d'une amélioration du système de transport.

La productivité des transports a nettement augmenté, au plus grand profit des entreprises qui ont pu spécialiser leur production à l'échelle mondiale et généraliser la gestion de la production et de la distribution en flux tendus. Un des aspects de ces gains de productivité est la réduction des temps de parcours qui a élargi le marché des biens et des services, et multiplié les possibilités d'interaction entre les entreprises. L'intensification des interactions entre les entreprises ne donne que plus de valeur à la fiabilité. Le temps est devenu le facteur déterminant dans les systèmes de production éclatés qu'on connaît aujourd'hui, la livraison à l'heure des pièces ayant remplacé la gestion traditionnelle des stocks. Cette évolution a facilité et accompagné l'extension du rayon d'action des entreprises. Les multinationales se sont regroupées sur des sites plus vastes, mais moins nombreux, au rythme de la mondialisation de l'économie. Le renforcement des relations commerciales aux niveaux national et international, ainsi que l'accroissement des transports de marchandises, se sont traduits par une augmentation des volumes, acheminés sur de plus longues distances et selon des schémas de plus en plus complexes et incontestablement interdépendants. Cette interdépendance est tributaire de la fiabilité des transports.

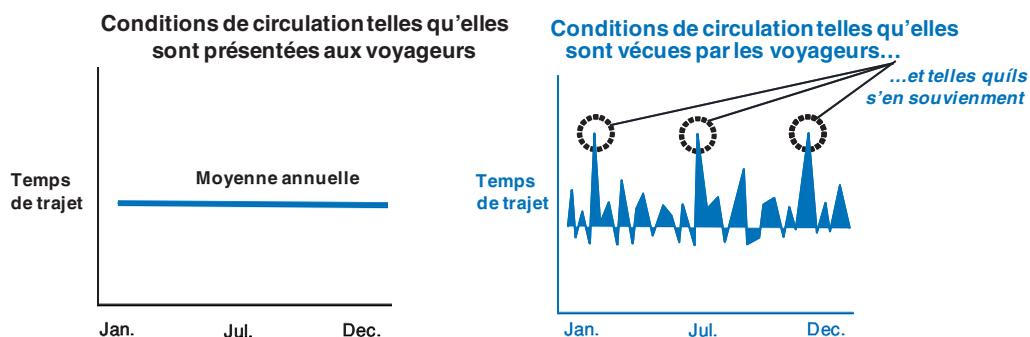
Les modes de vie se transforment également. L'évolution des structures de l'emploi, l'augmentation du revenu disponible, le développement des offres de loisirs et l'allongement du temps libre ont complexifié la mobilité individuelle à finalités tant professionnelles que sociales. La diversité et la dispersion géographique des activités ont entraîné une plus grande utilisation des systèmes de transport et une plus forte dépendance à leur fiabilité pour éviter que les retards ne se répercutent en cascade sur un calendrier d'activités chargé. L'importance croissante accordée à l'emploi du temps dans la vie privée fait écho à la gestion des livraisons en flux tendus pratiquée dans le commerce.

La programmation des activités de transport de personnes et de marchandises ayant acquis une importance accrue, le manque de fiabilité dans les transports a des répercussions de plus en plus lourdes sur les activités en aval. Compte tenu de l'évolution constatée de la demande, on attend de plus en plus des transports qu'ils offrent une grande fiabilité.

Le manque de fiabilité contrarie les voyageurs

Le manque de fiabilité rend les voyages pénibles et engendre du stress. Le sentiment de se déplacer sans pouvoir maîtriser son temps place le voyageur dans une situation d'impuissance qui, comme toute expérience désagréable, reste en mémoire. Par le passé, les voyageurs étaient souvent informés sur les conditions de circulation à l'aide de simples moyennes (graphique de gauche sur la figure ES1). Or, la plupart d'entre eux vivent et se rappellent l'événement d'une manière bien différente d'une simple moyenne du temps de parcours quotidien (graphique de droite sur la figure ES1). Les usagers peuvent avoir une perception très négative des retards imprévus, ce qui assombrit le tableau qu'ils dressent de leur expérience.

Figure ES1. Perception des conditions de circulation par les voyageurs



Source : FHWA (2006).

Le manque de fiabilité se paie

Lorsque la performance est irrégulière, les usagers du réseau n'ont parfois d'autre choix que d'accepter les conséquences des retards, bien que ceux-ci puissent avoir un effet de vague ou, pire, un effet boule de neige (cumulatif ou croissant) touchant d'autres activités ou maillons de la chaîne personnelle ou logistique, et constituant ainsi un coût pour les personnes concernées.

L'effet de vague associé aux retards rappelle de façon importante que de nombreux programmes individuels sont interdépendants. Le retard pris en un point du programme d'activité d'une personne peut se traduire par des retards dans les tâches ultérieures, qu'elles soient liées ou non à la première. De même, bien que les chaînes logistiques soient conçues de manière à réduire leur vulnérabilité aux événements ponctuels, tout retard dans une expédition donnée peut se répercuter sur l'ensemble de la chaîne. De fait, la tâche de transport faisant partie de la chaîne, toute rupture à son niveau constitue une rupture de toute la chaîne. Un téléviseur qui ne contient que 99 de ses 100 composants est un appareil incomplet qui ne peut être ni expédié, ni vendu.

Les coûts de la non-fiabilité peuvent être égaux à ceux de la congestion. S'il convient de garder à l'esprit que les résultats ne sont pas transposables d'un lieu à un autre, il est néanmoins important de noter l'existence d'éléments permettant d'affirmer que les coûts de la non-fiabilité occasionnent environ la moitié des coûts sous-jacents des retards.

La prévisibilité du temps de parcours est la caractéristique essentielle de la fiabilité

Dans le présent rapport, la fiabilité est définie comme suit :

Capacité du système de transport à offrir la qualité de service escomptée, en fonction de laquelle les usagers ont organisé leurs activités.

Le mot-clé est « escomptée ». Selon cette définition, la fiabilité peut être améliorée soit en offrant un meilleur niveau de fiabilité, soit en modifiant les attentes concernant le niveau de fiabilité. En d'autres termes, l'imprévisibilité (ou irrégularité) des performances du réseau est la caractéristique définissant le manque de fiabilité. Plus les performances sont aléatoires (moins elles sont prévisibles), plus il est difficile pour l'utilisateur de se prémunir contre les retards.

Le temps de parcours moyen entre deux lieux intègre à la fois les retards prévus et les retards imprévus. On part de l'hypothèse que l'utilisateur du réseau tient compte des retards prévus dans son temps de parcours en prévoyant une marge. Il lui est en revanche plus difficile et coûteux de tenir compte des retards imprévus, qui entraînent une augmentation du temps de parcours prévu.

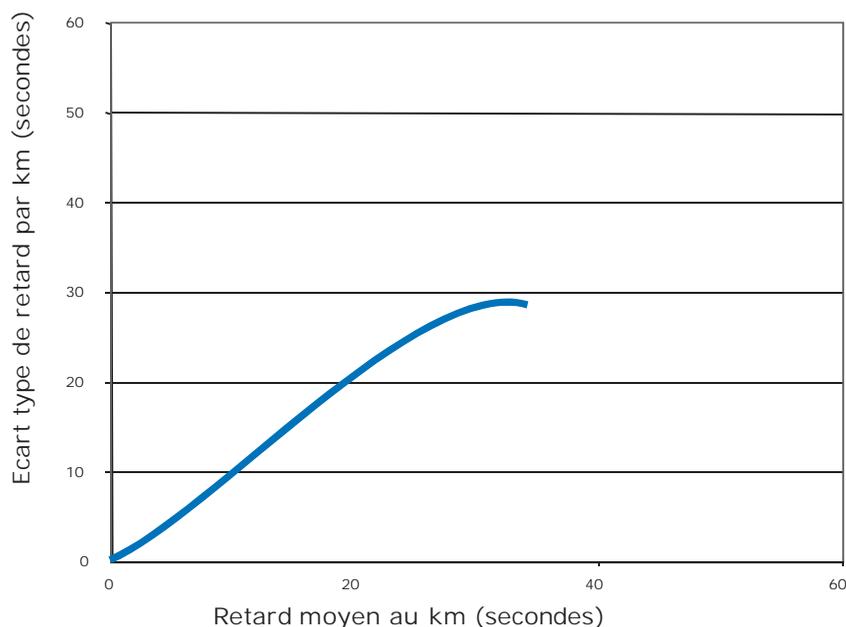
Par ailleurs, les perturbations à l'origine des retards peuvent être « récurrentes » (embouteillages aux heures de pointe en semaine) ou « non récurrentes » (collisions et intempéries ou autres phénomènes naturels). Fondamentalement, le degré de récurrence d'un phénomène renseigne sur sa prévisibilité.

Les termes « non-fiabilité » et « congestion » sont souvent employés indifféremment. Il ressort toutefois de ce qui précède que la fiabilité ne fait pas forcément défaut à un réseau encombré. La non-fiabilité fait référence au caractère imprévu des retards et une route encombrée n'est donc pas nécessairement peu fiable, car le temps de parcours entre deux points de cette route peut être relativement prévisible.

Ceci dit, la congestion augmente la probabilité de non-fiabilité : lorsque la circulation s'intensifie, les retards dus à des perturbations légères tendent à s'accroître plus que proportionnellement. Ce phénomène est illustré par l'exemple d'une autoroute britannique (voir figure ES2 ci-dessous) sur laquelle il existe une corrélation évidente entre congestion et fiabilité tant que l'ampleur de la première ne dépasse pas un certain seuil. Il n'a pas été pour autant possible de dire si la variabilité du temps de parcours était ou non prévisible.

La distinction entre non-fiabilité et congestion est importante en raison d'implications différentes en termes d'action. Il est toutefois également admis que les mesures prises pour remédier à la congestion peuvent améliorer la fiabilité et que, de la même manière, les mesures prises pour améliorer la fiabilité peuvent réduire la congestion. Par exemple, de nombreux goulets d'étranglement dans les chaînes d'approvisionnement internationales se situent dans des zones urbaines encombrées. La réduction de la congestion sur les liaisons entre les ports et leur arrière-pays peut aussi améliorer la fiabilité de la chaîne logistique tout entière. Des chevauchements sont possibles.

Figure ES2. **Relation entre fiabilité (en ordonnée) et congestion (en abscisse) sur l'autoroute M42 (Royaume-Uni)**



Source : Mott MacDonald (2009).

Le manque de fiabilité a des causes multiples dont chacune exige un traitement particulier

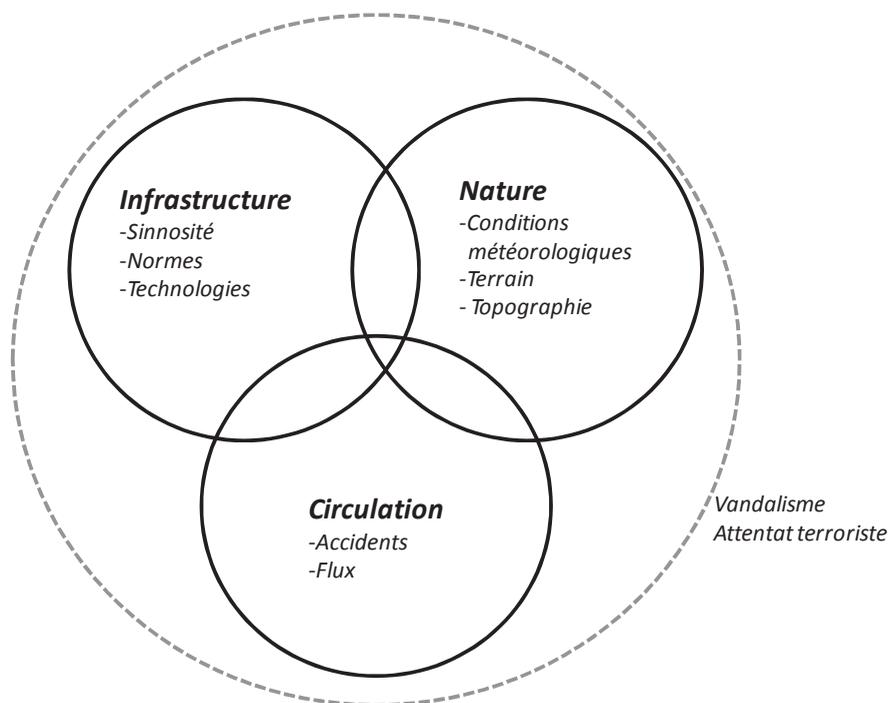
Le manque de fiabilité peut résulter de diverses activités relevant de l'utilisateur ou du responsable du réseau d'infrastructures de transport. Ses principales causes s'articulent autour de deux axes :

- Événements imprévus au niveau de la demande :
 - interactions imprévisibles entre les usagers (congestion),
- Événements imprévus au niveau de l'offre :
 - incidents de circulation (accidents ou pannes de véhicules) ;
 - phénomènes naturels (inondations ou tremblements de terre) ;
 - entretien du réseau (à l'origine d'une réduction provisoire de l'offre) ;
 - mauvaise gestion de l'offre d'infrastructures, y compris inadéquation éventuelle des programmes d'entretien.

La mauvaise gestion des réseaux routiers et ferroviaires peut renforcer d'autres sources du manque de fiabilité. Une route où la circulation est fluide peut ne pas être fiable si le réseau est mal géré ; de même, la mauvaise gestion d'une route encombrée peut magnifier son manque de fiabilité. Cette observation est rendue dans la figure ES3 par l'intersection des cercles représentant les principales sources du manque de fiabilité.

La figure ci-dessous illustre l'interdépendance des diverses sources du manque de fiabilité. Ainsi, une infrastructure conçue selon des normes peu exigeantes risque davantage de présenter un manque de fiabilité en raison d'un phénomène naturel qu'une infrastructure répondant à des normes sévères. Cela ne veut pas dire qu'il faille systématiquement appliquer des normes élevées pour la construction des infrastructures, les conditions qui règnent en matière de probabilités de perturbation et de volume de trafic pouvant parfaitement se prêter à la construction d'infrastructures reposant sur des normes relativement peu exigeantes.

Figure ES3. **Interdépendance des principales sources du manque de fiabilité**



Source : tiré de Husdal J. (2004).

En définitive, les questions de fiabilité sont étroitement liées au lieu et au moment, ce qui influe sur les solutions envisageables pour gérer le problème, et sur la mesure dans laquelle les coûts et les avantages peuvent être extrapolés d'une situation à une autre.

Les usagers des réseaux mettent au point des stratégies pour pallier le manque de fiabilité

Les particuliers et les entreprises victimes de la dégradation de la fiabilité réagissent de plusieurs manières. Afin d'atténuer le risque d'arriver en retard à destination, les usagers prévoient plus de temps pour effectuer le trajet (ils se ménagent une « marge de sécurité » ou, plus simplement, une « marge »). En pratique, cela suppose de partir plus tôt pour être sûr d'arriver à l'heure. Les entreprises et les responsables de la logistique s'adaptent en modifiant leur mode de fonctionnement ou en constituant des stocks tampons de marchandises. Les livraisons peuvent se faire en dehors de la journée et des heures de pointe, et les livraisons en soirée ou la nuit se sont multipliées. Certaines entreprises utilisent également davantage les dépôts régionaux, tandis que d'autres repensent leur logistique en établissant des plans de gestion active des transports. Le recours accru à la télématique embarquée, aux logiciels de guidage et aux solutions globales de gestion de la flotte a facilité les adaptations face à l'encombrement croissant

des infrastructures. La réduction de l'impact des retards sur le coût et la qualité de la logistique est devenue une compétence fondamentale des responsables du fret et de la logistique.

Toutes ces stratégies ont cependant un coût. Partir plus tôt pour être sûr d'arriver à l'heure oblige les usagers à sacrifier du temps qu'ils auraient pu consacrer à des activités plus productives. Gérer un stock supplémentaire de marchandises « au cas où » suppose un coût d'investissement, en termes d'installations de stockage et de financement des stocks.

Les pouvoirs publics ont entrepris le suivi et la fixation d'objectifs en matière de fiabilité

La première chose à faire pour saisir l'importance de la fiabilité est d'effectuer un suivi. Plusieurs pays ont étudié des méthodes permettant un suivi de la fiabilité. L'exercice se divise en deux volets distincts : le suivi de la fiabilité du service et la fixation d'objectifs par rapport auxquels la performance réelle du prestataire de services est comparée.

Un examen des indicateurs de fiabilité existants laisse penser que ce suivi a pour objet de vérifier les performances et la qualité des prestations de transport.

Les objectifs de performance sont fixés pour trois raisons principales :

- La fiabilité est une caractéristique importante du service dans le secteur des transports.
- Les services auxquels des objectifs sont associés concernent souvent des offres monopolistiques financées par les contribuables. Les pouvoirs publics ont donc intérêt à ce que les services assurés soient attractifs et performants.
- Les objectifs de fiabilité sont importants pour engager le débat entre les décideurs, les exploitants, les responsables et les usagers sur une offre de service d'un niveau performant.

La plupart des objectifs de fiabilité existants ont été mis en place dans le secteur ferroviaire, un mode de transport qui s'efforce d'exercer ses activités en fonction d'horaires stricts. La fixation d'objectifs est de pratique courante dans un département voyageurs. La programmation d'horaires d'arrivée permet de fixer facilement ce type d'objectifs (comparaison des heures réelles et prévues d'arrivée) et le prestataire de services est en règle générale considéré comme un monopole. Dans la mesure où le prestataire est perçu comme un monopole, les pouvoirs publics surveillent généralement la qualité de la prestation en fixant des normes de performance et en contrôlant le respect, l'objectif à atteindre introduisant une certaine responsabilisation à cet égard. Des données sur la fiabilité du service sont essentielles pour assurer ce contrôle. L'approche est semblable dans le domaine de l'aviation, où l'examen des statistiques de ponctualité des vols est un premier indicateur pour un suivi réglementaire et politique.

Les autorités réglementaires et les pouvoirs publics rendent souvent publiquement compte de la performance réelle du service et de la performance par rapport aux objectifs, afin de responsabiliser les prestataires et de les encourager implicitement à améliorer leurs services. La publication de ces informations peut également permettre aux usagers, en leur donnant une idée de la qualité des services, de se ménager des marges suffisantes pour pallier les retards éventuels.

Certains des indicateurs de fiabilité actuellement disponibles présentent plusieurs défauts :

- **Regroupement des usagers** : la plupart des indicateurs de fiabilité existants portent sur les critères de performance de l'ensemble du réseau et non sur la satisfaction des besoins des

usagers, c'est-à-dire sur le fait de savoir si chaque usager bénéficie véritablement de services fiables.

- **Lissage dans le temps** : les indicateurs ne montrent habituellement que des moyennes annuelles globales et masquent par conséquent des variations à plus court terme de la qualité de service.
- **Communication de données partielles** : d'une façon plus générale, la majorité des indicateurs existants ont été conçus à l'origine pour que l'information remonte vers les responsables de réseaux et non pour mesurer la perception que les usagers finaux ont de la fiabilité. Aussi les indicateurs peuvent-ils communiquer des renseignements d'ordre opérationnel, comme les horaires d'arrivée des trains de marchandises, et non ceux intéressant au premier chef les clients, comme la prévisibilité des horaires d'enlèvement ou de livraison.

Comme il a été souligné précédemment, la présente étude a révélé qu'il n'existait pas, en dépit de son importance évidente, de vision explicite de ce qu'*est* précisément la fiabilité du temps de parcours, ni de consensus sur la façon dont elle doit être suivie. Comme il existe plusieurs définitions de la fiabilité du temps de parcours, une multitude d'indicateurs pertinents sont disponibles. Les risques associés à la fixation d'objectifs (ou la difficulté à établir des objectifs au meilleur coût) sont incontestablement mal cernés : des objectifs trop ambitieux peuvent fausser les décisions de gestion souhaitables, tandis que des objectifs trop modestes peuvent provoquer un relâchement trop marqué de la qualité des prestations.

L'amélioration de la fiabilité par la fixation d'objectifs spécifiques impose également certains compromis. Un opérateur ferroviaire peut ainsi améliorer la fiabilité en réduisant le nombre de trains de voyageurs qu'il exploite. Cette amélioration se fait alors au prix d'une diminution de la fréquence et d'une augmentation du taux d'occupation des trains. De même, les gestionnaires de réseaux peuvent être enclins à privilégier, plus qu'il n'est économiquement justifié, les trains de voyageurs sur les trains de marchandises, si les trains de voyageurs sont les seuls à devoir se conformer à des normes de performance.

Un petit nombre de pays ont intégré la fiabilité dans les analyses coûts-avantages de leurs projets, mais ne sont toujours pas parvenus à rendre compte de la diversité dans leurs évaluations de la fiabilité

Les études de cas examinées dans le présent document montrent que certains projets sont spécifiquement réalisés pour améliorer la fiabilité. Il existe cependant très peu de cas où la fiabilité est formellement intégrée dans l'analyse coûts-avantages (et donc dans la prise de décisions). La plupart des évaluations de projets existantes n'attribuent pas de valeur monétaire à la fiabilité, même si les principes qui président au processus décisionnel font entrer la fiabilité en ligne de compte.

La plupart des projets d'investissement dans les transports qui ont été évalués visent essentiellement à améliorer la sécurité et les temps de parcours. Cette amélioration des temps de parcours est habituellement mesurée en gains de temps. La prise en compte de la fiabilité oblige à scinder ces gains de temps en réduction des temps de parcours et en amélioration de la fiabilité (réduction des marges de sécurité). Une valeur monétaire est ensuite attribuée au temps. La valeur des temps de parcours et des marges de sécurité varie, dans des proportions qui peuvent être élevées, selon l'utilisateur, le motif de déplacement et le lieu.

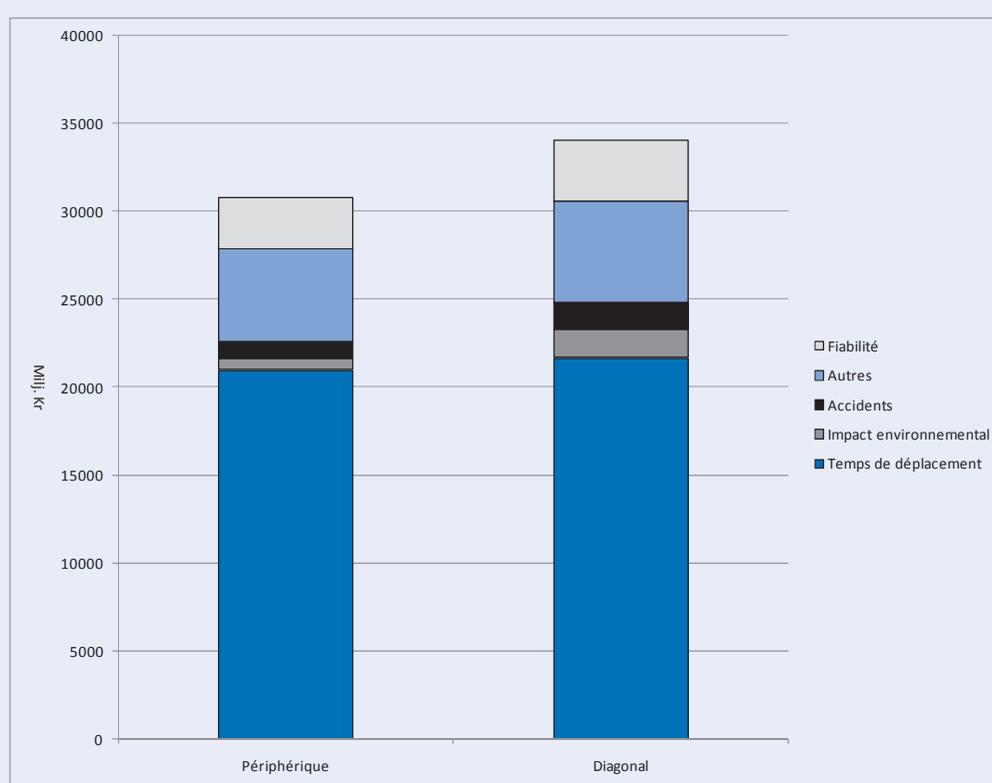
Quelques évaluations de projets intègrent bel et bien la fiabilité, dans un petit nombre de pays (Royaume-Uni, Pays-Bas, Danemark, Nouvelle-Zélande, Norvège et Suède). Cependant, les valeurs qui attribuées sont toujours identiques pour tous les usagers. Cette approche n'est pas idéale parce que la valeur de la fiabilité est nécessairement très « granulaire », c'est-à-dire différente d'un usager à l'autre. Il

importe donc de faire varier la valeur selon le mode de transport et le motif de déplacement. L'attribution d'une valeur approximative ou, pire, unique à la fiabilité, fausse les résultats, en particulier si elle ne varie pas en fonction du lieu.

Encadré ES1. Liaison routière nord-sud à Stockholm (Suède)

L'analyse coûts-avantages d'une liaison routière nord-sud proposée à Stockholm (Suède) comprend une estimation des avantages en termes de fiabilité. Le graphique ci-dessous résume les résultats de l'évaluation coûts-avantages d'un contournement routier de Stockholm, ainsi que d'un autre projet, la diagonale Ulvsunda. L'inclusion de la fiabilité dans les calculs a fait ressortir une augmentation de 12 % - 13 % des avantages pour l'utilisateur.

Figure. Avantages du contournement de Stockholm et de la diagonale Ulvsunda



Source : Transek (2006).

Optimiser la fiabilité

À l'heure actuelle, il n'est généralement pas tenu compte de la fiabilité lors de l'évaluation d'un projet. Ainsi, l'évaluation n'impute pas à un projet d'investissement en infrastructures le mérite d'avoir fiabilisé des temps de parcours, au lieu d'avoir réduit le temps de parcours moyen.

Pour évaluer le poids de la fiabilité dans les analyses coûts-avantages, il importe de mesurer à la fois le temps de parcours moyen et la variabilité du temps de parcours. L'évaluation est dépourvue de fondement concret si elle n'opère pas une mesure distincte de ces deux éléments, même s'il est affirmé que le projet améliore effectivement la fiabilité.

La prise en compte de la fiabilité requiert trois paramètres de données :

1. Fiabilité effective du temps de parcours, exprimée en minutes.
2. Niveau de fiabilité escompté, exprimé en minutes, après intervention.
3. Valeur monétaire de la fiabilité, ventilée à différents niveaux de granularité.

Pour intégrer la fiabilité dans l'évaluation des projets, le présent rapport propose que l'amélioration du temps de parcours soit scindée en réduction du temps de parcours pur et en réduction de la marge de sécurité (ou d'une autre mesure temporelle de la fiabilité) à *ses différents niveaux de granularité*. La modification des gains de temps est alors égale au gain de temps de parcours pur multiplié par la valeur monétaire du temps, plus la modification du temps de « marge » multipliée par la valeur monétaire de la fiabilité.

Les gains de temps moyens doivent être scindés en réduction du temps de parcours et en réduction de la variation du temps de parcours. En effet, il convient de connaître ces deux éléments. Une évaluation des catégories de voyageurs empruntant la liaison permettrait alors d'attribuer des valeurs correctes à ces éléments. Cette dissociation permettra aux planificateurs d'identifier les niveaux relatifs d'amélioration de la fiabilité.

En outre, les analyses coûts-avantages *ex ante* devront prendre en compte l'évaluation des effets escomptés des politiques sur la fiabilité. La question reste mal étudiée, mais l'exercice obligera sans doute à améliorer quelque peu les outils et modèles utilisés pour prévoir l'évolution du trafic. En principe, ceux-ci devraient permettre d'estimer les modifications des écarts types des temps de parcours sur les liaisons et de modéliser l'influence de ces variables sur la demande de mobilité et l'utilisation des réseaux.

La fiabilité étant affaire de lieu, d'usager et de temps, les évaluations doivent avant tout éviter de recourir à une valeur unique de la fiabilité ou de répliquer cette opération, ou bien d'appliquer à un autre projet une valeur qui a déjà été utilisée dans une étude. Chaque projet est unique en ce qui concerne la structure des catégories d'usagers et la répartition entre temps et fiabilité.

Choisir les solutions en matière de fiabilité en fonction de leur rentabilité

Le défi politique essentiel est de créer des régimes d'incitation encourageant le choix de la solution de fiabilité la plus rentable, c'est-à-dire celle qui permet d'obtenir une amélioration donnée de la fiabilité à moindre coût. L'objectif est qu'elle soit choisie à la place des solutions moins rentables, indépendamment du fait que la responsabilité de ce choix revienne au responsable du réseau ou à l'usager. Ainsi pourrait-on imaginer, dans le cadre d'un projet d'amélioration de la fiabilité, qu'il serait plus rentable que les chargeurs tiennent des stocks plus importants au lieu que le responsable du réseau investisse davantage dans les infrastructures.

Lorsqu'il s'agit de prendre la fiabilité en compte dans les études d'impact des politiques, seul un cadre d'analyse coûts-avantages offre la cohérence nécessaire pour évaluer l'impact sociétal de l'action des pouvoirs publics sous l'angle de ses effets positifs ou négatifs sur la fiabilité.

Opérer une distinction entre les points de vue de l'exploitant et de l'usager

En ce qui concerne l'élaboration des politiques, il importe de déterminer ce que l'exploitant et l'usager pensent de la fiabilité et d'en rendre compte. Le mode de mesure et de présentation de la fiabilité

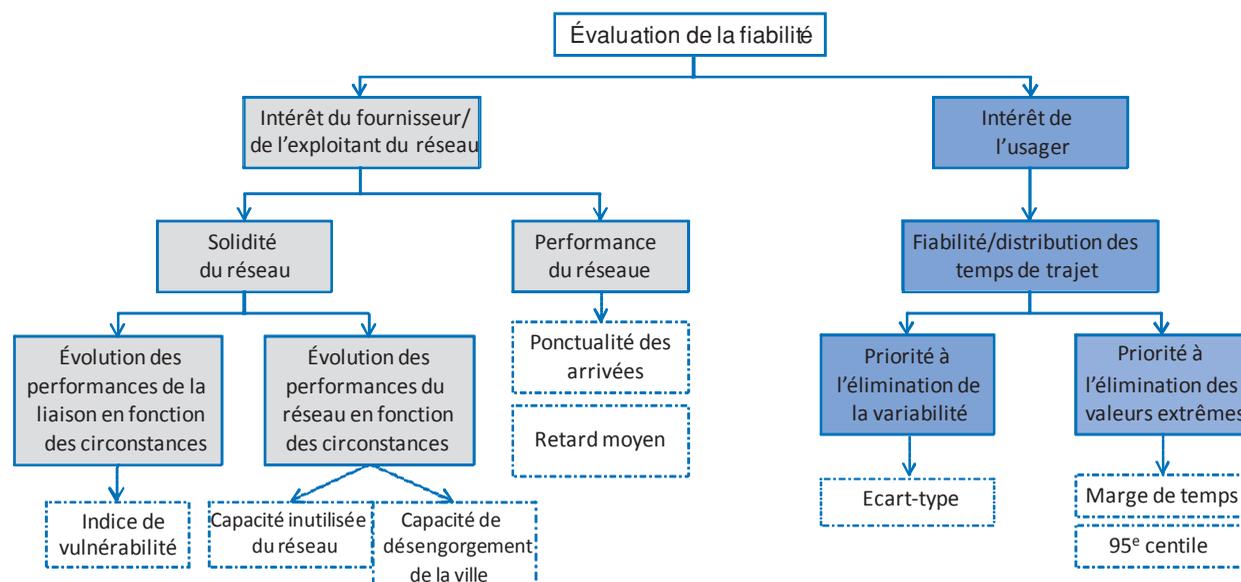
constitue en soi un signal politique. De même, meilleure est l'information dont les autorités réglementaires disposent sur l'opportunité des objectifs de fiabilité, meilleure est la politique correspondante.

Les indicateurs de performance se répartissent clairement en deux catégories groupant, pour l'une, les indicateurs de qualité des *exploitants* (ce qu'ils offrent et planifient) et, pour l'autre, les indicateurs de perception des *usagers* (comment ils réagissent à ce qui se passe sur le réseau). Il est recommandé d'opérer une distinction entre ces deux catégories d'indicateurs de fiabilité.

1. *Le responsable ou l'exploitant* du réseau s'intéresse à :
 - La solidité ou la vulnérabilité du réseau, une autre distinction étant à opérer entre les indicateurs de performance de la liaison, d'une part, et du réseau, d'autre part, et ce dans des conditions variables.
 - Les performances d'exploitation du réseau, l'accent étant mis sur les indicateurs propres à retracer les performances du réseau en termes d'écart par rapport à la qualité de service escomptée ou convenue.
2. *L'utilisateur* du réseau met l'accent sur :
 - La variabilité du temps de parcours telle qu'il la perçoit, un paramètre qui lui procure des renseignements utiles pour la planification de ses déplacements ; une autre distinction est à faire entre les indicateurs représentatifs de la variabilité générale du temps de parcours, d'une part, et de l'élimination des retards imprévus à caractère extrême, d'autre part.

Cette analyse des indicateurs existants permet de schématiser les différentes finalités des combinaisons d'indicateurs comme indiqué ci-dessous (figure ES4). Sa principale conclusion est qu'il est extrêmement important de tenir compte du point de vue tant du responsable du réseau que de l'utilisateur, car chacun a des implications différentes en termes d'action.

Figure ES4. Sens donné à la fiabilité par le responsable du réseau et par l'utilisateur



Nouveau cadre d'action

De nombreux instruments et techniques existants peuvent être utilisés, séparément ou en association, pour améliorer la fiabilité du réseau de transport. Les quatre principales solutions politiques de gestion de la fiabilité sont les suivantes :

- Augmentation physique de la capacité.
- Amélioration de la gestion de la capacité.
- Élaboration de mécanismes de tarification pour mettre en place un marché de la fiabilité.
- Mise en œuvre de systèmes d'information destinés à atténuer les conséquences néfastes du manque de fiabilité (c'est-à-dire à réduire ses coûts), plutôt qu'à réduire sa fréquence.

Bien qu'en général ces solutions ne soient pas nécessairement interchangeables, chacune doit néanmoins faire l'objet d'une analyse coûts-avantages.

Augmentation physique de la capacité

Concernant l'offre, la conception et la construction d'infrastructures peuvent intégrer des solutions en matière de fiabilité. L'amélioration de la fiabilité sur le plan de l'offre se traduit par une réduction de la probabilité de perturbations imprévues du service. Il existe de nombreux moyens d'accroître la capacité en développant les infrastructures : modernisation et ajout de lignes, expansion de l'offre de services de transport dans les corridors et aux points de transit, construction de nouvelles voies d'autoroute, amélioration des tracés et construction de nouvelles lignes et gares de chemin de fer.

Il est possible aussi de bâtir des infrastructures selon des normes qui réduisent les besoins d'entretien ou améliorent la solidité de la capacité. Il convient de noter que ces solutions de construction du patrimoine, sur le plan de l'offre, sont mises en œuvre avant que des incidents ne surviennent. C'est pourquoi l'adaptabilité de l'infrastructure est un point essentiel.

Encadré ES2. Ligne côtière est au Royaume-Uni

La ligne côtière est au Royaume-Uni s'étend sur 632 km de Londres à Edimbourg, avec une branche de 48 km de Doncaster à Leeds. Les investissements ont été réalisés à un niveau de qualité inférieur par rapport à d'autres lignes du pays. En particulier, des économies ont été faites sur la fréquence des nœuds et la tension des câbles électriques d'alimentation. En conséquence, la ligne est relativement vulnérable au déplacement des raccordements par le vent.

La qualité et la fiabilité de l'alimentation électrique sont source de préoccupations. Ceci a un impact sur les performances, sous deux formes. Premièrement, à titre de précaution, les trains à traction électrique sont ralentis les jours de grand vent, ce qui retarde tous les trains sur la ligne et, deuxièmement, si les câbles se détachent, il peut se produire une suite sans fin de retards et d'annulations jusqu'à ce que le câblage soit réparé.

Une solution pour réduire la vulnérabilité de la ligne aux dommages causés par le vent serait d'ajouter des supports (ou de les réespacer) sur les sites où le câblage est le plus vulnérable. Cependant, étant donné que la partie nord de la ligne est exposée aux grands vents nord-est de la côte nord sur une longueur importante, cette mesure pourrait être extrêmement coûteuse.

Source : *East Coast Main Line*, www.absoluteastronomy.com/topics/East_Coast_Main_Line#encyclopedia

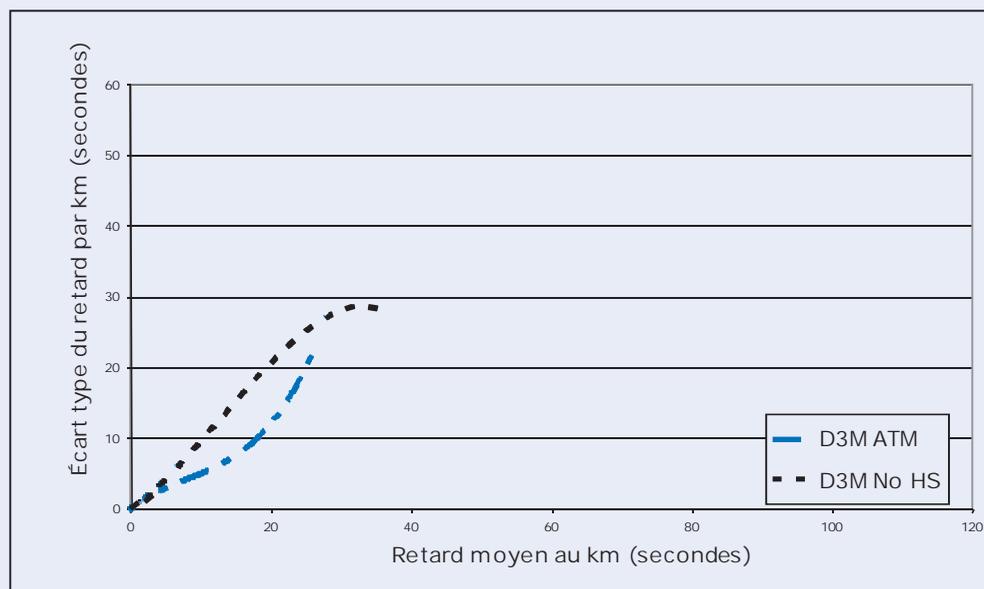
La création d'une nouvelle capacité est une entreprise coûteuse, longue à réaliser et souvent politiquement difficile, alors qu'il est possible d'améliorer la fiabilité de manière plus rentable en fixant des niveaux plus élevés pour les réseaux et en agissant sur la solidité de la capacité. On croit trop souvent que l'unique solution consiste à fournir une capacité supplémentaire, alors qu'elle devrait être considérée comme une simple solution parmi d'autres.

Encadré ES3. Exploitation des bandes d'arrêt d'urgence des autoroutes (Royaume-Uni)

Depuis la fin 2005, la direction britannique des routes permet l'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence d'une section de 16 kilomètres de l'autoroute M42, aux heures de plus fort encombrement. La vitesse limite est alors abaissée de 110 km/h à 80 km/h, et peut être réduite à 60 km/h en fonction des conditions d'exploitation. L'autorité a également envisagé les bénéfices éventuels d'une limitation de vitesse à 100 km/h lorsque la bande d'arrêt d'urgence est utilisée. Pour fournir une contrepartie en termes de sécurité à cette exploitation de la bande d'arrêt d'urgence, des aires de refuge ont été ajoutées avec des téléphones d'urgence, des éclairages et des caméras de contrôle. Plusieurs équipements de surveillance et d'information ont été installés sur des pylônes espacés de 500 mètres d'intervalle. La technologie permet non seulement d'alterner les régimes d'affectation des voies, avec et sans exploitation de la bande d'arrêt d'urgence, mais aussi de moduler les limitations de vitesse sur les trois voies de circulation.

La figure montre les résultats d'une gestion dynamique du trafic. La ligne noire pointillée (D3M No HS) indique le rapport entre la variabilité et le ralentissement moyen sur la M42. La ligne bleue pointillée (D3M ATM) indique comment ce rapport est modifié lorsque le système de gestion dynamique des voies utilisant la bande d'arrêt d'urgence fonctionne. Le retard dû à l'abaissement des limitations de vitesse lorsque les bandes d'arrêt d'urgence sont utilisées est compensé par une réduction de la variabilité du temps de parcours (amélioration de la fiabilité).

Retard et variabilité journalière pour différents régimes autoroutiers (M42, Royaume-Uni)



Source : Mott MacDonald (2009).

Amélioration de la gestion de la capacité

Il existe une large gamme de techniques et d'instruments qui permettent de mieux gérer la capacité d'un réseau afin d'en améliorer la fiabilité. La surveillance et la gestion proactives des parties

vulnérables du réseau, ainsi que l'amélioration de la gestion des incidents en font partie. La modulation des limitations de vitesse et l'augmentation temporaire de la capacité routière par l'exploitation des bandes d'arrêt d'urgence permettent ainsi de réduire l'impact de la congestion sur la fiabilité. De même, il est possible d'améliorer la supervision et la gestion dans les chemins de fer en optimisant les horaires, en reprogrammant de façon dynamique le réseau en cas d'incident ou en utilisant des systèmes sophistiqués de gestion des trains.

L'amélioration des techniques de gestion peut contribuer à atténuer l'impact des opérations d'entretien sur les usagers et à réduire le coût de cet entretien. Certains contrats dans le cadre de projets de partenariat public/privé associent une redevance aux travaux d'entretien pour dissuader les propriétaires de réseaux privés de multiplier les chantiers simultanés.

En résumé, il est préférable, pour fiabiliser un réseau, d'améliorer la gestion de la capacité en dynamisant la gestion du réseau. Il pourrait également être opportun de privilégier les interfaces, notamment les points de franchissement des frontières ou les liaisons entre les ports et leur arrière-pays, où un manque de fiabilité risque de se produire.

Tarification directe de la fiabilité

Le prélèvement de redevances d'utilisation des réseaux de transport, ou de parties de ces réseaux, est un moyen de gestion de la demande de trafic, et donc du flux de circulation et de la fiabilité des réseaux, qui se généralise progressivement. Il est possible aussi de faire payer l'accès aux services d'information, tels que les systèmes de guidage GPS, auxquels les usagers peuvent avoir recours pour pallier les conséquences les plus désastreuses des retards. Les redevances peuvent se prélever de manière sélective sur des tronçons plus ou moins importants du réseau routier.

Le progrès technique facilite le développement des systèmes et techniques de tarification utilisables pour gérer la demande sur les réseaux de transport. La plupart de ces moyens visent l'amortissement des coûts et la gestion de la demande, mais ils peuvent aussi contribuer à améliorer la fiabilité.

Il existe quelques cas où l'accès au réseau routier est limité et un système de péage a été mis en place pour améliorer la fiabilité. Le système de tarification dynamique sur l'autoroute inter-États I-15 américaine en est un des rares exemples : il fait varier les péages, à la hausse ou à la baisse, pour garantir un temps de parcours prévisible sur la douzaine de kilomètres concernée.

Encadré ES4. Voies à péage sur l'I-15 (États-Unis)

Une tarification destinée à offrir des temps de parcours fiables a été appliquée à des voies réservées sur la route I-15 en Californie, qui relie San Diego à sa banlieue nord. Les tarifs sont ajustés de façon à maintenir le niveau de fiabilité sur les voies à péage. Dans ce cas, la vitesse du trafic est une variable de remplacement de la fiabilité.

Les tarifs varient en fonction des volumes de trafic sur la route avec un prix croissant pour dissuader d'utiliser, dans une certaine mesure, les voies à péage. Les tarifs sont réajustés par intervalles de 6 minutes ; leur niveau est fixé de manière à attirer un niveau de demande pouvant assurer une vitesse constante. Ils ont aussi une vertu d'information avant que l'accès à la section tarifée de la route : s'ils sont relativement élevés, le trafic sera vraisemblablement très important sur les voies non tarifées.

Source : Brownstone K. et Small K. (2005).

Les chemins de fer sont mieux à même d'utiliser des moyens tarifaires pour maintenir la fiabilité à un niveau constant, car leur pleine maîtrise de l'accès au réseau leur permet de tarifier l'accès à ce réseau ou à certaines de ses lignes. Quelques opérateurs ferroviaires (notamment nord-américains et australiens) proposent des services marchandises extrêmement fiables contre paiement d'un supplément de prix. Cependant, la stratégie de maximisation du profit des gestionnaires d'infrastructures ferroviaires de fret consiste généralement à transporter de grandes quantités de marchandises n'exigeant pas un niveau de fiabilité très élevé. À l'inverse, les réseaux et les trains de voyageurs à grande vitesse (ICE, TGV, Pendolino, etc.) ont été conçus pour assurer des services quasi monopolistiques caractérisés par de faibles temps de parcours et une grande fiabilité. Les redevances d'utilisation des infrastructures associées à ces trains sont corrélativement élevées.

En résumé, la tarification directe de la fiabilité par l'imposition de différents droits ou redevances d'utilisation des infrastructures et des services, en fonction du niveau de fiabilité, pourrait assurer un niveau de fiabilité approprié. Il convient toutefois de noter qu'il est souvent difficile, voire impossible, de différencier suffisamment ces droits et redevances pour atteindre le niveau de fiabilité exigé par les différentes catégories d'utilisateurs des infrastructures de transport. En outre, le coût d'un système de tarification en fonction de la fiabilité pourrait être supérieur aux avantages qu'il procure. Il doit donc être intégré dans les analyses coûts-avantages des systèmes de tarification.

Atténuation du coût lié au manque de fiabilité grâce à l'information

Les systèmes d'information peuvent réduire les conséquences d'un incident qui survient sur le réseau en détournant la demande du point où se sont produits les encombrements ou l'incident. Ils peuvent également diminuer le stress provoqué par le manque de fiabilité et aider à gérer les problèmes soulevés par le non-respect des horaires.

Comme indiqué précédemment, la fiabilité des temps de parcours dépend, dans une certaine mesure, des attentes de l'utilisateur concernant la prévisibilité des temps de parcours, lesquelles peuvent évoluer en fonction des informations disponibles. Les responsables de réseaux peuvent faciliter l'utilisation du réseau et réduire l'impact des incidents en informant les utilisateurs des conditions de circulation existantes. Même si la diffusion de ces informations n'empêche pas les incidents de survenir, elle peut réduire les coûts qui en résultent. L'adoption généralisée du téléphone portable ces dernières années met ainsi l'utilisateur en mesure d'avertir les personnes intéressées (gestionnaires de l'entrepôt, membres de la famille, etc.) d'un retard à l'arrivée et ces personnes peuvent alors s'appliquer à diminuer l'impact de ce retard. L'information peut donc pallier le manque de fiabilité et réduire l'effet de vague qui pourrait se produire.

Dans une application commerciale spécifique, le port de Southampton programme les heures de collecte des containers. Si un camion est en retard et rate son créneau, il doit téléphoner et réserver un nouveau créneau. Ceci peut être fait jusqu'à 5 minutes avant le créneau prévu, sinon une pénalité financière est imposée.

Les informations peuvent être diffusées soit avant, soit pendant le voyage. Elles peuvent être utilisées de différentes manières pour améliorer la fiabilité, selon que le voyageur a déjà quitté son lieu de départ, peut emprunter un autre itinéraire ou, dans le cas contraire, peut réduire l'effet de vague (conséquences). Différents outils permettent de diffuser ces informations, notamment les panneaux à messages variables, les systèmes de navigation automobile, l'Internet et les messages textuels sur téléphone mobile.

L'information des usagers peut atténuer les effets d'un manque de fiabilité. Il s'agit souvent d'un moyen rentable pour réduire les coûts liés au manque de fiabilité, ainsi que les réactions en chaîne déclenchées par les incidents de circulation.

Conclusion

Un large éventail d'instruments permet de gérer la fiabilité. Comme il n'existe généralement pas de marché direct de la fiabilité, il faut recourir à des analyses coûts-avantages pour déterminer les niveaux de fiabilité appropriés et choisir des politiques rentables de gestion de la fiabilité. Quelques pays seulement ont réalisé jusqu'à présent des analyses coûts-avantages de projets destinés à améliorer la fiabilité, avec des techniques insatisfaisantes à de nombreux égards. Le présent rapport fait largement progresser la définition de la méthode à suivre pour intégrer la valeur de la fiabilité dans l'évaluation des projets et des politiques, et recense par ailleurs les écueils à éviter.

Il est possible de réaliser des évaluations de la fiabilité solides et cohérentes. Il est important d'y recourir pour prendre des décisions éclairées sur l'optimisation de la fiabilité des réseaux de transport de surface, ainsi que pour sélectionner des politiques et des projets rentables.

NOTES

1. Cet aspect est commun à tous les marchés, l'éventail des biens et des services proposés étant rarement, voire jamais, d'une largeur telle que les consommateurs puissent choisir la quantité exacte de chaque élément constitutif qu'ils sont prêts à payer.
2. Par exemple, si la fiabilité ne peut pas être imputée directement aux usagers, ces derniers ont tendance à grossir considérablement la valeur qu'ils lui accordent.
3. La fiabilité s'apparente en ce sens à un risque.

1. CONTEXTE

Ce chapitre dresse un état des lieux en matière de fiabilité. Il aborde tout d’abord la signification du terme « fiabilité ». La non-fiabilité est souvent considérée comme synonyme de congestion. Or, il s’agit de deux notions, dont la différence sera explicitée.

Dans ce contexte, le rapport examine les principales sources du manque de fiabilité dans les transports, notamment celles qui sont liées à l’utilisation du réseau (demande), à la construction du réseau (offre) et à des éléments extérieurs aux usagers et aux responsables de réseaux, en particulier le climat.

L’utilisation du réseau est ensuite étudiée plus en détail. Deux principales caractéristiques sont dégagées. La première est la tendance à la hausse dans l’utilisation du réseau et l’accent mis sur la fiabilité en tant que qualité essentielle du réseau. La seconde est la grande dispersion des usagers concernant la valeur accordée à la fiabilité.

Puis, l’exposé porte sur les signaux adressés aux responsables et aux usagers des réseaux. Les responsables assurent-ils une fiabilité appropriée ? Les usagers ont-ils des attentes appropriées et comment réagissent-ils lorsque les services ne sont pas fiables ?

L’analyse qui suit indique les raisons pour lesquelles les niveaux de fiabilité appropriés ne seraient pas atteints. Elle décrit les principales défaillances de marché dans l’offre de fiabilité et identifie les segments de marché bénéficiant d’une grande fiabilité. Des études de cas montrent qu’il existe plusieurs instruments clés permettant d’améliorer les résultats. Une analyse coûts-avantages s’avère un mécanisme essentiel pour évaluer et hiérarchiser les stratégies publiques, et s’assurer que les bénéfices liés à l’amélioration de la fiabilité seront supérieurs aux coûts.

1.1 Définition de la fiabilité des transports

La fiabilité est unanimement considérée comme une caractéristique souhaitable d’un réseau de transport. Toutefois, un examen de la littérature sur la fiabilité des transports a montré que cette dernière était définie de différentes façons. Le choix de la définition est important, car il a des implications majeures en termes d’action.

Le présent rapport définit la fiabilité des transports comme celle assurant des temps de parcours réguliers et, par conséquent, *prévisibles*. Le réseau est donc fiable dans la mesure où les temps de parcours sont réguliers, même s’il est sous-performant en raison de vitesses régulièrement lentes, liées aux encombrements.

Appliquant cette caractéristique en matière de fiabilité aux usagers du réseau, une définition utile admet que les usagers prévoient alors leurs actions en fonction des performances escomptées du réseau. Dans le présent rapport, la fiabilité est définie comme suit :

Capacité du système de transport à offrir la qualité de service escomptée, en fonction de laquelle les usagers ont organisé leurs activités.

Selon cette définition, la fiabilité peut être améliorée soit en offrant un meilleur niveau de fiabilité, soit en modifiant les attentes concernant le niveau de fiabilité. En substance, un réseau *fiable* présente une performance constante, et les usagers du réseau sont plus préoccupés par la fiabilité lorsque les temps de parcours deviennent plus incertains. D'une manière générale, les performances du réseau peuvent être classées en quatre grandes catégories :

1. Le réseau peut être traversé *de manière régulière* en fonction des limitations de vitesse locales.
2. Le réseau est sous-performant *de manière régulière*. Par exemple, les encombrements sur la liaison routière peuvent réduire constamment les vitesses à 40 km/h, alors que la vitesse de référence est de 60 km/h.
3. Le réseau est sous-performant *de manière irrégulière*, même si la sous-performance se situe généralement dans une fourchette connue.
4. Le réseau est sous-performant *de manière irrégulière* et si aléatoire qu'il est difficile de définir le risque ou l'ampleur du retard. Il peut s'agir d'un problème particulier lié à des phénomènes naturels aléatoires.

Un réseau qui est lent de manière régulière entraîne des coûts liés aux encombrements, tels que les coûts supplémentaires des conducteurs pour les opérateurs de fret, mais reste fiable.

En d'autres termes, l'imprévisibilité du réseau (irrégularité), qui caractérise les deux dernières catégories en matière de performance du réseau, est la caractéristique définissant le manque de fiabilité. Plus les performances sont aléatoires (moins elles sont prévisibles), plus il est difficile pour l'utilisateur de se prémunir contre les retards. Voici un exemple illustrant cet aspect :

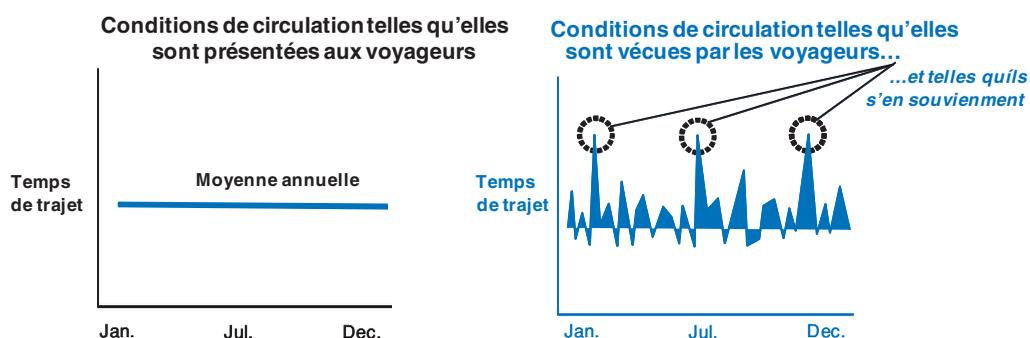
- Un usager peut savoir qu'un déplacement prend, en n'importe quel point du réseau, entre 10 et 30 minutes (même s'il existe un léger risque que le temps de parcours soit plus long). Cette variabilité tend à se produire avec des événements récurrents, tels que les encombrements sur les routes. Si l'utilisateur adopte une stratégie prudente, il peut prévoir un déplacement de 30 minutes.
- L'incidence ou la gravité des retards n'est pas connue ou, tout au moins, l'utilisateur n'a pas d'informations sur les performances du réseau. Il devient alors difficile pour l'utilisateur de se prémunir contre des performances escomptées. Cette variabilité tend à se produire avec des événements non récurrents, tels que des accidents de la route.

Ce manque de fiabilité des déplacements doit être mis en relation avec ses conséquences négatives, lesquelles sont de deux types :

- Le premier type de conséquence se produit pendant le déplacement lui-même : ce dernier est contraignant et stressant.
- Le second type de conséquence se produit en raison du fait que le déplacement est généralement une demande dérivée, puisqu'il permet d'entreprendre d'autres activités : les horaires des correspondances ou des loisirs sont bouleversés, de même que l'organisation de la chaîne de transport de marchandises. Les usagers peuvent s'en prémunir en se ménageant un temps supplémentaire (une marge) pour les retards prévus ou imprévus.

Le sentiment de se déplacer sans pouvoir maîtriser son temps place le voyageur dans une situation d'impuissance qui, comme toute expérience désagréable, reste en mémoire. Par le passé, les voyageurs étaient souvent informés sur les conditions de circulation à l'aide de simples moyennes (graphique de gauche sur la figure 1.1). Or, la plupart d'entre eux vivent et se rappellent l'événement d'une manière bien différente d'une simple moyenne du temps de parcours quotidien (graphique de droite sur la figure 1.1). Les usagers peuvent avoir une perception très négative des retards imprévus, qui assombrit le tableau qu'ils dressent de leur expérience.

Figure 1.1. Perception des conditions de circulation par les voyageurs



Source : FHWA (2006).

La seconde manifestation liée au manque de fiabilité est sans doute le facteur de loin le plus important : la perturbation imprévue des plannings personnels et commerciaux, due aux retards de transport. La prévisibilité permet aux usagers d'organiser leurs déplacements en fonction de leurs activités. Lorsque les performances sont irrégulières, les programmes sont perturbés. Dans ces circonstances, les usagers n'ont parfois d'autre choix que d'accepter les conséquences des retards, bien que ceux-ci puissent avoir un effet de vague ou, pire, un effet boule de neige (cumulatif ou croissant) touchant d'autres activités ou maillons de la chaîne personnelle ou logistique, et constituant ainsi un coût pour les personnes concernées.

L'effet de vague associé aux retards rappelle de façon importante que de nombreux programmes individuels sont interdépendants. Le retard pris en un point du programme d'activité d'une personne peut entraîner des retards dans les tâches ultérieures, qu'elles soient liées ou non à la première. De même, bien que les chaînes logistiques soient conçues de manière à réduire leur vulnérabilité aux événements ponctuels, tout retard dans une expédition donnée peut se répercuter sur l'ensemble de la chaîne. De fait, la tâche de transport faisant partie de la chaîne, toute rupture à son niveau constitue une rupture de toute la chaîne, si le temps perdu n'est pas rattrapé sur une autre partie de la chaîne.

1.2 Adaptation des usagers au manque de fiabilité

Lorsqu'il envisage un déplacement, l'utilisateur du réseau ne doit pas simplement examiner le temps de parcours moyen prévu, mais aussi sa variabilité (y compris l'incertitude qui y est liée). Si le voyageur souhaite réduire le risque d'arriver en retard à destination, il devra prévoir un délai supérieur au temps de transport moyen (une « marge de sécurité » ou, plus simplement, une « marge »).

Une remarque s'impose sur la fiabilité des transports et ses coûts. Il a été admis qu'une assurance contre le manque de fiabilité du réseau consistait pour l'utilisateur à modifier son comportement. Prévoir une marge de sécurité ou constituer des stocks tampons de marchandises (ou effectuer des transports en urgence) sont des formes importantes d'assurance. Et il est supposé que les usagers du réseau qui

prennent cette assurance en concluent que cette pratique est moins coûteuse que les conséquences dues aux retards à l'arrivée.

Toutefois, il convient d'admettre que ces formes d'assurance ne sont pas, par nature, gratuites. Gérer un stock supplémentaire de marchandises « au cas où » suppose un coût d'investissement, en termes d'installations de stockage et de financement des stocks. Prévoir une marge de sécurité pour le transport de marchandises peut être problématique, si les marchandises arrivent avant la date prévue de livraison et de traitement : cette circonstance peut diminuer l'efficacité dans les procédures d'expédition ou de production. Pour les personnes, arriver plus tôt que prévu n'est pas toujours opportun, mais peut être moins coûteux que d'arriver en retard. Plus important encore, partir plus tôt pour être sûr d'arriver à l'heure oblige à se ménager un temps qui pourrait être utilisé à d'autres activités, plus productives.

La nécessité d'intégrer ces marges de sécurité, quand bien sûr celles-ci *peuvent* être déterminées, peut être coûteuse. Des variations importantes dans les temps de parcours réduisent donc l'efficacité générale dans l'accomplissement des tâches qui dépendent du transport. Dans les transports de personnes, les retards imprévus génèrent des coûts sous la forme d'un allongement des délais d'attente pendant les déplacements, ou des coûts dans l'activité prévue, si la marge de sécurité est inappropriée, et créent des problèmes de planification, tels que des retards ou des annulations de correspondances ou de rendez-vous. Dans le transport de marchandises, l'imprévisibilité peut faire rater une correspondance ou retarder les opérations d'assemblage en raison du retard de livraison des composants. Si des approches prudentes sont adoptées pour gérer la variabilité du temps de parcours, les avantages éventuels des méthodes de flux tendus seront moins importants en matière de distribution, de production et de gestion des stocks. En conséquence, l'utilisation de la flotte de véhicules sera moins productive ; un plus grand nombre de poids lourds seront nécessaires sur les routes et les coûts d'entreposage seront plus élevés.

Encadré 1.1. Logistique d'entreposage

McKinnon *et al.* (2008) ont remarqué qu'au Royaume-Uni, pour les produits chimiques tels que les bouteilles de lait en plastique, les processus *actuels* de production, de remplissage et de distribution étaient essentiellement fluides, dans la mesure où il n'y a pas d'activité d'entreposage et aucune installation disponible. Les bouteilles passent directement de la production au remplissage, puis sont acheminées vers le supermarché (McKinnon *et al.* 2008, p. 40). Par conséquent, si le manque de fiabilité introduisait la nécessité de stocks tampons, il créerait une nouvelle étape dans la chaîne logistique, et il est concevable que cette gestion des stocks augmenterait sensiblement les coûts.

Il est donc évident que plus l'événement est aléatoire (moins il est prévisible), moins il est possible pour le chargeur de prendre des décisions éclairées pour s'en prémunir. Comme indiqué plus loin, certaines sources de perturbation du réseau, comme les phénomènes naturels, sont moins prévisibles que d'autres.

1.3 Distinction entre non-fiabilité et congestion

Les termes « non-fiabilité » et « congestion » sont souvent employés indifféremment. Toutefois, la fiabilité ne fait pas forcément défaut à un réseau encombré. Une liaison du réseau toujours encombrée peut rester fiable. Ainsi, une route peut présenter en permanence une circulation lente « pare-chocs contre pare-chocs », tant que la régularité de la vitesse (même lente) permet aux usagers du réseau d'organiser leurs déplacements en conséquence. De même, une liaison du réseau généralement peu encombrée peut manquer de fiabilité, par exemple si le profil de la route n'est pas sûr ou si la route est sujette aux inondations, ce qui entraîne un risque élevé de retard lié aux incidents.

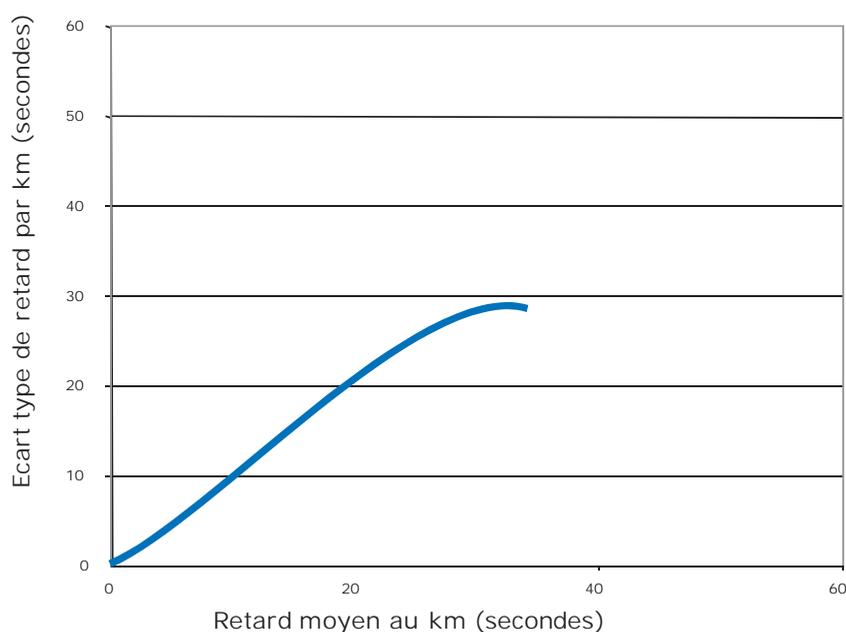
La distinction entre non-fiabilité et congestion est importante en raison d'implications différentes en termes d'action. Ainsi, une réponse politique courante à l'encombrement des routes consiste à accroître la capacité. Cependant, si la route n'est pas fiable en raison des inondations, la réponse appropriée consistera peut-être à avertir les usagers pour leur permettre de modifier leur itinéraire, lorsque la route est inondée, ou de surélever la route pour réduire le risque d'inondation.

Toutefois, il est admis que les mesures prises pour remédier à la congestion peuvent améliorer la fiabilité et que, de la même manière, les actions réalisées pour améliorer la fiabilité peuvent réduire la congestion. Cela signifie qu'il peut y avoir enchevêtrement des initiatives d'ordre politique. Le présent rapport a néanmoins pour objet la fiabilité et les politiques appropriées, axées sur la réponse aux problèmes de fiabilité.

L'*imprévisibilité* d'un déplacement est une caractéristique essentielle du manque de fiabilité. Elle définit dans quelle mesure l'utilisateur du réseau peut gérer la situation. Il convient de noter qu'elle *peut* permettre de distinguer la « non-fiabilité » de la « congestion ». Si le temps de parcours sur une route encombrée reste relativement prévisible, la liaison routière est fiable.

Ceci dit, la congestion augmente la probabilité de non-fiabilité : lorsque la circulation s'intensifie, les retards dus à des perturbations légères tendent à s'accroître plus que proportionnellement. En raison de cette variabilité, les usagers du réseau prennent une « assurance » contre l'encombrement du réseau : plus le réseau est encombré, plus grande est l'assurance que les usagers prennent contre les retards. Ce phénomène est illustré par la figure ci-dessous montrant la relation entre fiabilité et congestion sur une autoroute britannique. Il existe une corrélation évidente entre congestion et fiabilité tant que l'ampleur de la première ne dépasse pas un certain seuil. Étant donné que la fiabilité diminue à mesure que la congestion augmente, les usagers doivent accroître leur marge de sécurité. Il n'a pas été pour autant possible de dire si la variabilité du temps de parcours était ou non prévisible.

Figure 1.2. **Relation entre fiabilité et gestion sur l'autoroute M42 (Royaume-Uni)**



Source : Mott MacDonald (2009).

La distinction entre non-fiabilité et congestion a d'importantes implications pour l'évaluation des coûts de la congestion, notamment sur les liaisons routières. En d'autres termes, la non-fiabilité est une conséquence négative majeure de la congestion, mais la mesure de la congestion ne doit pas être utilisée comme variable de remplacement de la non-fiabilité, car il n'y a pas de lien direct et automatique entre la congestion et la non-fiabilité.

La relation incertaine entre non-fiabilité et congestion a une autre conséquence. L'incapacité des évaluations de performances routières à isoler les performances en termes de fiabilité, d'une part, et les principales vitesses estimées sur les routes encombrées, d'autre part, a des implications sur la valeur des actions visant à améliorer les performances du réseau. Ainsi, dans ce contexte, les études ont notamment révélé que les coûts liés à la non-fiabilité pouvaient parfois être égaux à ceux de la congestion. S'il convient de garder à l'esprit que les résultats *ne sont pas transposables d'un lieu à un autre*, il est néanmoins important de noter que selon des études récentes, les coûts liés à la non-fiabilité occasionnent environ la moitié des coûts sous-jacents des retards, et l'amélioration de la fiabilité peut augmenter de 25 % les avantages en termes de bien-être par rapport aux gains de temps (Department for Transport 2006, Conférence européenne des ministres des Transports / Forum international des transports 2007). Dans d'autres projets, ces avantages peuvent être presque nuls.

1.4 Sources du manque de fiabilité dans les transports

Le manque de fiabilité peut résulter de diverses activités relevant de l'utilisateur ou du responsable du réseau d'infrastructures de transport. Ses principales causes s'articulent autour de deux axes :

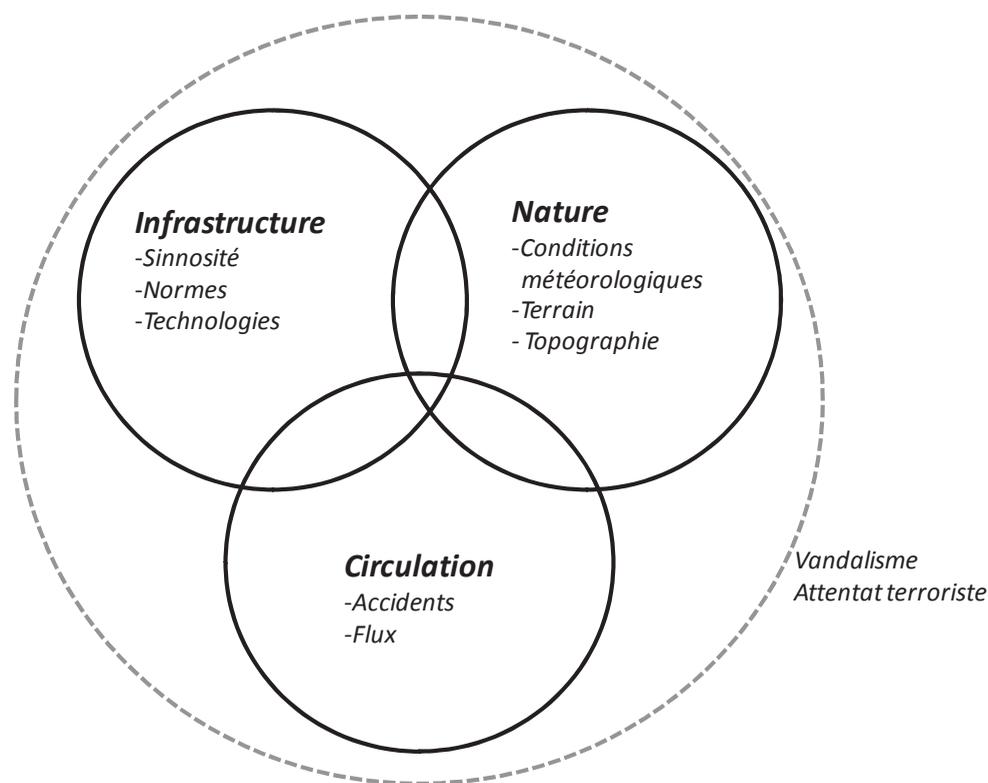
- Événements imprévus au niveau de la demande :
 - interactions imprévisibles entre les usagers (congestion).
- Événements imprévus au niveau de l'offre :
 - incidents de circulation (accidents ou pannes de véhicules) ;
 - phénomènes naturels (inondations ou tremblements de terre) ;
 - entretien du réseau (à l'origine d'une réduction provisoire de l'offre) ;
 - mauvaise gestion de l'offre d'infrastructures, y compris inadéquation éventuelle des programmes d'entretien.

La littérature sur la fiabilité classe parfois la régularité des perturbations entre « récurrentes » (comme les encombrements aux heures de pointe, en semaine) et « non récurrentes » (comme les inondations et autres phénomènes naturels). En raison de sa nature, le degré de récurrence fournit des informations sur la prévisibilité de l'événement. Le présent rapport utilise essentiellement cette dernière terminologie.

Les interventions délibérées et destructrices, comme les attentats et menaces terroristes, peuvent constituer une source majeure de manque de fiabilité dans les transports. L'analyse de cette question spécifique et complexe se situe en dehors du sujet immédiat du présent rapport. Cependant, les principes des méthodes et analyses établis dans le document ont des caractéristiques communes qui peuvent s'appliquer à cette question.

La mauvaise gestion des réseaux routiers et ferroviaires peut renforcer d'autres sources du manque de fiabilité. Une route où la circulation est fluide peut ne pas être fiable si le réseau est mal géré ; de même, la mauvaise gestion d'une route encombrée peut magnifier son manque de fiabilité. Cette observation est rendue dans la figure ci-dessous par l'intersection des cercles représentant les principales sources du manque de fiabilité.

Figure 1.3. **Interdépendance des principales sources du manque de fiabilité**



Source : tiré de Husdal J. (2004).

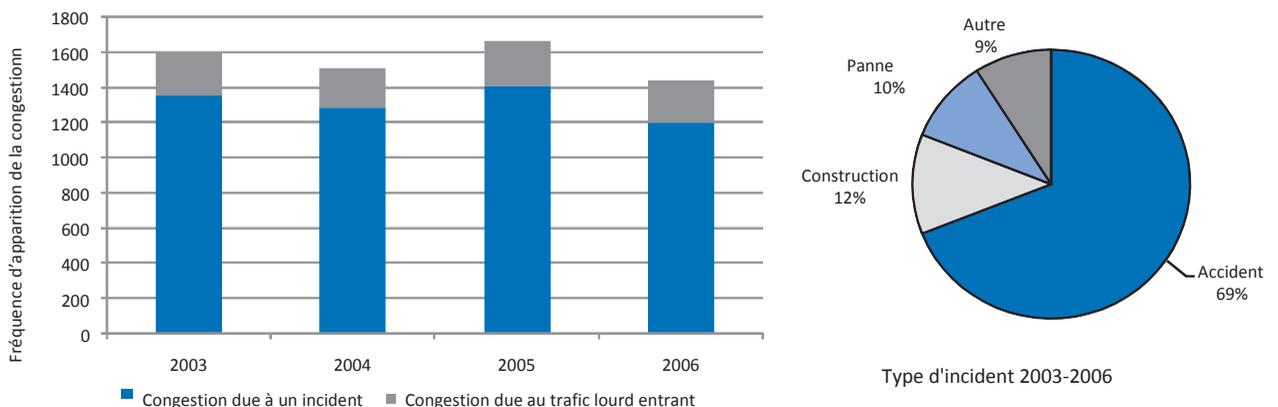
La figure ci-dessus rappelle les interfaces, ou les interdépendances, entre les catégories de sources du manque de fiabilité. Ainsi, une infrastructure conçue selon des normes peu exigeantes risque davantage de présenter un manque de fiabilité en raison d'un phénomène naturel qu'une infrastructure répondant à des normes sévères. Cela ne signifie pas qu'il faille systématiquement appliquer des normes élevées pour la construction des infrastructures, les conditions qui règnent en matière de probabilités de perturbation et de volume de trafic pouvant parfaitement se prêter à la construction d'infrastructures reposant sur des normes relativement peu exigeantes.

La figure illustre également le rapport essentiel en matière de fiabilité du réseau, entre la construction et la gestion des infrastructures (l'offre) d'une part, et l'utilisation des infrastructures d'autre part (la demande). Sumalee et Watling (2003) présentent un cadre conceptuel pour l'analyse de la fiabilité des réseaux de transport. Ils soutiennent que le réseau de transport est un système dans lequel l'interaction entre la demande et l'offre sur le réseau est le principal mécanisme qui définit l'état du service sur le réseau. La caractéristique majeure du système est l'exposition à différentes causes de variation.

Cette variation des performances peut constituer un élément au niveau de la demande et de l'offre de réseau. Elle peut résulter d'un incident prévu ou imprévu, et son impact peut être permanent ou temporaire. En général, l'offre de réseau interagit avec différents facteurs externes, comme les conditions climatiques ou les catastrophes naturelles et humaines, qui tous peuvent provoquer une variation dans les capacités de liaison du réseau. Par ailleurs, la demande fluctue également, de manière récurrente ou sporadique (événements particuliers, par exemple), sur la journée ou sur plusieurs jours. Tous ces facteurs influant sur le système conduisent à une variabilité de l'état du service sur le réseau.

Les questions de fiabilité sont étroitement liées au lieu et au moment, ce qui influe sur les solutions envisageables pour gérer le problème. Ainsi, sur la figure 1.4, il est évident que les questions de fiabilité sur la voie express Hanshin sont davantage dominées par les problèmes liés aux incidents de circulation (notamment aux accidents), que par les volumes de trafic élevés (bien que ces volumes élevés aggravent les conséquences d'un incident). Les incidents tels que les accidents, les travaux routiers, les pannes, etc. influent considérablement sur l'allongement du temps de parcours. Dans cet exemple, il est à noter que l'autorité routière a identifié une cause persistante du manque de fiabilité ; cette information en soi peut ensuite constituer un important sujet d'attention pour la gestion ou la limitation du manque de fiabilité sur la route.

Figure 1.4. Incidents sur la voie express de Hanshin au Japon, 2003-2006



Source : Okutani (2008).

La constatation que la variation des performances résulte des éléments de la demande et de l'offre permet d'avoir un premier aperçu des mécanismes politiques qui pourraient être utilisés pour modifier les niveaux de fiabilité. Une approche consisterait à se pencher sur l'offre (construction d'infrastructures et gestion du réseau) et une autre approche à se pencher sur la demande (modification du comportement de l'utilisateur).

En résumé, les performances en matière de fiabilité du réseau dépendent de la survenue d'événements liés au trafic, à la nature et aux infrastructures. L'impact des incidents est diminué ou augmenté par la gestion des infrastructures et les volumes de trafic. Les décideurs et planificateurs doivent relever un défi : identifier les principales sources du manque de fiabilité sur une liaison ou sur un réseau donnés, et établir une structure incitative pour l'adoption prioritaire des solutions à moindre coût.

Ce défi pour les décideurs augmente avec les volumes de trafic, qui génèrent leurs propres sources de manque de fiabilité et accentuent l'impact des autres sources. Ce dernier est encore accru par le fait que, comme nous le montrerons plus loin, il existe une demande générale de maintien des niveaux de

fiabilité et, en même temps, certains usagers du réseau souhaitent un relèvement important de ces niveaux.

1.5 Fiabilité et évolution des transports

Le marché de la fiabilité, exprimé par la demande et l'offre de fiabilité, évolue nécessairement avec le temps. Il est à la fois un produit et un facteur des tendances dans le secteur des transports.

En fait, l'évolution de la structure des activités commerciales et de la mobilité individuelle a accru l'importance de la fiabilité du système de transport. Des réseaux et des services de transport fiables sont nécessaires, en raison de chaînes d'approvisionnement plus complexes et interdépendantes, ainsi que d'une programmation également de plus en plus complexe des activités. Le mode matériel de fonctionnement de l'économie a changé, et cette évolution est à la fois conséquence et moteur d'une amélioration du système de transport. Les changements se situent au sein et en dehors du secteur. Une série de tendances économiques, résultant en grande partie d'une baisse à long terme des coûts de transport, a restructuré le mode matériel de fonctionnement de l'économie. Les principales causes de la baisse des coûts sont les suivantes :

- Améliorations significatives des infrastructures.
- Améliorations de la productivité sur les véhicules et matériels routiers et ferroviaires (comme la conception du conteneur et de l'équipement de manutention complémentaire), générant un système de gestion intégrée pour la manutention des marchandises depuis la ligne de production jusqu'au consommateur.

Cette évolution a facilité et accompagné l'extension du rayon d'action des entreprises. Les multinationales se sont regroupées sur des sites plus vastes, mais moins nombreux, au rythme de la mondialisation de l'économie. Parmi ces avancées, les plus marquées ont été les suivantes :

- Sous-traitance offshore de la production, entraînant une réduction des coûts des pièces et de la main-d'œuvre.
- Adoption d'une gestion des stocks en flux tendus, permettant une réduction des coûts de stocks.
- Usines plus vastes, installées sur des sites moins nombreux, générant une série d'économies d'échelle (« phénomène de fragmentation » évoqué plus bas).
- Développement d'entrepôts régionaux, moins nombreux et plus vastes, réduisant les coûts de distribution.

Les activités des entreprises dispersées géographiquement ont donc été facilitées par les investissements dans les infrastructures et par la croissance de la productivité des transports, dont elles ont à leur tour accru la nécessité.

La programmation des activités de transport de personnes et de marchandises ayant acquis une importance accrue, le manque de fiabilité dans les transports a des répercussions de plus en plus lourdes sur les activités en aval. La distribution, le commerce de gros et la production modernes sont dépendants de la fiabilité. Le « temps » est devenu le facteur déterminant dans les systèmes de production éclatés qu'on connaît aujourd'hui, la livraison *à l'heure* des pièces ayant remplacé la gestion traditionnelle des stocks. Deardorff (2003) décrit la spécialisation ou la sous-traitance des activités dans l'ensemble de

l'économie mondiale, comme un « phénomène de fragmentation ». Les usines de fabrication sont plus vastes, mais plus spécialisées dans les pièces, et les produits finaux dépendent de l'assemblage de ces « fragments ». Aux fins du présent rapport, le terme « fragmentation » décrit peut-être mieux la tâche de production et de transport que le terme « sous-traitance ». Deardorff explique l'importance croissante du temps et, notamment, du respect des délais. Les implications de la fragmentation, comme il l'explique ci-dessous, sont certainement plus proches des effets « boule de neige » que des effets « de vague » :

« Le temps peut être particulièrement important ici [dans le cas de la fragmentation], puisque les retards de livraison d'une étape à l'autre peuvent rompre l'ensemble de la chaîne. Beaucoup a été dit sur les méthodes de production japonaises « en flux tendus », introduites dans les années 1980, avec l'interprétation habituelle que ces méthodes réduisaient les coûts de gestion des stocks. Elles l'ont certainement fait, mais leur plus grande contribution est peut-être la souplesse qu'elles ont apportée, notamment dans la mesure où la production s'est fragmentée en différents sites, pour réagir rapidement à l'évolution des besoins d'intrants, aux différentes étapes de la production. .../... [II] s'avère que le rôle du commerce devient de plus en plus important... l'importance du temps pourrait influencer encore plus sur de nombreux produits. » (Deardorff 2003, p. 19).

Dans la mesure où ils sont représentatifs de tendances plus larges dans d'autres secteurs, au sein de l'OCDE et d'autres pays, les changements dans la production et la logistique de la brasserie au Royaume-Uni (encadré 1.2) transmettent un message fort concernant la gestion et l'offre de fiabilité. L'exemple révèle que d'importants gains de productivité peuvent être obtenus par la restructuration de la fabrication et de la distribution, malgré la nécessité d'adopter des systèmes logistiques complexes, d'exploiter des chaînes de distribution plus longues et (en raison de la complexité et de la longueur des liaisons logistiques) d'affronter le risque d'un manque de fiabilité plus important.

Encadré 1.2. Restructuration de la logistique : gestion des stocks et distribution dans le secteur de la brasserie (Royaume-Uni)

Le processus de centralisation est en cours depuis plusieurs années au Royaume-Uni. Dans la dernière décennie, un grand brasseur a réduit le nombre de ses sites de stockage principaux de 13 à 4, tandis que ces dernières années, un autre brasseur a réduit ses entrepôts locaux (au service des pubs et des restaurants) de 45 à 32. Ainsi, ces entrepôts desservent une zone plus vaste, bien que l'aggravation des encombrements dans la même période ait allongé les délais d'expédition et augmenté la variabilité des délais d'expédition. Les entreprises n'ont pas été dissuadées, par ces tendances, de poursuivre leur centralisation. Cela est en partie dû au fait que les avantages économiques de la centralisation (en termes d'économies d'échelle, de diminution des stocks et de réduction des coûts fixes) dépassent de loin les coûts liés à l'augmentation de la fiabilité et autres coûts de transport.

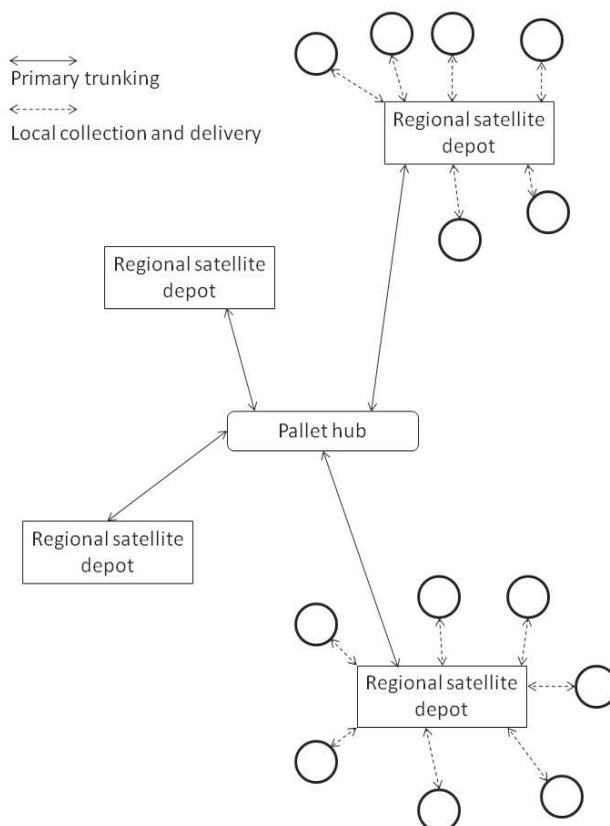
Source : paraphrasé de McKinnon *et al.* (2008).

McKinnon *et al.* (2008) présentent un profil de la croissance des réseaux en étoile dans la distribution des marchandises, ainsi que dans la centralisation de la production et des stocks locaux. Ce phénomène est illustré sur la figure 1.5. Les entrepôts locaux et les sites de production ont été rationalisés sur des sites centralisés. Ainsi, l'étude remarque que le secteur de la brasserie en Grande-Bretagne a adopté cette approche, malgré le risque d'aggravation de la congestion, qui accroît la variance des temps de parcours. Ce comportement apparemment paradoxal est :

« en partie dû au fait que les avantages économiques de la centralisation, en termes d'économies d'échelle, de diminution des stocks et de réduction des coûts fixes, peuvent dépasser de loin les coûts de transport supplémentaires, même en générant un coût lié à la congestion » (McKinnon *et al.* 2008, p. 11).

En outre, les auteurs remarquent que les transports longue distance entre les centres sont effectués de nuit, lorsque la congestion est relativement faible. La congestion se produit davantage sur les liaisons rayonnant depuis les dépôts satellites régionaux.

Figure 1.5. **Structure en étoile des transporteurs de palettes et de colis express**



Traduction : Primary trunking = Liaison principale
 Local collection and delivery = Enlèvement et livraison à l'échelle locale
 Pallet hub = Plateforme de palettes
 Regional satellite depot = Dépôt satellite régional

Source : McKinnon *et al.* (2008).

Ces voies de transport sur les liaisons commerciales nationales et internationales augmentent, cependant, la vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement aux perturbations. En premier lieu, les volumes de marchandises transportées sont plus importants. En deuxième lieu, les mouvements de marchandises sont plus longs. En troisième lieu, les chaînes d'approvisionnement sont de plus en plus

complexes et interdépendantes, gérées par de nouveaux processus logistiques. L’allongement et la complexification de la chaîne d’approvisionnement entre les entreprises et les clients augmentent la probabilité de perturbations du système et de la capacité, sur un point de la chaîne. Enfin, si des perturbations se produisent, les conséquences financières peuvent être plus importantes qu’avant, en raison de la diminution des stocks (qui assurent une marge de sécurité contre le manque de fiabilité, mais sont coûteux à gérer).

Les modifications dans le commerce offrent des gains de productivité décisifs dans les économies nationales et internationales en croissance. Si les entreprises souhaitent inévitablement une plus grande fiabilité du réseau, elles peuvent réduire leur exposition aux retards en modifiant leurs programmes. Ainsi, au Royaume-Uni, la part des livraisons de nuit (mesurée en poids lourds-km) est passée de 16 % à 20 %, entre 1995 et 2005 (McKinnon *et al.* 2008). Ce changement a été facilité par un certain assouplissement des restrictions concernant les livraisons hors des heures de service, un allongement des horaires d’ouverture des magasins et le développement des boîtes de réception pour le déchargement des livraisons, lorsque les magasins sont fermés.

Les modes de vie se transforment également. L’évolution des structures de l’emploi, l’augmentation du revenu disponible, le développement des offres de loisirs et l’allongement du temps libre ont complexifié la mobilité individuelle à finalités tant professionnelles que sociales. La diversité et la dispersion géographique des activités ont entraîné une plus grande utilisation des systèmes de transport et une plus forte dépendance à leur fiabilité pour éviter que les retards ne se répercutent en cascade sur un calendrier d’activités chargé. L’importance croissante accordée à l’emploi du temps dans la vie privée fait écho à la gestion des livraisons en flux tendus pratiquée dans le commerce.

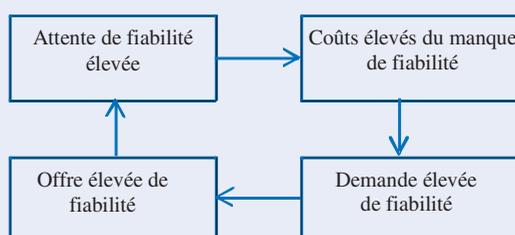
Ainsi, les attentes soulevées par ces évolutions de la demande portent de plus en plus sur le niveau de fiabilité des transports. Les usagers des transports privés et commerciaux peuvent être tributaires de leurs emplois du temps, qu’il s’agisse des horaires de trains, d’écoles, de crèches, d’activités sociales et de loisirs, ou de la logistique des marchandises.

Encadré 1.3. Attentes et demande de fiabilité

Un nombre croissant d’activités commerciales et non commerciales sont dépendantes des transports et, plus précisément, de leur fiabilité. Le choix dans l’organisation et l’emplacement des entreprises est souvent fondé sur des attentes concernant la fiabilité des transports. Ainsi, la reconfiguration des activités commerciales liées à la fabrication et à la distribution traduit une plus grande dépendance à la fiabilité des liaisons de transport.

D’une certaine manière, la fiabilité est victime de son propre succès. Plus elle s’améliore, plus les comportements se basent sur l’hypothèse d’une fiabilité élevée, entraînant des choix sur l’organisation et l’emplacement qui sont partiellement irréversibles et qui les rendent plus vulnérables au manque de fiabilité. Ce phénomène crée, à son tour, une plus forte demande de fiabilité et, si cette demande se traduit sur le marché, encourage les exploitants à améliorer la fiabilité de l’offre.

Figure. Attentes et demande de fiabilité



Néanmoins, les usagers continuent d'avoir des besoins différents en matière de fiabilité et, pour la plupart d'entre eux, le coût pour assurer de tels niveaux (qui peuvent être très élevés) peut dépasser la valeur que de nombreux acteurs accorderaient à une fiabilité élevée. Pour d'autres usagers, il est possible que les responsables de réseaux ne trouvent pas de solution pratique pour assurer une telle fiabilité. Ces questions seront maintenant examinées.

1.6 Granularité de la fiabilité

La demande de fiabilité varie selon les usagers, les produits, les lieux et les entreprises. Elle est différenciée ou « granulaire ». En conséquence, le « niveau » approprié de fiabilité ne se limite pas à un niveau, mais est représenté par une gamme de niveaux. Au sens strict, il convient donc de parler de *niveaux* de fiabilité performants.

Le respect des délais est souvent essentiel, par exemple pour les denrées périssables ou lorsque les marchandises font partie intégrante d'un programme logistique complexe. Dans ce cas, les exploitants accorderont probablement une grande valeur à la fiabilité. Ils seront prêts à payer des coûts de transport supplémentaires pour que les marchandises arrivent à destination dans un délai serré, tout en prenant des « assurances » (comme une marge de sécurité ou un stock tampon). À l'autre extrême, lorsque la ponctualité n'est pas un élément essentiel, les entreprises ne seront pas disposées à payer un coût supplémentaire pour une fiabilité élevée. Le tableau 1.1 ci-dessous illustre la diversité des sensibilités à la fiabilité pour une série de groupes de produits, allant d'une sensibilité élevée pour les produits frais à une faible sensibilité pour les produits en vrac.

Tableau 1.1. Sensibilité de treize groupes de produits à la fiabilité du temps de parcours

Facteur / Groupe de produits	Produit à dépréciation rapide	Processus à dépréciation rapide	Stratégie de gestion des stocks	Exigences de service client élevées	Irrationalité	Puissance de la chaîne d'approvisionnement	Influence directe de l'utilisateur final, souplesse	Créneau horaire, poursuite des perturations dans la chaîne d'approvisionnement	Sensibilité totale supposée
1. Biens de consommation lents/rapides		*	*	*	*	*	*	*	++
2. Alimentation (produits frais)	*	*	*	*	*	*	*	*	++
3. Habillement	*		*				*	*	++
4. Autres biens de consommation durables	*		*			*	*	*	++
5. Papiers et imprimés	*	*	*				*		++
6. Pièces et produits semi-finis						*		*	+
7. Instruments, outils, équipements et machines	*		*			*			+
8. Pièces automobiles, poids lourds, voitures etc. (secteur automobile)	*	*	*	*	*	*	*	*	++
9. Déchets						*		*	0
10. Matériaux de construction		*						*	+
11. Marchandises dangereuses		*			*	*		*	+
12. Vrac sec et liquide		*				*			0
13. Produits vendus par Internet (B2B)			*	*	*		*	*	++

Source : Kuipers & Rozemeijer (2006).

La diversité des valeurs accordées à la fiabilité par les différents usagers du réseau est également importante pour les déplacements personnels. Ainsi, Brownstone et Small (2005) ont conclu que les femmes accordaient deux fois plus de valeur à la fiabilité que les hommes. L'une des raisons serait que les femmes gèrent un emploi du temps plus complexe que les hommes. En conséquence, il semblerait qu'elles soient prédisposées à accorder plus de valeur à la fiabilité du temps de parcours.

Ces différents ordres de priorités et de complexités dans les plannings personnels et commerciaux rappellent que l'utilisation de niveaux ou de valeurs moyens est très trompeuse.

1.7 Pourquoi les différents besoins en fiabilité des usagers des réseaux ne sont pas satisfaits par les responsables de réseaux

La satisfaction des différents besoins en matière de fiabilité peut poser des difficultés majeures car, sur un réseau routier d'usage courant, l'offre d'un niveau de fiabilité est identique pour tous les usagers, de fait contre un prix forfaitaire. Tous les usagers bénéficient du même niveau de fiabilité. Le responsable du réseau peut tenter d'offrir un niveau de fiabilité élevé pour satisfaire un segment de marché demandeur. Cependant, les usagers accordant une faible valeur à la fiabilité utiliseront aussi le réseau ouvert et, en fait, cette utilisation risque d'introduire une congestion et des facteurs externes à la fiabilité abaissant le niveau recherché par le responsable du réseau.

Étant donné que la fiabilité est ainsi réduite, il devient alors coûteux pour le responsable du réseau d'offrir une fiabilité « élevée », et il est possible que les usagers accordant une grande valeur à la fiabilité ne bénéficient pas d'une offre de niveau élevé. Les usagers accordant une faible valeur à la fiabilité seront également contrariés, car ils paieront des droits et redevances élevés pour l'utilisation d'un réseau offrant un niveau de fiabilité supérieur à celui qu'ils sont prêts à payer.

Dans ce contexte, l'élément essentiel qui empêche d'offrir une fiabilité optimale (dans l'idéal, le niveau de fiabilité que les usagers sont prêts à payer) est *généralement* le fait que l'accès au réseau est ouvert, pour un tarif qui ne varie pas en fonction du niveau de fiabilité offert. En somme, il n'y a pas un « marché » de la fiabilité. Pour mettre en place un tel marché, l'accès à la route doit être limité, afin de maintenir un niveau de fiabilité donné ou, tout au moins, une fiabilité résultant de « faibles » volumes de trafic, contre un tarif reflétant le niveau de fiabilité.

Cette absence de marché peut également être constatée sur les réseaux ferrés, notamment lorsque les redevances d'utilisation des infrastructures ne sont pas basées sur le marché. Ainsi, il peut être impossible d'offrir un niveau spécifique de fiabilité pour les trains de marchandises, si les pouvoirs publics décident que ces derniers doivent bénéficier d'une priorité sur le réseau, quel que soit le montant de leur redevance.

L'autre raison principale expliquant l'absence d'un marché de la fiabilité performant est liée au jeu entre les personnes qui demandent et les personnes qui offrent le service. Sur un réseau routier, cette absence peut conduire à une surévaluation des besoins de fiabilité par ceux qui y accordent une plus grande valeur, sachant que ceux qui n'y accordent pas une grande valeur payeront néanmoins le service.

Cette situation n'est pas particulière à la route. Un chargeur dépendant du transport ferroviaire peut faire pression sur le régulateur pour obtenir un niveau plus élevé sans supporter l'intégralité des coûts et des risques qui y sont liés. À l'inverse, lorsque le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire est le seul prestataire de transport (les chargeurs et les voyageurs n'ont pas d'autre mode de transport, dans la pratique), il peut tirer profit de la situation pour offrir un niveau de fiabilité moins élevé (moins coûteux).

Ce jeu de l'offre et de la demande est un élément important à prendre en compte pour constituer une offre *rentable* et une demande de fiabilité. Ainsi, certains usagers peuvent conduire les responsables de réseaux à engager des coûts élevés pour offrir un niveau de fiabilité élevé, alors qu'ils pourraient obtenir ce niveau pour un coût beaucoup moins élevé en modifiant leur comportement. L'encadré 1.4 donne un exemple dans lequel une amélioration de la fiabilité des transports (les coûts et les risques étant supportés par le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire) peut être plus coûteuse qu'une modification du comportement des chargeurs (dans le cas présent, augmentation des stocks tampons pour se prémunir contre une faible fiabilité du réseau ferré).

Il convient de noter qu'une absence de fiabilité ou qu'un faible niveau de fiabilité n'impliquent pas nécessairement une défaillance de marché. Ils peuvent simplement indiquer que le coût d'obtention d'un niveau de fiabilité plus élevé dépasse les avantages pour l'utilisateur. L'élément essentiel pour les pouvoirs publics est d'identifier la cause de la défaillance de marché supposée et, si possible, de concevoir des instruments pour régler le problème à la source. Par conséquent, identifier la source du manque de fiabilité est la première étape pour améliorer la fiabilité.

Il s'ensuit de l'exposé ci-dessus que le manque de fiabilité risque, en règle générale, de se produire dans les conditions suivantes :

- Un accès non limité au réseau ne permet pas de différencier les niveaux de service.
- Le service est assuré par un monopole, conduisant à une offre insuffisante et à une surfacturation des marchandises.¹
- Le service est assuré par plusieurs exploitants ou avec différentes correspondances ou interfaces intermodales générant une incertitude sur l'attribution des responsabilités.
- Les activités dépendent de processus « en flux tendus » ou de programmes très chargés.
- Les usagers du réseau ont peu ou pas de solutions de rechange pour réaménager leurs activités, si la fiabilité fait défaut.

Encadré 1.4. Logistique du transport de charbon aux États-Unis

La production d'énergie aux États-Unis dépend en grande partie des centrales électriques au charbon. La majorité du charbon est livrée à ces centrales, par train. Ces dernières années, il s'est produit des épisodes marquants au cours desquels les réseaux ferrés n'ont pas assuré une capacité de transport suffisante. Cela a été le cas lors d'une hausse imprévue de la demande, d'une perturbation de la capacité ferroviaire due aux conditions météorologiques, ou d'une réorganisation du réseau ferré.

La question porte sur les carrières de charbon de Powder River Basin, dans les États du Montana et du Wyoming.

Dans la dernière décennie, les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires nord-américains ont bénéficié d'une hausse du fret, notamment sur le trafic intermodal international. Après une longue période d'investissement relativement minimal, les grandes sociétés ont réagi à cette croissance par une augmentation de la capacité.

Toutefois, la question essentielle est le fait que les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires sont réticents à construire une capacité supplémentaire suffisante pour offrir une marge de sécurité contre les risques liés au service. En effet, ils se demandent si les chargeurs seraient prêts à payer pour cette marge de sécurité. En termes de chaîne logistique, il convient de savoir si les gestionnaires doivent augmenter leur capacité de sécurité ou s'il est plus rentable pour les centrales électriques d'augmenter leurs stocks de charbon sur site.

Les centrales électriques peuvent se prémunir contre l'épuisement de leurs stocks de charbon en maintenant des réserves suffisantes. Cependant, malgré une tendance à un allongement des transports depuis les mines de charbon jusqu'aux centrales et, par conséquent, un manque de fiabilité potentiel plus important des réseaux ferrés, les chargeurs ont en fait réduit leurs stocks de charbon. Cette diminution augmente la probabilité qu'une perturbation des réseaux ferrés affecte sensiblement les centrales.

En raison de l'épuisement de leurs stocks, les centrales électriques doivent utiliser un combustible plus coûteux (pétrole ou gaz) pour leur alimentation. Lors de l'incident de 2005, lorsque la seule principale ligne ferroviaire assurant le transport du charbon a été fortement endommagée, la pénurie de charbon a conduit à une hausse de l'électricité allant jusqu'à 15 % (Consumers United for Rail Equity 2005, p. 1).

En termes d'action publique, la question est de savoir si une intervention s'impose sur l'offre ou l'utilisation de la capacité ferroviaire. Deux réponses politiques ont été étudiées. La première serait le subventionnement indirect d'une capacité supplémentaire, par une réduction d'impôt en cas d'investissement dans une capacité ferroviaire supplémentaire. La seconde serait une augmentation de la surveillance réglementaire pour élargir l'accès des tiers au marché ferroviaire ; la concurrence ferroviaire qui devrait en résulter pourrait alors améliorer les services de transport de charbon.

Le Service de recherche du Congrès remarque que les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires sont de moins en moins disposés à garantir la qualité de service, mais que cela pourrait être dû au fait qu'ils ne souhaitent pas ou ne peuvent pas offrir une telle qualité de service, alors que leurs systèmes sont déjà saturés en termes de capacité (CRS 2007, p. 2).

Cette étude de cas offre des informations utiles sur le coût des services manquant de fiabilité. Elle révèle également que les chargeurs peuvent atténuer l'impact de livraisons peu fiables. Il y a un coût lié à la constitution d'une marge de sécurité (pouvant réduire le manque de fiabilité). Si les chargeurs sont en grande partie captifs des gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, cela signifie qu'ils sont captifs, quelle que soit la qualité offerte. Par conséquent, la responsabilité d'une livraison fiable et d'une gestion des conséquences liées au manque de fiabilité est entre les mains des gestionnaires et des chargeurs.

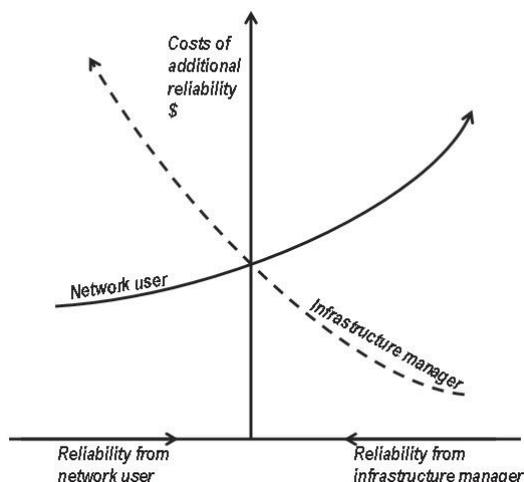
L'étude de cas montre le compromis obtenu en matière de fiabilité en fonction du niveau de capacité offert. Les chargeurs recherchent une plus grande capacité (pour permettre une productivité plus élevée). Si les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires offraient cette capacité, ils prendraient alors le risque que cette capacité soit utilisée et que les chargeurs payent des prix proportionnellement plus élevés, en raison des tarifs du transport ferroviaire. Sur des marchés captifs, les gestionnaires pourraient se contenter d'offrir un niveau de fiabilité moins élevé. Les chargeurs pourraient alors recourir aux régulateurs, pour faire appliquer des niveaux de fiabilité plus élevés.

Source : Congressional Research Service (CRS) 2007, *CRS Report for Congress. Rail Transportation of Coal to Power Plants: Reliability Issues*, Order Code RL34186. Consultable sur : <http://ncseonline.org/NLE/CRSreports/07Oct/RL34186.pdf> ; Consumers United for Rail Equity (CURE) 2005, *Rail Report*, newsletter, août 2005. Consultable sur : www.railcure.org/pdf/newsletter0805.pdf.

1.8 Élaboration de stratégies de fiabilité performantes

Les responsables de réseaux et les usagers jouent un rôle dans la gestion de la fiabilité et, incontestablement, le relèvement des niveaux de fiabilité par l'utilisateur peut être plus rentable que par le responsable du réseau, comme l'illustre la figure ci-dessous.

Figure 1.6. Coûts d'une amélioration de la fiabilité pour le responsable et l'utilisateur des infrastructures



Traduction : Costs of additional reliability = Coûts d'une amélioration de la fiabilité
 Network user = Usager du réseau
 Infrastructure manager = Gestionnaire d'infrastructure
 Reliability from network user = Fiabilité liée à l'utilisateur du réseau
 Reliability from infrastructure user = Fiabilité liée au gestionnaire d'infrastructure

La figure montre que le responsable du réseau et l'utilisateur peuvent tous les deux adopter des stratégies pour améliorer la fiabilité. Pour ce faire, la responsabilité ne doit pas incomber à une seule partie ; les deux parties ont des stratégies « à moindre coût » qui doivent d'abord être mises en œuvre. Par exemple, un moyen efficace d'améliorer la fiabilité pourrait être que les chargeurs gèrent des stocks plus importants, au lieu que le responsable du réseau engage des coûts d'infrastructures supplémentaires.

Ainsi, l'utilisateur et le responsable du réseau jouent tous deux un rôle dans la gestion de la fiabilité des transports.

- Les mesures prises par les usagers peuvent être plus rentables que celle du responsable du réseau. Par exemple, des solutions rentables pour les chargeurs peuvent consister à transporter les marchandises sur des créneaux moins encombrés ou plus fiables, ou de réagir aux problèmes de fiabilité inhérents aux routes en gérant des stocks tampons plus importants (comme indiqué plus haut, les chargeurs britanniques ont choisi des horaires de nuit, moins encombrés, pour certaines de leurs livraisons). D'une manière plus générale, les usagers doivent évidemment se rendre compte quand leurs objectifs d'utilisation du réseau sont trop ambitieux en fonction des conditions du réseau et admettre, par conséquent, qu'il est plus prudent de réduire ou de réorganiser leurs activités.
- Les responsables de réseaux (y compris les pouvoirs publics) ont également des outils rentables, comme la gestion des infrastructures, pour faciliter l'offre d'une fiabilité appropriée.

Qu'il s'agisse de mesures prises par les usagers ou les responsables de réseaux, la démarche des pouvoirs publics doit être de considérer que l'offre de fiabilité dans les transports sera fondée sur le choix de stratégies rentables. En particulier, les stratégies devront d'abord définir les approches les plus rentables et sélectionner les projets les plus performants en fonction d'une analyse coûts-avantages.

Ainsi, comme toute caractéristique souhaitable d'un réseau de transport, la fiabilité a un prix. Elle est soumise aux règles classiques de l'offre et de la demande : plus le prix est élevé, plus la quantité offerte est importante, mais plus la quantité demandée est faible. À l'inverse, plus le prix est bas, plus la demande est forte. Pour les décideurs, le défi à relever se situe sur deux plans. Le premier consiste à élaborer des mécanismes institutionnels influant sur le marché de la fiabilité. En effet, un cadre législatif destiné à prévenir les discriminations entre les usagers du système de transport pourrait empêcher une différenciation des services en termes de fiabilité. Le deuxième consiste à prendre en compte la fiabilité dans l'évaluation des projets publics d'infrastructures de transport.

En d'autres termes, le rôle des pouvoirs publics est double : favoriser un marché de la fiabilité et intégrer la fiabilité dans l'évaluation des projets d'infrastructures de transport. Concernant le premier de ces rôles, il importe de noter que la fiabilité, en tant que caractéristique du service, est souvent associée avec d'autres caractéristiques telles que la rapidité, le confort et le coût, ce qui rend très difficile l'isolement d'un marché de la fiabilité à part entière.²

Un point important découlant de ce qui précède est qu'il n'existe de marché explicite de la fiabilité que si deux services se distinguant avant tout par leur niveau de fiabilité sont assurés en parallèle. Si ce n'est pas le cas, il est extrêmement difficile d'estimer de façon fiable la valeur que les usagers du réseau accordent à la fiabilité.³

Dans l'idéal, les incitations du marché non seulement favoriseraient un niveau de fiabilité performant, mais permettraient aussi de faire peser la charge de la fiabilité sur la partie capable de l'assumer à moindre coût.⁴

La prise en compte de la fiabilité dans les analyses coûts-avantages est de toute évidence souhaitable, mais elle est aussi difficile. Les valeurs accordées à la fiabilité varient d'un projet à l'autre. L'utilisation d'une valeur incorrecte pourrait donner un plus mauvais résultat que si la fiabilité n'était tout simplement pas évaluée. L'analyse coûts-avantages, qui repose sur un ensemble de principes économiques rationnels, est le fruit d'une évolution de plus d'un siècle et il est peu probable qu'elle puisse être perfectionnée valablement du jour au lendemain.⁵ Le chapitre 3 propose toutefois une méthode possible pour intégrer la valeur de la fiabilité dans l'évaluation des projets et recense par ailleurs les écueils éventuels à éviter.

1.9 Nouveau cadre d'action

Il existe de nombreux instruments et techniques qui peuvent être utilisés, séparément ou en association, pour améliorer la fiabilité du réseau de transport. Les sources du manque de fiabilité représentées sur la figure 1.3 indiquent quatre principales solutions politiques de gestion de la fiabilité, également illustrées par les études de cas présentées dans les chapitres qui y sont consacrés :

- Augmentation physique et amélioration de la capacité.
- Amélioration de la gestion de la capacité.
- Élaboration de mécanismes de tarification pour mettre en place un marché de la fiabilité.

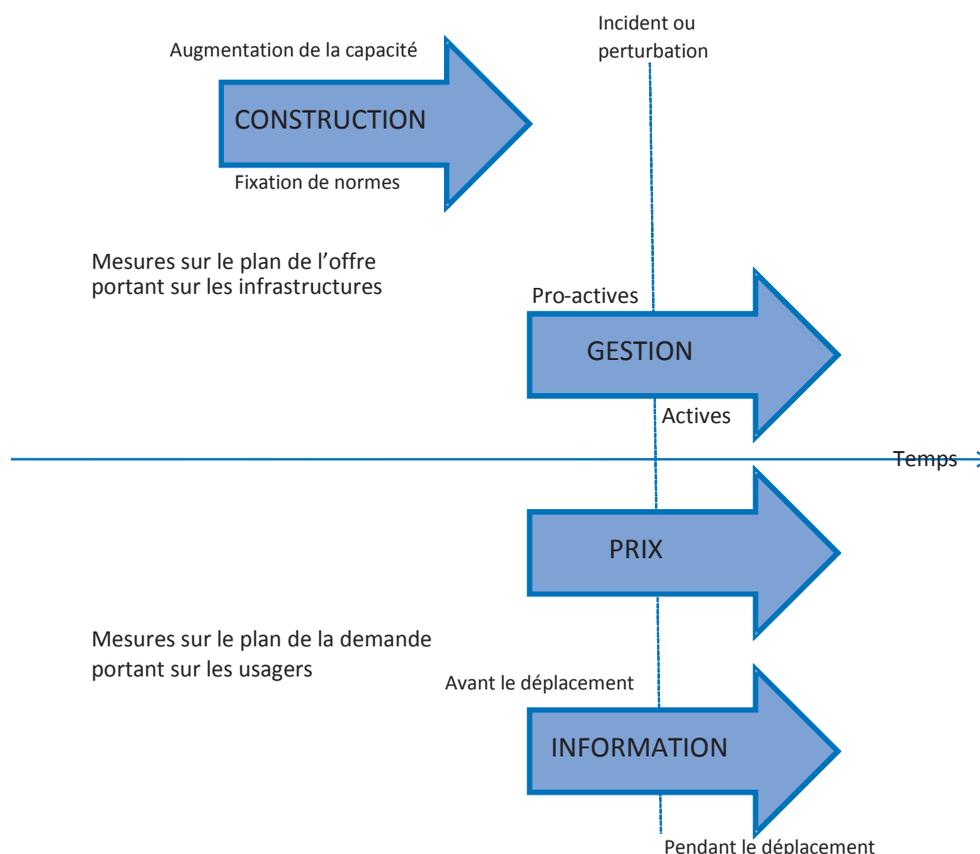
- Mise en œuvre de systèmes d'information destinés à atténuer les conséquences néfastes du manque de fiabilité (c'est-à-dire à réduire ses coûts), en réduisant la demande de réseau (pour détourner la congestion liée aux incidents), en diminuant le stress sur la route provoqué par le manque de fiabilité, ainsi qu'en contribuant à l'atténuation et à la gestion des problèmes soulevés par le non-respect des horaires.

Bien qu'en général ces solutions politiques ne soient pas nécessairement interchangeables, elles doivent faire l'objet d'une analyse coûts-avantages. Chacune d'elles est abordée en détail dans les chapitres 4 à 7.

La quantification de la valeur des avantages liés à une meilleure fiabilité est exigeante en informations. Le rapport examine différentes solutions pour améliorer la fiabilité, notamment les investissements qui peuvent atténuer (diminuer) l'impact d'un événement occasionnant des temps de parcours peu fiables. L'estimation des avantages liés à ces investissements peut, sans nul doute, être difficile à établir.

Le suivi de la fiabilité et la mesure des évaluations et des solutions de fiabilité choisies par les usagers du réseau sont essentiels pour réaliser une estimation solide de ces solutions politiques. Le chapitre 2 examine donc en premier lieu le suivi de la fiabilité. Le chapitre 3 aborde en deuxième lieu les valeurs accordées par les usagers à la fiabilité et comment ces valeurs ont été et doivent être intégrées dans une analyse coûts-avantages.

Figure 1.7. Solutions politiques destinées à améliorer la fiabilité



PRINCIPAUX MESSAGES

- La fiabilité est la capacité du système de transport à offrir la qualité de service escomptée, en fonction de laquelle les usagers ont organisé leurs activités.
- L'évolution des modes de vie, ainsi que des modalités de production, de stockage et de distribution a contribué, avec l'évolution des transports, à accroître l'importance de la fiabilité.
- Le renforcement des relations commerciales aux niveaux national et international, ainsi que l'accroissement des transports de marchandises, se sont traduits par une augmentation des volumes, acheminés sur de plus longues distances et selon des schémas de plus en plus complexes et interdépendants.
- La non-fiabilité n'est pas synonyme de congestion, même si la congestion augmente les probabilités de non-fiabilité ; les deux notions peuvent avoir des implications différentes en termes d'action.
- Le manque de fiabilité a deux conséquences néfastes : le déplacement est contrariant (il provoque un stress) et peut entraîner des effets de vague ou boule de neige qui perturberont les emplois du temps (correspondances, loisirs, travail).
- Les possibilités d'améliorer la fiabilité sont souvent entre les mains des responsables et des usagers des réseaux : les stratégies « à moindre coût » qui doivent d'abord être mises en œuvre sont généralement à la disposition des deux parties.
- L'absence d'un marché performant en matière d'offre de réseau routier peut conduire à une surévaluation des besoins de fiabilité par les personnes qui y accordent le plus d'importance, ce qui représente un élément important à prendre en compte pour constituer une offre rentable et une demande de fiabilité.
- La fiabilité est affaire de lieu, ce qui a des conséquences sur les approches à adopter pour gérer le problème.
- Les usagers du réseau peuvent se prémunir contre le manque de fiabilité en prévoyant une marge de sécurité (souvent coûteuse) et en constituant des stocks tampons. Toutefois, moins l'événement est prévisible, moins il est possible d'adopter des stratégies efficaces.
- Comme toute caractéristique souhaitable d'un réseau de transport, la fiabilité a un prix. Une analyse coûts-avantages d'un projet doit intégrer la valeur de la fiabilité. Toutefois, l'utilisation d'une valeur incorrecte pourrait donner un plus mauvais résultat que si la fiabilité n'était tout simplement pas évaluée.
- Le manque de fiabilité risque de se produire lorsque l'accès au réseau est ouvert et que, par conséquent, il n'y a pas de marché de la fiabilité, lorsque le service est assuré par un monopole ou qu'il y a plusieurs exploitants dont les responsabilités ne sont pas clairement définies, lorsque les activités dépendent de processus « en flux tendus » ou de programmes très chargés, ou lorsque les usagers du réseau ont peu ou pas de solutions de rechange pour réorganiser leurs activités en cas de défaillance.
- Pour les décideurs et les planificateurs, le défi est d'identifier les principales sources du manque de fiabilité sur une liaison ou sur un réseau donnés, et d'établir un cadre de planification et d'évaluation, ainsi que des incitations structurelles pour l'adoption prioritaire des solutions au moindre coût.

NOTES

1. Remarquons qu'une stratégie de maximisation du profit dans une situation de monopole peut aussi impliquer une meilleure qualité et une plus grande différenciation, mais très probablement pour un petit groupe d'utilisateurs.
2. Cet aspect est commun à tous les marchés, l'éventail des biens et des services proposés étant rarement, voire jamais, d'une largeur telle que les consommateurs puissent choisir la quantité exacte de chaque élément constitutif qu'ils jugent raisonnable de payer.
3. Par exemple, si la fiabilité ne peut pas être imputée directement aux utilisateurs, ces derniers ont tendance à grossir considérablement la valeur qu'ils lui accordent.
4. La fiabilité s'apparente en ce sens à un risque.
5. Pour plus d'informations sur l'histoire de l'analyse coûts-avantages aux États-Unis, voir : <http://www.chicagoasa.org/downloads/CostBenefitConference2006/benefit%20cost%20history.pdf>

2. SUIVI DE LA FIABILITÉ EN TANT QUE SIGNAL POLITIQUE

2.1 Introduction

Dans le précédent chapitre, il a été conclu que la fiabilité des transports était de plus en plus importante pour les activités commerciales et les modes de vie. En tant que responsables de réseaux, les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle capital pour offrir une fiabilité optimale. Il convient donc de savoir s'ils ont des stratégies pour assurer cette optimalité. L'élément essentiel de ces stratégies politiques doit consister à identifier les principaux niveaux de fiabilité. En bref, le suivi de la fiabilité peut transmettre un signal politique. Ce chapitre étudie les grands indicateurs de fiabilité qui peuvent orienter les décideurs et les planificateurs.

Un certain nombre d'acteurs peuvent être intéressés par la fiabilité du système de transport, dont l'efficacité de leurs services peut dépendre. Ce sont les suivants :

- Les usagers directs (conducteurs de voitures et de poids lourds, passagers des transports en commun, transporteurs, chargeurs, etc..).
- Le gestionnaire du réseau chargé de la qualité du trafic (vitesse, circulation, sécurité, confort, fiabilité, taux d'occupation des places dans les transports en commun, etc).
- Les autorités chargées d'autres réseaux, qui peuvent éventuellement servir de réseaux de secours en cas de perturbations.
- Les opérateurs de transports en commun.
- Les services d'urgence et les services privés, tels que les dépanneurs et les remorqueurs.

Plusieurs pays ont étudié différentes approches de suivi de la fiabilité. La principale tâche consiste à trouver des indicateurs offrant des mesures appropriées de l'*irrégularité* dans la traversée du réseau.

Un examen des indicateurs de fiabilité existants suggère qu'un nombre croissant de pays procèdent à un suivi de la fiabilité et que plusieurs indicateurs de fiabilité sont disponibles. Cependant, certains d'entre eux présentent plusieurs défauts :

- **Regroupement des usagers.** La plupart des indicateurs de fiabilité existants portent sur les critères de performance de l'ensemble du réseau et non la satisfaction des besoins des usagers, c'est-à-dire sur le fait de savoir si chaque usager bénéficie véritablement de services fiables.
- **Lissage dans le temps.** Les indicateurs ne montrent habituellement que des moyennes annuelles globales et masquent par conséquent des variations à plus court terme de la qualité de service.
- **Communication de données partielles.** D'une façon plus générale, la majorité des indicateurs existants ont été conçus à l'origine pour que l'information remonte vers les responsables de

réseaux et non pour mesurer la perception que les usagers finaux ont de la fiabilité. Aussi les indicateurs peuvent-ils communiquer des renseignements d'ordre opérationnel, comme les horaires d'arrivée des trains de marchandises, et non ceux intéressant au premier chef les clients, comme la prévisibilité des horaires d'enlèvement ou de livraison (Bureau of Transport and Communication Economics 1996).

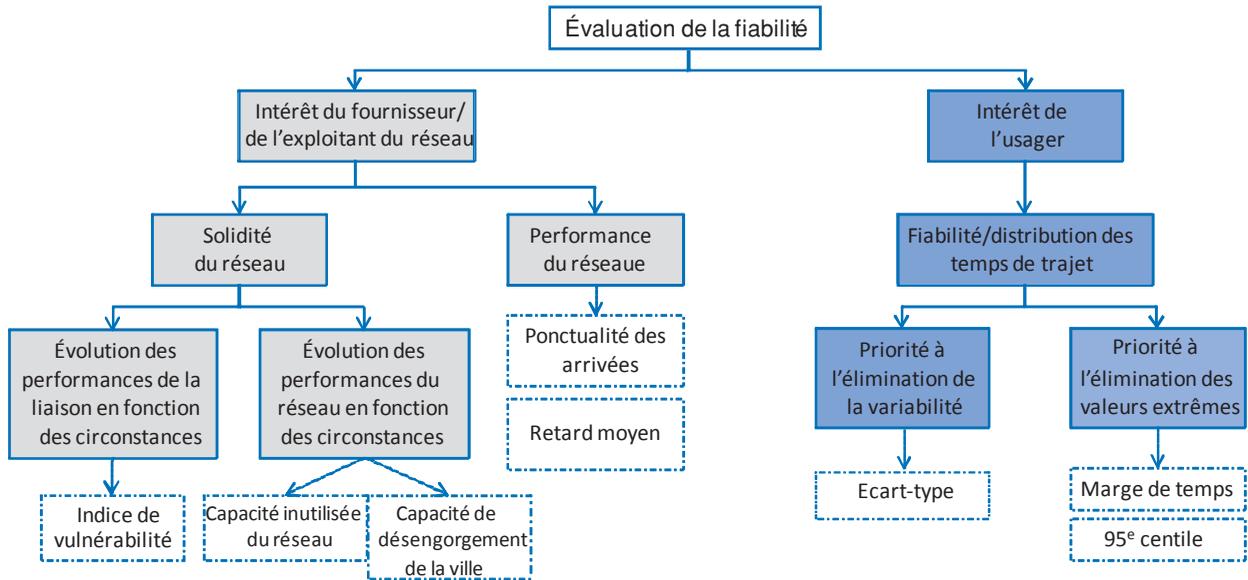
Il est important de remarquer que la « fiabilité » n'a pas le même sens pour chacune des parties concernées. Les points de vue du responsable (ou de l'exploitant) du réseau et de l'utilisateur sont clairement distincts à cet égard ; cela signifie que les différentes parties souhaiteront et nécessiteront des indicateurs différents pour représenter la fiabilité, en fonction de leurs besoins. Au point suivant de ce chapitre, des recommandations sont formulées sur l'utilisation de différents indicateurs de fiabilité, pour différents usages. Une distinction sera effectuée entre les points de vue du responsable du réseau et de l'utilisateur.

1. Le responsable ou l'exploitant du réseau s'intéresse à :
 - la solidité ou la vulnérabilité du réseau, une autre distinction étant à opérer entre les indicateurs de performance de la liaison, d'une part, et du réseau, d'autre part, et ce dans des conditions variables ;
 - les performances d'exploitation du réseau, l'accent étant mis sur les indicateurs propres à retracer les performances du système en termes d'écart par rapport à la qualité de service escomptée ou convenue.
2. L'utilisateur du réseau met l'accent sur :
 - la variabilité du temps de parcours telle qu'il la perçoit, un paramètre qui lui procure des renseignements utiles pour la planification de ses déplacements ; une autre distinction est à faire entre les indicateurs représentatifs de la variabilité générale du temps de parcours, d'une part, et de l'élimination des retards imprévus à caractère extrême, d'autre part.

Par conséquent, les indicateurs de performance se répartissent clairement en deux catégories groupant, pour l'une, les indicateurs de qualité des *exploitants* (ce qu'ils offrent et planifient) et, pour l'autre, les indicateurs de perception des *usagers* (comment ils réagissent à ce qui se passe sur le réseau). En ce qui concerne l'élaboration des politiques, il importe de déterminer ce que l'exploitant et l'utilisateur pensent de la fiabilité et d'en rendre compte.

Cette analyse des indicateurs existants permet de schématiser les différentes finalités des combinaisons d'indicateurs comme indiqué ci-dessous (figure 2.1). Sa principale conclusion est qu'il est extrêmement important de tenir compte du point de vue tant du responsable du réseau que de l'utilisateur, car chacun a des implications différentes en termes d'action. Le paragraphe suivant, présentant les indicateurs proposés, est organisé en fonction des principaux axes illustrés sur cette figure.

Figure 2.1. Sens donné à la fiabilité par le responsable du réseau et par l'utilisateur



2.2 Collecte de données

L'information sur la fiabilité du réseau dépend des données sur les performances et l'utilisation du réseau. En principe, il est plus facile de suivre les performances des chemins de fer, car l'accès au réseau est limité, c'est-à-dire que l'accès est généralement ouvert à une poignée d'utilisateurs (au plus) et que l'utilisation est suivie en temps réel. L'accès et l'utilisation de la route sont très différents de ceux du train, ce qui rend beaucoup plus difficile la collecte de données. Il existe deux principales méthodes pour suivre les temps de parcours sur la route :

- La *mesure directe du temps de parcours* est basée sur la mesure de l'intervalle de temps que prend un véhicule donné pour aller d'un point à un autre.
- L'*estimation indirecte du temps de parcours* à partir des caractéristiques du trafic (essentiellement, la densité, les flux et la vitesse) est obtenue avec des équipements routiers, tels que les détecteurs à boucle magnétique.

La mesure indirecte est relativement rentable, en particulier lorsque la mesure directe est extrêmement difficile ou coûteuse, ou lorsque le matériel de relevé pour la mesure indirecte est déjà disponible. Des campagnes de mesure directe des temps de parcours ont été entreprises sur des liaisons routières spécifiques, dans le cadre de projets de recherche régionaux sur les temps de parcours, essentiellement aux États-Unis et en Europe occidentale.

Le manque de données a été un problème récurrent pour les praticiens, dans l'élaboration de plans de gestion des routes. Étant donné que le temps de parcours est l'information préférée des acteurs (gestionnaires et usagers), le principal objectif devrait être de combler les lacunes en matière d'information. Cependant, bien que les autorités soient conscientes de l'insuffisance des données, les projets de mesure directe des temps de parcours ont été très rares.

Les paragraphes suivants offrent un aperçu des difficultés liées aux méthodes directes et indirectes de suivi de la fiabilité des routes.

2.2.1 *Mesure directe*

Il existe deux principales méthodes pour collecter des données directes sur les temps de parcours. La première consiste à identifier le véhicule sur au moins deux points de contrôle en bord de route. La deuxième consiste à suivre des véhicules spécifiques. Avec les techniques d'identification en bord de route, le véhicule est identifié à l'entrée et à la sortie du tronçon routier. Il est ainsi possible d'estimer le temps de parcours. L'identification des véhicules peut être effectuée, par exemple, par la lecture des plaques d'immatriculation ou par l'identification automatisée des véhicules depuis les infrastructures de péage routier.

Avec le deuxième type de techniques, il s'agit de suivre les véhicules. Il est évidemment très coûteux de recueillir des données de cette manière. Depuis toujours, des véhicules de suivi (ou véhicules « sondes ») sont donc spécialement conçus à cet effet. Leur seule fonction est de réunir des données sur les temps de parcours.

Les nouvelles technologies offrent des moyens de mesure moins coûteux. Le développement des systèmes de transport intelligents (STI) et la popularisation des systèmes de localisation mondiaux (GPS) ont permis à chaque véhicule circulant sur une route spécifique de transmettre des données sur le temps de parcours et sa variabilité. Ces véhicules équipés de GPS peuvent être des flottes de transport régulier (comme les lignes d'autocars ou les sociétés de livraison) qui circulent régulièrement sur un itinéraire particulier. Des recherches sont en cours pour identifier la possibilité d'obtenir des données sur les temps de parcours à l'aide d'un suivi par téléphone mobile.¹ Si ces technologies s'avèrent précises, il serait possible pour chaque véhicule de transmettre des données sur le temps de parcours et sa variabilité.

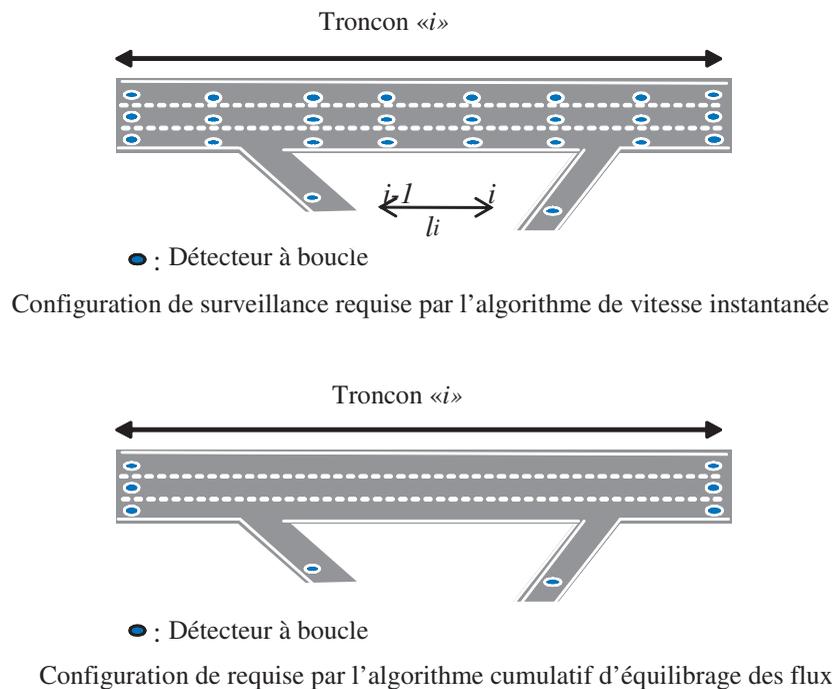
2.2.2 *Mesure indirecte*

L'estimation indirecte des temps de parcours a pour objectif de mesurer une gamme de variables de trafic (flux, vitesse et densité). Les données peuvent être recueillies sur un point particulier de la route ; elles sont ensuite, à partir de ces mesures ponctuelles, extrapolées à un tronçon routier. Dans leur ensemble, ces variables fondamentales rendent compte de la totalité du trafic physique et il devrait donc être possible d'en déduire d'autres variables. Les détecteurs à boucle constituent une technologie largement utilisée, qui permet de collecter des données sur les flux, la vitesse et la densité du trafic. Les détecteurs simples ne recueillent que les données sur les flux de trafic ; la vitesse et la densité de trafic doivent donc être déduites par approximation. Les détecteurs doubles à boucle peuvent mesurer les trois variables.

Deux méthodes fondamentales permettent d'obtenir une estimation des temps de parcours à l'aide de détecteurs à boucle. La première et la plus utilisée est l'algorithme de vitesse instantanée. Elle est basée sur l'extrapolation de la vitesse mesurée en un point par le détecteur à boucle, à une section autoroutière complète. L'hypothèse prise en compte dans l'application de cet algorithme est que les caractéristiques des flux de trafic sont constantes sur l'ensemble du tronçon et de la période. En conséquence, pour que l'algorithme soit performant, la densité de surveillance (un détecteur à boucle tous les 500 m) et la fréquence d'actualisation des paramètres (toutes les 5 mn) doivent être élevées. En outre, sur les routes très encombrées, où les véhicules sont souvent à l'arrêt, l'estimation des temps de parcours à l'aide de cet algorithme peut être très différente de la réalité. Les différentes approches se distinguent dans la manière de lisser ces variations.

En raison de la densité de surveillance nécessaire et du manque de précision de l'algorithme de vitesse instantanée en cas d'encombrement, une nouvelle méthode d'estimation des temps de parcours a été mise au point. Elle s'appuie sur un algorithme cumulatif du bilan des flux, qui estime les temps de parcours directement à partir de la mesure des flux du détecteur à boucle, sans un calcul préalable imprécis de la vitesse. L'algorithme utilise les flux d'entrée et de sortie sur le tronçon routier pour calculer le temps de parcours, à l'aide de l'équation de conservation du flux. Évidemment, pour appliquer cet algorithme, toutes les rampes d'accès doivent être équipées de détecteurs à boucle. La dérive du détecteur constitue une question centrale dans le manque de précision de cette méthode. Les configurations de surveillance nécessaires pour ces deux méthodes sont présentées sur la figure 2.2.

Figure 2.2. Configurations de surveillance requises



Source : Soriguera et Robusté (2008).

2.2.3 Décision sur le niveau de suivi

Les avantages liés à la collecte de données sur les temps de parcours pour le suivi de la fiabilité varient énormément avec la variabilité du temps de parcours, en fonction des caractéristiques du réseau et des exigences de l'utilisateur. Cependant, compte tenu de contraintes budgétaires évidentes, les plans de suivi doivent être hiérarchisés. Le niveau de suivi influera directement sur la précision des informations relatives aux temps de parcours.

Les critères présentés ci-dessous, utilisés pour hiérarchiser les liaisons qui bénéficieront d'un suivi, ont été appliqués sur le réseau routier catalan en Espagne (Soriguera et Robusté 2008). L'analyse a intégré les données existantes, la fréquence des encombrements et les volumes de trafic. Les priorités de mise en œuvre du système d'information ont été définies en fonction de la gravité des encombrements, de la durée des heures de pointe et de la technologie la plus appropriée pour mesurer les temps de parcours sur chaque corridor (voir tableau 2.1).

Tableau 2.1. **Corridors prioritaires pour la mise en œuvre d'un système d'information sur le réseau routier catalan (Espagne)**

Priorité	Corridors	Justification
1	Routes à péage, notamment celles suivant un axe SO-NE le long de la côte.	<ul style="list-style-type: none"> – Encombrement important – Fréquences moyennes (manque de fiabilité élevé) – Volumes de trafic élevés – Moindre coût (infrastructures à péage existantes)
2	Routes sans péage autour de Barcelone	<ul style="list-style-type: none"> – Encombrement journalier important – Volumes de trafic élevés – Équipement de surveillance intensive déjà existant
3	Corridors saisonniers <ul style="list-style-type: none"> – Corridors N-S en hiver (ski) – Corridors côtiers en été (plage) 	<ul style="list-style-type: none"> – Encombrement sporadique important – Fréquences faibles (manque de fiabilité élevé) – Surveillance actuelle faible
4	Reste du réseau	<ul style="list-style-type: none"> – Coût élevé pour avantages faibles

Source : Soriguera et Robusté (2008).

Une série de principes très détaillés et pratiques pour mesurer les temps de parcours, les retards, la variation et la fiabilité est présentée dans le rapport du programme national de recherche coopérative sur les routes du Conseil de recherche sur les transports (TRB), relatif à une mesure rentable des performances concernant le ralentissement, la variation et la fiabilité du temps de parcours, intitulé « Cost-Effective Performance Measures for Travel Time Delay, Variation and Reliability » (National Cooperative Highway Research 2008).

2.3 Suivi de la fiabilité des responsables et exploitants

Les indicateurs de fiabilité du point de vue d'un responsable ou d'un exploitant de réseau doivent être subdivisés en indicateurs de *solidité* et de *performance*. Immers *et al.* (2004) comparent ces deux caractéristiques du système : la « solidité » caractérise l'état du réseau, tandis que la « performance » désigne la performance d'un système.

Les indicateurs de *solidité* doivent déterminer si un système est fiable dans son ensemble, au sens où le système conserve ses propriétés et remplit ses fonctions dans des conditions variables ou, au contraire, est vulnérable dans son fonctionnement aux perturbations liées à des conditions variables internes et externes.

Les indicateurs de *performance* doivent déterminer les performances de fiabilité d'un réseau en termes d'écart par rapport à la qualité de service escomptée ou convenue. Les différents indicateurs correspondants à ces deux catégories sont présentés dans les paragraphes suivants.

2.3.1 Indicateurs de suivi de la solidité du réseau

La solidité (ou la vulnérabilité) d'un réseau est un concept complexe, pour lequel il existe plusieurs définitions. L'une des plus connues est celle de Ziha (2000), qui définit la solidité comme la capacité d'un réseau à réagir à des conditions négatives. Les caractéristiques du réseau sont des éléments importants pour déterminer la vulnérabilité ou la solidité. Ainsi, de nombreuses solutions de remplacement se présenteront à l'utilisateur sur les réseaux très denses, si une ou deux liaisons sont bloquées, alors qu'elles seront très peu nombreuses sur les réseaux ruraux ou dans le cas d'un nombre

limité de liaisons. Des études initiales sur la solidité du réseau ont porté sur quelques concepts liés à la fiabilité :

- La **fiabilité des correspondances** envisage la probabilité d'existence (ou d'absence) d'une correspondance pour un couple origine-destination donné. Elle est utile pour représenter les impacts d'une catastrophe telle qu'une interruption due à un tremblement de terre, à une inondation ou à un accident bloquant totalement une section routière et, par conséquent (au moins provisoirement) toutes les liaisons connexes (Wakabayashi et Iida 1992, Bell et Iida 1997).
- La **fiabilité des temps de parcours** envisage la probabilité d'un déplacement entre deux centres du réseau dans un intervalle de temps spécifié, compte tenu de la variation de la demande aléatoire journalière de mobilité (Asakura et Kashiwadani 1991, Clark et Watling 2005).
- Chen *et al.* (1999) ont également introduit le concept de **fiabilité de la capacité**, qui envisage la probabilité qu'un réseau puisse satisfaire une certaine demande de mobilité à un niveau de service donné. Ce concept s'applique aux conditions de l'offre proposées par un réseau détérioré.

Une recherche récente a porté sur les *conséquences* possibles de la rupture d'une liaison du réseau, ainsi que sur la *probabilité* d'une rupture. Elle a proposé le concept de « vulnérabilité » ou de « fiabilité potentielle » (Watling *et al.* 2004). D'Este et Taylor (2003) définissent la vulnérabilité comme la susceptibilité d'un réseau à une réduction importante de l'accessibilité en cas de perte (ou de détérioration) d'un petit nombre de liaisons du réseau. Ces liaisons doivent être celles dont la rupture provoque la plus forte réduction des performances du réseau. Les indicateurs spécifiques de *solidité d'une liaison* et *d'un réseau* sont présentés ci-dessous (basé sur Santos *et al.* 2007).

Indicateur de performance d'une liaison dans des conditions variables

La rupture de certaines liaisons peut avoir des conséquences graves sur les performances du réseau, notamment lorsqu'il n'y a pas d'itinéraires bis géographiquement proches. Pour représenter la vulnérabilité d'un réseau, la vulnérabilité d'une liaison est définie en prenant deux aspects en compte : le nombre d'itinéraires au moindre coût incluant cette liaison et le flux de trafic sur cette liaison.

Contrairement aux réseaux électroniques, par exemple, il est essentiel de prendre en compte le flux sur les réseaux de transport, car les coûts sur une liaison n'augmentent pas de manière constante avec la demande. Lorsqu'un seuil est franchi, les coûts augmentent plus que linéairement. La vulnérabilité d'une liaison (et du réseau de transport correspondant) doit donc prendre en compte les fonctions de coûts (capacités) de chaque liaison, en plus d'une hypothèse d'affectation (Aymerich et Robusté 1990). Le nombre de liaisons et de flux peut être pondéré en fonction de l'importance perçue. Un exemple plus détaillé de cette analyse est l'application d'un outil d'évaluation du réseau, tel que décrit au chapitre 5 du présent rapport (analyseur de la solidité).

Indicateurs de performance d'un réseau dans des conditions variables

L'intérêt pour la solidité ou la vulnérabilité d'une liaison spécifique est assez limité, car un exploitant de réseau est rarement chargé du fonctionnement d'une seule liaison d'un réseau. Par conséquent, la vulnérabilité d'une seule liaison est souvent moins pertinente que la vulnérabilité de tout un réseau. Deux types appropriés d'indicateurs offrant un aperçu de la solidité ou de la vulnérabilité d'un réseau sont « la capacité non utilisée du réseau » et « la capacité d'évacuation de la ville ».

Les réseaux routiers subissent d'importantes variations de la demande de mobilité et de l'offre d'infrastructures pendant leur durée de vie (en raison de changements démographiques, d'événements particuliers, de travaux, de catastrophes naturelles, etc.). Compte tenu de ces variations, le réseau doit pouvoir réagir de manière à maintenir constamment un niveau de service performant. Dans le cas contraire, des perturbations locales graves peuvent se produire, mais aussi s'étendre à travers le réseau. Pour représenter l'aptitude d'un réseau à supporter ces perturbations, l'*indice de capacité non utilisée du réseau* est défini comme la somme de la capacité inutilisée de chaque liaison, pondérée par le nombre total de kilomètres parcourus sur la liaison et divisée par le nombre total de kilomètres parcourus sur le réseau. Une pondération peut être appliquée, par exemple, pour faire ressortir l'importance de la capacité inutilisée sur les liaisons longues aux flux de trafic élevés. Un paramètre supplémentaire peut être utilisé pour refléter l'importance accordée à la capacité inutilisée sur chaque liaison.

Les situations dans lesquelles la demande de mobilité locale est élevée peuvent être déterminantes pour les performances d'un réseau routier. La capacité du réseau à assurer une évacuation rapide des villes peut être essentielle pour la sécurité publique en cas d'événements imprévus (par exemple, attentats terroristes, catastrophes naturelles) ou pour la mobilité des visiteurs lors d'événements organisés (par exemple, festivals de musique, manifestations sportives). Ce sujet est devenu extrêmement important ces dernières années, après les attentats terroristes, ainsi que l'ouragan Katrina en 2005 et l'évacuation déficiente de la Nouvelle-Orléans. Pour représenter l'aptitude d'un réseau à gérer ces situations, il convient de faire la somme de la capacité totale des liaisons partant de chaque ville, pondérée par la population de la ville et divisée par la population totale de la région, afin de calculer l'*indice de capacité d'évacuation d'une ville*. La pondération est appliquée pour souligner l'importance de la capacité d'évacuation des grandes villes.

2.3.2 Indicateurs de suivi des performances du réseau

En planification des transports, les performances de fiabilité sont généralement exprimées par la probabilité d'un déplacement dans un certain temps de parcours. Comme ils dépendent de plusieurs facteurs, les temps de parcours sur un réseau donné ont un caractère relativement aléatoire, essentiellement lié à l'interaction entre les usagers et la capacité disponible du réseau, ainsi qu'aux variations de la capacité de la route en raison de facteurs externes (voir chapitre 1).

Les indicateurs utilisés pour exprimer les performances de fiabilité du système sont nombreux. Pour les transports en commun, ces dernières sont souvent exprimées par la ponctualité à l'arrivée et au départ des stations et des gares. Le tableau 2.2 présente un indicateur habituel des performances d'un réseau de transport en commun.

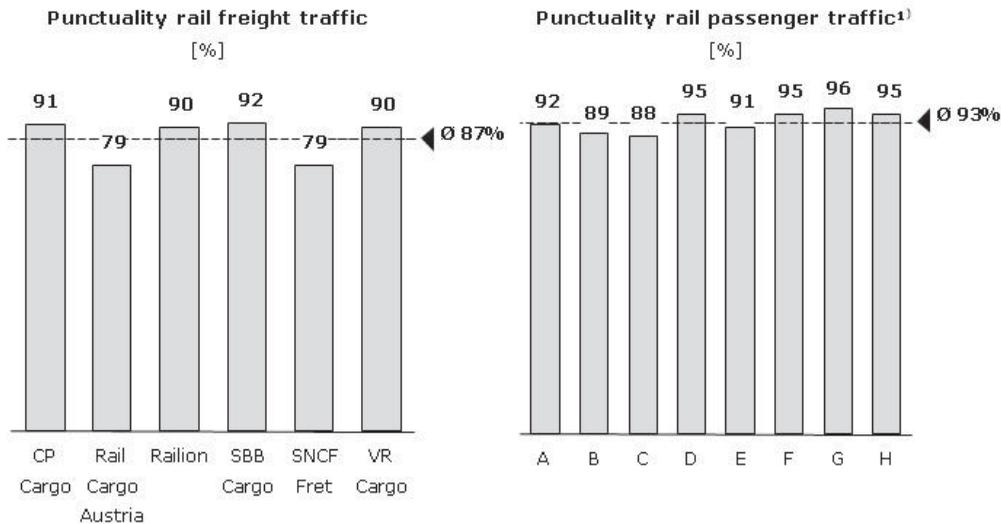
Tableau 2.2. **Ponctualité des trains interurbains selon l'heure d'arrivée, mai 2009 (Royaume-Uni)**

Trains grandes lignes	Retard maximum de 10 mn (%)
Great Western	94.6
East Coast	92.5
London Midland	90.4
TransPennine	94.7
Cross-Country	92.5
West Coast	84.6

Source : Network Rail (2009).

Dans ce cas, la fiabilité est définie comme la ponctualité, soit la proportion de trains arrivant « à l'heure ». La définition de la « performance de ponctualité » diffère cependant entre les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, ainsi qu'entre le trafic de marchandises et le trafic de voyageurs, et peut aller de 5 minutes à 30 minutes pour le fret. La figure ci-dessous montre comment la ponctualité peut aussi être assez trompeuse, parce que les définitions de la « ponctualité » diffèrent d'un pays à l'autre.

Figure 2.3. **Ponctualité des trains en Europe occidentale**



Traduction : Ponctualité rail freight traffic = Ponctualité du trafic ferroviaire de marchandises
Ponctualité rail passenger traffic = Ponctualité du trafic ferroviaire de voyageurs

Source : BSL (2008). Les définitions de la ponctualité des trains de marchandises ne sont pas connues en détail, mais les seuils varient d'une société à l'autre, entre 5 et 15 minutes. Les trains de voyageurs sont encore qualifiés de ponctuels lorsqu'ils arrivent avec un retard compris entre 3 et 7 minutes. Pour des raisons de confidentialité, les données ont été anonymisées. Les échantillons sont constitués de données provenant de pays d'Europe occidentale. Les données sont normalisées.

Par rapport au réseau ferroviaire, les performances de fiabilité du réseau routier sont souvent mesurées en fonction de la vitesse moyenne par catégorie de voies, même si une vitesse lente peut encore être « fiable ». Un exemple légèrement plus complexe, concernant le secteur routier, est présenté dans l'encadré 2.1.

Encadré 2.1. **Suivi de la fiabilité du réseau (Royaume-Uni)**

Le ministère britannique des Transports surveille les retards moyens des véhicules, calculé en fonction des écarts entre les temps de parcours observés et un temps de parcours de référence, constatés sur les 10 % de temps de parcours journaliers les plus lents sur chacun des 103 itinéraires constituant le réseau routier stratégique anglais.

Le suivi est réalisé, pour chaque période de départ de 15 minutes, entre 6 h et 20 h, chaque jour de la semaine. Une diminution de la valeur de l'indicateur représente une réduction des temps de parcours sur les 10 % de temps de parcours les plus lents de la distribution, soit une meilleure fiabilité des déplacements dans leur ensemble.

Source : Note technique du ministère britannique des Transports – Objectif PSA n° 1, consultable sur : <http://www.dft.gov.uk/about/howthefitworks/psa/psatarget1?page=1>.

Jusqu'à présent, nous avons examiné les indicateurs de performance du *réseau*. Cependant, comme le montre la figure 2.1, les décideurs doivent également suivre la perception des *usagers* et leur réaction face aux conditions qui règnent sur le réseau. Cette dernière peut être illustrée par l'exemple suivant : un train de marchandises peut avoir six heures de retard et arriver à 7 h, au lieu de 1 h. C'est une défaillance grave du réseau. Cependant, du point de vue de l'utilisateur, ce retard de six heures ne sera pas important, si le chargeur peut enlever les marchandises, lorsque le dépôt ouvrira à 8 h. En conséquence, même si un train arrive en retard *du point de vue du gestionnaire d'infrastructure ferroviaire*, il n'y aura pas d'incidences négatives si les marchandises peuvent être enlevées et, par conséquent, la fiabilité du point de vue de l'utilisateur est maintenue.² Par contre, à cause d'un léger retard de 15 mn dans l'après-midi, il se peut que les marchandises n'arrivent pas à l'usine le jour même, mais le lendemain. La question porte donc sur le point de vue de l'utilisateur en matière de fiabilité.

2.4 Suivi de l'expérience des usagers en matière de fiabilité

Le point de vue de l'utilisateur envisage les caractéristiques spécifiques des temps de parcours tels qu'ils sont perçus par les usagers du réseau et comment les usagers peuvent réagir aux principaux niveaux de fiabilité (en se ménageant des marges de sécurité, par exemple). Les conclusions de la recherche suggèrent que les caractéristiques des temps de parcours sont les principaux indicateurs de fiabilité sur les réseaux routiers (Lo 2002, Cassir *et al.* 2001). Dans la politique de transport stratégique nationale néerlandaise, par exemple, la fiabilité des temps de parcours joue un rôle central et l'amélioration de la fiabilité du réseau « de porte à porte » est considérée comme un objectif politique essentiel (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2004b).

Malgré son importance évidente, il n'y a pas d'opinion explicite sur la définition précise de la fiabilité du temps de parcours ni sur ses modalités de surveillance. Il existe différentes définitions, et de nombreux indicateurs pertinents ont été proposés. Une présentation de ces indicateurs pour le trafic routier peut être consultée dans Lomax *et al.* (2003). Van Lint et Van Zuylen (2005) ont analysé les propriétés des différents indicateurs et en ont élaboré une présentation complète (voir tableau 2.3).

Il existe deux principales sources de données sur le point de vue de l'utilisateur :

- Données collectées par les organismes responsables de réseaux, reproduisant les déplacements types et les perceptions des temps de parcours.
- Données collectées par les organismes responsables de réseaux à partir d'entretiens avec les usagers.

La méthode de l'entretien sera plus représentative des perceptions et des priorités de l'utilisateur, mais sera également beaucoup plus coûteuse pour le suivi.

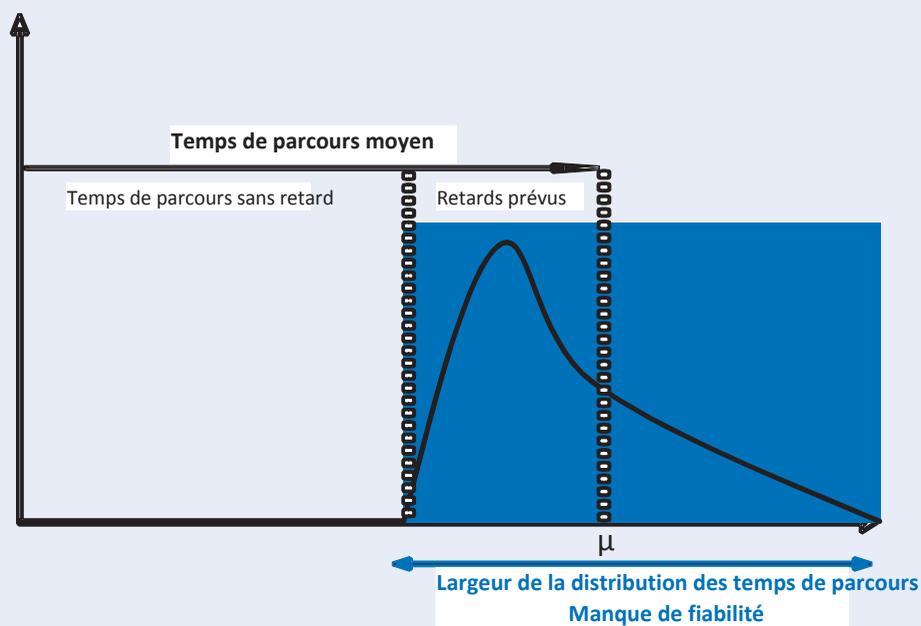
La caractéristique commune à tous ces indicateurs de fiabilité est qu'ils portent sur les propriétés de la variation (journalière) du temps de parcours, c'est-à-dire la distribution et, en particulier, la forme de la distribution. En effet, la distribution journalière des temps de parcours a deux caractères distinctifs : la largeur (dispersion des temps de parcours) et l'étalement (modèle de distribution des temps de parcours). Intuitivement, plus la distribution des temps de parcours est large et/ou étalée, à une heure de la journée et un jour de la semaine déterminés, moins le temps de parcours semblera fiable (prévisible).

Encadré 2.2. Distribution des temps de parcours

Le temps de parcours moyen comprend les retards prévus et imprévus. Les retards imprévus conduisent à une variation des temps de parcours. Ils sont de deux types : il existe une variabilité journalière aléatoire, qui influe sur le temps de parcours pour les déplacements effectués à la même heure, chaque jour, et il existe des retards catastrophiques occasionnels, résultant d'incidents ou de l'indisponibilité temporaire de certaines parties du réseau. Ainsi, en envisageant un déplacement, le conducteur doit prendre en compte le temps de parcours moyen prévu et sa variabilité. Cette dernière peut être quantifiée par différentes caractéristiques de la distribution des temps de parcours sur une certaine période, telles que l'écart type de la distribution des temps de parcours³.

Pour réduire le risque d'arriver en retard à destination, le conducteur doit prévoir un temps supérieur au temps de parcours moyen (la moyenne). Cette démarche est illustrée sur la figure ci-dessous, où μ représente le temps de parcours moyen. En observant cette courbe, on constate que le manque de fiabilité des temps de parcours augmente avec l'élargissement (allongement de la queue) de la distribution des temps de parcours. Ce point de vue sur la fiabilité, en tant que caractéristique liée à la distribution des temps de parcours, constitue la base d'une définition des indicateurs représentatifs de la fiabilité.

Figure. Distribution des temps de parcours et moyenne



Source : Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004b), (Ritsema van Eck *et al.* 2004).

L'indicateur du point de vue de l'utilisateur doit être lié à la valeur du temps de parcours prévu ou à une variable représentant ce paramètre. Tous les exemples pratiques d'indicateurs sont liés à la fiabilité du réseau routier. Aucune information comparable concernant les usagers des transports en commun ou les déplacements individuels n'a été rencontrée dans la littérature. Les indicateurs de fiabilité pour les transports en commun sont généralement limités à la description des performances du réseau. Le tableau 2.3 présente une série d'indicateurs du point de vue de l'utilisateur qui ont été recommandés dans plusieurs études.

Tableau 2.3. Différentes mesures de la fiabilité des temps de parcours, pour une heure donnée de la journée ou un jour donné de la semaine

Catégorie	Symbole	Formule	Remarques
Étendue de la série statistique	STD	$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_N (TT_i - M)^2}$	Écart type ou variance des temps de parcours.
	COV	$\frac{STD}{M}$	Coefficient de variation.
Indice de sécurité	BI	$\frac{TT95 - M}{M}$	Indice de sécurité indiquant le pourcentage de temps de parcours supplémentaire qu'un voyageur doit prévoir avant l'heure moyenne de départ, pour arriver à l'heure (dans 95 % des cas).
	PT	$\frac{TT95}{TT_{freeflow}}$	Indice de planification du temps indiquant le temps de parcours total qui doit être prévu lorsqu'on inclut une marge de sécurité appropriée ; dans le cas présent, il s'agit du temps de parcours au 95 ^e centile, divisé par le temps de parcours en cas de circulation fluide.
Retard	MI	$\frac{M _{TT_i > TT80} - M}{M}$	Indice de retard calculant la distance relative entre le temps de parcours moyen des 20 % de voyageurs les « moins chanceux » et le temps de parcours moyen de la totalité des voyageurs.
Indicateur probabiliste	PR(α)	$P(TT_i \geq \alpha \cdot TT50)$, $\alpha = 1.2$	Indicateur calculant la probabilité que les temps de parcours soient plus élevés que α fois le temps de parcours médian.
Étalement et largeur	λ_{var}	$\frac{T90 - T10}{T50}$	Indicateur solide de la largeur de la distribution des temps de parcours.
	λ_{skew}	$\frac{T90 - T50}{T50 - T10}$	Indicateur solide de l'étalement de la distribution des temps de parcours.
	U _r	$\frac{\lambda^{var} \ln(\lambda^{skew})}{L_r}$	Combinaison de l'étalement et de la largeur de la distribution des temps de parcours.

M représente le temps de parcours moyen, TT_i une observation du temps de parcours et N le nombre d'observations du temps de parcours à une heure donnée de la journée ou un jour donné de la semaine. *Source* : Van Lint et Van Zuylen (2005).

2.4.1 Propriétés des différents indicateurs

Pour illustrer la capacité des différents indicateurs de répondre à la question de savoir si le temps de parcours doit être considéré comme fiable ou non sur une route déterminée à une heure donnée de la journée ou un jour donné de la semaine, Van Lint et Van Zuylen ont analysé des données sur les temps de parcours de tronçons routiers du réseau autoroutier néerlandais. Selon l'analyse, qui couvre un grand nombre de périodes, la dispersion des temps de parcours est très large (Van Lint 2004). Ainsi, il n'est pas rare pendant les périodes de pointe en semaine que la valeur au 90^e centile soit presque deux fois plus élevée que la valeur médiane (centrale). En outre, la distribution des temps de parcours est souvent très étalée (à gauche), notamment dans les périodes où la congestion apparaît ou disparaît.

temporelle permettant à un décideur de savoir avec certitude si un modèle de temps de parcours donné nécessite des mesures correctives. Par conséquent, pour fonder des décisions politiques sur les résultats de chaque indicateur, un décideur doit traduire les indicateurs en coûts économiques et sociétaux (voir chapitre 3 sur l'analyse coûts-avantages). Une distribution nettement étalée à gauche pourrait être bien plus coûteuse (d'un point de vue économique ou sociétal) qu'une distribution modérément large, même si dans le premier cas, en moyenne (ou en termes de temps de parcours médians), les voyageurs sont mieux lotis que dans le second cas. Néanmoins, des indicateurs plus complexes, tenant compte en détail de l'étalement et/ou de la largeur de la distribution des temps de parcours présentent l'inconvénient d'être assez difficiles à interpréter et à présenter et, par conséquent, ne seront pas très parlants pour l'utilisateur du réseau.

2.4.2 *Indicateurs pour suivre la fiabilité du point de vue de l'utilisateur*

Il existe une grande diversité d'indicateurs temporels qui peuvent offrir de nombreux points de vue sur la question de la fiabilité. Une série d'indicateurs suggérés sont présentés ci-dessous, accompagnés de quelques remarques sur les situations dans lesquelles ils sont les plus appropriés.

Écart type

Dans les cas où il convient d'examiner la variabilité du temps de parcours autour d'une valeur moyenne et où il est probable que cette variabilité ne soit pas très influencée par un nombre limité de retards extrêmes, la distribution des temps de parcours ne sera pas très étalée. Les indicateurs d'étendue d'une série statistique peuvent alors s'avérer utiles.

Ces indicateurs envisagent généralement les intervalles de temps de parcours sous la forme du temps de parcours prévu plus ou moins un nombre de fois l'écart type (Bates *et al.* 2001, Lomax *et al.* 2003). Cette expression de type « plus ou moins » indique la dispersion possible des temps de parcours autour d'une valeur prévue, tout en supposant implicitement que les temps de parcours sont distribués de manière symétrique (non étalée) autour d'une valeur moyenne. L'écart type des temps de parcours permet de décrire l'ampleur de la dispersion des temps de parcours. Dans le cas de temps de parcours non étalés (« distribués normalement » ou en forme de cloche), environ 68 % (ou « un écart type ») des temps de parcours sont enregistrés. Ces valeurs peuvent être analysées en jours, périodes de pointe ou toute période appropriée à des fins d'information. L'écart type a également un autre intérêt en tant qu'indicateur de fiabilité, dans la mesure où il est lié à l'approche d'ordonnancement et, pour des raisons pragmatiques, son utilisation est recommandée dans l'évaluation coûts-avantages (voir chapitre 3).

Valeur du 95^e centile

Pour pouvoir accorder l'attention spécifique nécessaire aux valeurs extrêmes éventuelles, la valeur du 95^e centile de la distribution peut être utilisée ou intégrée dans les analyses. Cet indicateur est particulièrement approprié pour montrer la largeur de la distribution des temps de parcours et peut être très utile pour analyser le développement des valeurs élevées des temps de parcours. Cependant, s'il n'est pas combiné aux informations sur les temps de parcours moyens prévus ou les retards, il n'est pas directement représentatif de la fiabilité.

Marge de sécurité

Les indicateurs liés à la « marge de sécurité » sont de plus en plus souvent courants. La marge de sécurité peut être définie comme le pourcentage de temps de parcours supplémentaire dû à la variabilité du temps de parcours qu'un voyageur peut prendre en compte pour avoir une probabilité « élevée » d'arriver à l'heure. Les exemples d'indicateurs liés à la marge de sécurité sont l'indice de sécurité et

l'indice de planification du temps, utilisés dans les rapports sur la congestion urbaine de l'administration fédérale américaine des routes, pour le suivi de l'encombrement du trafic et de la fiabilité des déplacements, à l'échelle nationale.

L'*indice de sécurité*, élaboré aux États-Unis, est le temps supplémentaire que les voyageurs doivent ajouter à leur temps de parcours moyen, lorsqu'ils prévoient un déplacement. Dans la pratique, la marge de sécurité varie selon les usagers, en fonction de leur expérience de la variabilité et de leurs exigences en matière de ponctualité. Ainsi, un indice de sécurité de 40 % signifie qu'un voyageur doit prévoir une marge de 8 minutes supplémentaires sur un temps de parcours moyen de 20 minutes, en période de pointe, pour être sûr d'arriver à l'heure la « plupart » des fois (« la plupart » étant définie comme 95 % des fois).

L'*indice de planification du temps* est le temps supplémentaire que la plupart des voyageurs doivent ajouter au temps de parcours en cas de circulation fluide, pour être relativement sûrs d'arriver à destination à une heure déterminée. Il diffère de l'indice de sécurité en ce qu'il inclut le retard typique, ainsi que le retard imprévu. Ainsi, un indice de planification du temps de 1.60 signifie que les voyageurs prévoient un temps de parcours supplémentaire de 60 % par rapport au temps de parcours en cas de circulation fluide, pour s'assurer d'arriver à l'heure dans la plupart (95 %) des cas.

Étant donné que ces indicateurs utilisent la valeur du 95^e centile de la distribution des temps de parcours comme référence des définitions, ils tiennent compte plus explicitement des retards extrêmes. Cela signifie que par rapport à l'écart type, ces indicateurs prennent mieux en compte le modèle complet de distribution des temps de parcours et sont, par conséquent, plus appropriés dans le cas des valeurs liées aux retards extrêmes prévus.

Un rapport récent du programme national américain de recherche coopérative sur les routes conclut que l'indice de sécurité est particulièrement bien lié à la façon dont les voyageurs prennent leurs décisions (National Cooperative Highway Research 2008). Il est utile à l'utilisateur pour évaluer le temps supplémentaire qu'il doit prévoir en raison de l'incertitude des conditions de déplacement. Il répond donc à des questions simples comme « Combien de temps dois-je prévoir ? », « Quand dois-je partir ? ». En plus de l'indice de sécurité, l'indice de planification du temps représente le temps de parcours total à prévoir lorsqu'une marge de sécurité appropriée est incluse. Le rapport NCHRP recommande ces deux indices, permettant de suivre d'une manière rentable la variation des temps de parcours et la fiabilité.

Encadré 2.3. Rapport sur la congestion urbaine (États-Unis)

Aux États-Unis, le programme de suivi de la mobilité de l'administration fédérale des routes (FHWA) vise à surveiller l'encombrement du trafic et la fiabilité des déplacements, à l'échelle nationale. Ses objectifs sont de suivre les niveaux d'encombrement du trafic et l'évolution de la fiabilité des transports à l'aide des données de détecteurs de trafic enregistrées, ainsi que de fournir une « démonstration de faisabilité » et une assistance technique pour encourager les programmes de suivi des performances locaux et régionaux. Les données de détecteurs de trafic enregistrées ont été initialement collectées à des fins d'exploitation du trafic. La portée est donc limitée aux villes et aux routes où des données de trafic en temps réel sont recueillies et conservées. Le programme a commencé en 2001 dans 10 villes. Il s'est étendu en 2004 à près de 30 villes, soit environ 4 800 km d'autoroutes.

Le programme surveille l'encombrement du trafic et la fiabilité à l'aide des indicateurs suivants : indice de temps de parcours, pourcentage de parcours encombrés, ralentissements, indice de sécurité et indice de planification du temps. Les informations sont présentées d'une manière très claire et détaillée.

Source : FHWA (2005), http://ops.fhwa.dot.gov/perf_measurement/ucr/index.htm.

Pour résumer, les indicateurs liés à la marge de sécurité, tels que l'indice de sécurité ou l'indice de planification du temps sont appropriés pour décrire et présenter la fiabilité des temps de parcours aux planificateurs, ainsi qu'aux usagers du réseau. D'autres indicateurs plus simples, comme les centiles du temps de parcours, les temps de parcours médians et l'écart type peuvent servir d'indicateurs appropriés, mais doivent être utilisés avec prudence, car des caractéristiques pertinentes des distributions des temps de parcours pourraient facilement échapper à l'analyse.

2.5 Objectifs en tant que signaux politiques

Plusieurs pays ont commencé à cibler la fiabilité. Les objectifs de performance sont fixés pour trois raisons principales :

- La fiabilité est une caractéristique importante du service dans le secteur des transports.
- Les services auxquels des objectifs sont associés concernent souvent des offres monopolistiques financées par les contribuables. Les pouvoirs publics ont donc intérêt à ce que les services assurés soient attractifs et performants.
- Les objectifs de fiabilité sont importants pour engager le débat entre les décideurs, les exploitants, les responsables et les usagers sur une offre de service d'un niveau performant.

La plupart des objectifs de fiabilité existants ont été mis en place dans le secteur ferroviaire, un mode de transport qui s'efforce d'exercer ses activités en fonction d'horaires stricts. La fixation d'objectifs est de pratique courante dans un département voyageurs. La programmation d'horaires d'arrivée permet de fixer facilement ce type d'objectifs (comparaison des heures réelles et prévues d'arrivée) et le prestataire de services est en règle générale considéré comme un monopole. Dans la mesure où le prestataire est perçu comme un monopole, les pouvoirs publics surveillent généralement la qualité de la prestation en fixant des normes de performance et en contrôlant le respect, l'objectif à atteindre introduisant une certaine responsabilisation à cet égard. Des données sur la fiabilité du service sont essentielles pour assurer ce contrôle. L'approche est la même dans le domaine de l'aviation, où les statistiques de ponctualité des vols sont un premier indicateur pour un suivi réglementaire et politique.

Ainsi, avec l'utilisation d'indicateurs de fiabilité, les objectifs peuvent indiquer les limites de performances dans lesquelles les exploitants doivent travailler. Ces objectifs peuvent inciter les prestataires de transport à atteindre des niveaux d'exploitation plus élevés : les prestataires peuvent percevoir que la non-réalisation répétée d'un objectif peut motiver une action défavorable de la part des pouvoirs publics.

Le tableau 2.4 ci-dessous présente des exemples de trois pays qui ont fixé des objectifs de fiabilité au niveau national.

Tableau 2.4. Exemple d'objectifs de fiabilité nationaux

Autorité compétente	Objectif	Document de politique
Ministère néerlandais des Transports	La fiabilité des temps de parcours joue un rôle central et l'amélioration de la fiabilité du réseau « de porte à porte » est considérée comme un objectif politique essentiel. En 2020, 95 % des voyageurs arriveront à l'heure à destination.	Déclaration sur la mobilité
Direction britannique des routes	Le retard moyen des véhicules sur les 10 % de déplacements les plus lents en 2007-2008 est inférieur à celui de la période de référence d'août 2004 à juillet 2005.	Objectifs de l'accord sur les services publics du ministère des Transports
Ministère néo-zélandais des Transports	Aucune dégradation générale des temps de parcours et de la fiabilité sur les itinéraires essentiels en 2015.	Ministère des Transports – Cadre des indicateurs de suivi des transports 2008

Les pouvoirs publics utilisent aussi des données de performance des services comme premiers indicatifs de la qualité des services de transport de personnes. Avec ces informations, ils fixent souvent des objectifs de performance pour favoriser l'utilisation des services, aux fins de surveillance du respect de la réglementation et de l'exécution du contrat de service (voir les objectifs fixés pour plusieurs services de transport en commun en Australie, sur le tableau 2.5.). Ainsi, les pouvoirs publics prévoient que la plupart des concessions de transport de voyageurs par train permettront à environ 80 % - 95 % des trains d'arriver à destination « à l'heure » (cette expression pouvant signifier que le train arrivera 5 à 15 minutes après l'heure d'arrivée prévue).

Tableau 2.5. Objectifs de fiabilité des transports en commun en Australie

Opération	Objectif (% de trains)
Melbourne Métros express régionaux	92
Métros légers (tous)	80
Autocars	95
Victoria Transports régionaux (courtes distances)	92
Transports régionaux (longues distances)	92
Sydney Trains urbains	92
Trains interurbains	92
Perth Trains urbains	95
Autobus urbains	85
Trains de grandes lignes Australie occidentale	90
Trains de banlieue Australie occidentale	90-95

Sources : Autorité de régulation économique, Australie occidentale, indicateurs de performance clés (http://www.era.wa.gov.au/3/236/48/key_performance.pm), CityRail, Charte clients (http://www.cityrail.info/about/customer_charter/), Ministère des Transports du Victoria, Statistiques (<http://www.doi.vic.gov.au/DOI/Internet/transport.nsf/AllDocs/8407D0E208BC64A44A256ACE00074FA4?OpenDocument>)

Bien que ces objectifs puissent fournir des références utiles pour les normes de performance souhaitées, les *niveaux* cibles sont souvent fixés arbitrairement. De fait, les coûts d'obtention de ces niveaux peuvent, sans qu'on le souhaite, dépasser les avantages qui en découlent. Élément connexe, les objectifs offrant des informations sur les moyennes peuvent conduire à l'offre de niveaux de fiabilité supérieurs ou inférieurs aux besoins des usagers, ne reflétant pas la diversité de la demande de fiabilité.

Ainsi, les objectifs peuvent, s'ils sont mal conçus, avoir des effets pervers entraînant une aggravation de la situation. En effet, lorsque l'attention se porte sur la fiabilité, les prestataires risquent, par exemple, de fixer des horaires moins coûteux pour atteindre les objectifs de fiabilité. S'il est primordial d'atteindre les objectifs et que les autres caractéristiques du service ne sont pas évaluées, les exploitants risquent de négliger d'autres aspects de la qualité de service (par exemple, en ne respectant pas les arrêts prévus d'un train pour réduire le retard).⁴ Par conséquent, il y a un compromis entre la fiabilité et les autres niveaux de service, tels que la capacité totale en voyageurs. Les objectifs de fiabilité doivent être soigneusement coordonnés avec d'autres indicateurs de performance clés.

Pour favoriser les politiques et encourager les responsables de réseaux, les objectifs de performance doivent être réalistes et intégrer les coûts liés à leur réalisation (moins ils sont « arbitraires », meilleurs ils sont). La fixation des objectifs doit prendre en compte les coûts et les avantages, par rapport aux résultats en termes de fiabilité, en l'absence d'une intervention publique. Bien qu'il soit souvent difficile de l'établir dans la pratique, cette analyse coûts-avantages doit au moins être estimée approximativement. Il convient également de remarquer que les objectifs tendent à être fixés en fonction des indicateurs du point de vue de l'exploitant, et non des indicateurs du point de vue de l'utilisateur et, par conséquent, offrent une image insuffisante des performances de fiabilité.

2.6 Conclusions

En matière de suivi de la fiabilité, il est essentiel de distinguer le point de vue de l'exploitant et le point de vue de l'utilisateur. Les deux points de vue exigent des indicateurs. La présentation de ces deux types d'indicateurs facilitera également le débat politique entre les usagers, les exploitants et les décideurs.

Du point de vue de l'exploitant, il convient d'aborder la solidité et la performance du réseau. Plusieurs indicateurs sont disponibles, comme la « ponctualité à l'arrivée » et le « retard moyen » pour mesurer les écarts par rapport aux performances prévues ou escomptées.

La solidité du réseau caractérise l'état du système dans son ensemble. Les indicateurs de solidité doivent montrer si le système continue de fonctionner dans des conditions variables ou s'il est vulnérable aux perturbations. La solidité est un concept complexe, avec de nombreux indicateurs potentiels. Ces indicateurs envisagent les conséquences possibles de la rupture d'une liaison du réseau et la probabilité d'une rupture. Certains indicateurs appropriés sont « l'indice de vulnérabilité », « la capacité non utilisée du réseau » et « la capacité d'évacuation d'une ville ».

Pour les transports en commun et les transports de marchandises, l'attention s'est essentiellement portée jusqu'à présent sur les performances du réseau. Ce point de vue semble plus développé pour ces catégories que pour les transports en voiture particulière, car ces indicateurs jouent un rôle dans le suivi des contrats de niveau de service. Par ailleurs, il existe peu de recherches sur le point de vue de l'utilisateur pour les transports en commun et les transports de marchandises. Les exemples disponibles semblent montrer que le point de vue de l'utilisateur s'applique essentiellement dans le domaine de la circulation automobile.

Malgré son importance évidente, il n’y a pas de consensus sur une « meilleure » mesure du point de vue des usagers. Il existe plusieurs mesures statistiques de la fiabilité des temps de parcours ; c’est pourquoi, une série d’indicateurs a été proposée.

Étant donné qu’ils sont particulièrement bien liés à la façon dont les voyageurs prennent leurs décisions de déplacement, l’indice de sécurité et l’indice de planification du temps, élaborés aux États-Unis, sont des indicateurs performants pour décrire et présenter la fiabilité des temps de parcours du point de vue de l’usager. Cependant, tous les indicateurs doivent être utilisés avec prudence, car des caractéristiques pertinentes des distributions des temps de parcours, comme la largeur et l’étalement, pourraient facilement échapper à l’analyse.

La réponse initiale au manque de fiabilité dans de nombreux pays a été de fixer des objectifs de fiabilité. Les objectifs de fiabilité et les indicateurs de performance des services et des infrastructures peuvent faciliter le débat entre les usagers, les exploitants et les décideurs concernant les « bons » niveaux de fiabilité. Mais l’utilisation d’objectifs fixes peut fausser les résultats, car ces objectifs peuvent masquer d’autres caractéristiques du service qui peuvent être d’une importance égale ou supérieure. En outre, ces objectifs présentent invariablement un niveau de fiabilité moyen ne reflétant pas la diversité de la demande de fiabilité. Pour favoriser les politiques et encourager les responsables de réseaux d’une manière appropriée, les objectifs de performance doivent être réalistes et intégrer les coûts liés à leur réalisation (moins ils sont « arbitraires », meilleurs ils sont).

PRINCIPAUX MESSAGES

- En matière de suivi de la fiabilité, les décideurs doivent apprécier la distinction entre le point de vue de l'exploitant et le point de vue de l'utilisateur. Ces points de vue exigent des indicateurs différents.
- Du point de vue du responsable et de l'exploitant du réseau, la solidité et la fiabilité sont des paramètres importants à prendre en compte.
- La solidité du réseau est un concept complexe, caractérisant l'état du système dans son ensemble. Il existe de nombreux indicateurs disponibles prenant en compte les conséquences possibles de la rupture d'une liaison du réseau et la probabilité d'une rupture. Les indicateurs appropriés sont « l'indice de vulnérabilité », « la capacité non utilisée du réseau » et « la capacité d'évacuation d'une ville ».
- Il existe plusieurs indicateurs pour suivre la fiabilité des performances du réseau, comme « la ponctualité à l'arrivée » et « le retard moyen », décrivant les écarts par rapport aux performances prévues ou escomptées.
- Malgré son importance évidente, il n'y a pas de consensus sur la meilleure mesure de la fiabilité des temps de parcours. Il existe plusieurs définitions de la fiabilité des temps de parcours et, par conséquent, de nombreux indicateurs pertinents.
- Les indicateurs comme l'indice de sécurité et l'indice de planification du temps, élaborés aux États-Unis, sont utiles pour décrire et présenter la fiabilité des temps de parcours du point de vue de l'utilisateur, car ils sont particulièrement bien liés à la façon dont les voyageurs prennent leurs décisions de déplacement.
- La réponse initiale au manque de fiabilité pour de nombreux pays a été de fixer des objectifs de fiabilité. Les objectifs de fiabilité et les indicateurs de performance des services et des infrastructures peuvent faciliter le débat entre les usagers, les exploitants et les décideurs concernant les « bons » niveaux de fiabilité. Cependant, ils peuvent aussi fausser les résultats, car ils sont généralement basés sur des moyennes.

NOTES

1. Les chercheurs en transport de l'Université de Californie (Berkeley) testent actuellement avec Nokia, par des essais sur le terrain, la possibilité d'utiliser des téléphones mobiles GPS pour suivre les flux de trafic en temps réel, tout en respectant la vie privée des utilisateurs.
<http://www.universityofcalifornia.edu/news/article/17289>.
2. Voir, par exemple, Bureau of Transport and Communication Economics (1996), *Quality of rail freight service*, page 40. « Ces contre-performances [les retards constatés des trains] étaient moins gênantes pour les usagers qu'elles ne le paraissent, car certains de ces trains arrivaient pendant la nuit, lorsque Kewdale [le terminal de destination] n'était pas ouvert pour l'enlèvement des marchandises ».
3. L'écart type mesure la dispersion d'une série de valeurs. Lorsque les valeurs sont proches de la valeur moyenne, l'écart type est faible ; lorsque de nombreuses valeurs sont éloignées de la moyenne, l'écart type est important. En matière de fiabilité, un écart type élevé des temps de parcours impliquerait un degré élevé d'incertitude.
4. Voir, par exemple l'article intitulé « Why trains miss out stations to save time », *Sunday Mirror [London]*, 28 novembre 1999. http://findarticles.com/p/articles/mi_qn4161/is_19991128/ai_n14497878

3. INTÉGRATION DE LA FIABILITÉ DANS L'ANALYSE COÛTS-AVANTAGES

Plusieurs indicateurs recensés au chapitre précédent peuvent servir de signaux politiques pour signaler la nécessité d'une action des pouvoirs publics visant à améliorer la fiabilité. Comme indiqué au chapitre 1, en l'absence de mécanismes de tarification directe de la fiabilité, l'analyse coûts-avantages constitue la meilleure solution pour offrir une fiabilité optimale. Les chapitres suivants examineront quatre principaux instruments politiques pour lesquels l'analyse coûts-avantages doit être utilisée.

3.1 Analyse coûts-avantages en tant qu'outil

Les techniques d'analyse coûts-avantages (ACA) dans la planification des transports intègrent souvent des estimations d'avantages et de coûts qui ne sont pas explicitement tarifés, comme les avantages en temps de parcours dont bénéficient les usagers de la route. Des techniques de sondage offrent des estimations sur la valeur que les usagers accordent aux améliorations des infrastructures. Cependant, les analyses coûts-avantages ne reconnaissent généralement pas la « fiabilité » en tant que caractéristique explicite de qualité du réseau.

L'utilité d'évaluer explicitement les qualités de fiabilité du réseau dans la politique de transport est plus importante qu'on ne le pensait auparavant. Les usagers semblent accorder une plus grande valeur à un réseau de transport fiable qu'il ne le paraissait. Cependant, les évaluations de ces politiques dépendent de l'application rigoureuse d'analyses coûts-avantages pour évaluer l'intérêt des différentes solutions de fiabilité.

Dans les approches coûts-avantages actuelles, les analyses peuvent prendre implicitement en compte la fiabilité, lorsque les estimations « de la valeur du temps » découlent des observations sur les comportements des usagers du réseau. En effet, l'observation de l'évolution des comportements des usagers peut refléter les réductions des temps de parcours et les améliorations de la fiabilité, même si les avantages sont uniquement qualifiés d'avantages « en temps de parcours ». Les enquêtes de préférences déclarées étant souvent étalonnées sur les modifications comportementales observées, il est possible que les estimations de la valeur du temps, à partir des préférences déclarées, intègrent également un élément de la valeur de la fiabilité.

Le manque de fiabilité des temps de parcours apparaît de plus en plus comme une caractéristique majeure du réseau qui doit être reconnue en tant que telle dans l'étude des solutions d'investissement. Plusieurs mesures politiques décrites dans le présent rapport montrent que les interventions des pouvoirs publics sont motivées par les améliorations de la fiabilité, ainsi que par la tâche globale d'amélioration des temps de parcours moyens. Certains projets sont spécifiquement réalisés pour améliorer la fiabilité. Cependant, il existe très peu de cas où la fiabilité est formellement intégrée dans l'évaluation coûts-avantages (et donc dans le processus décisionnel). Dans quelques pays (Royaume-Uni, Pays-Bas, Danemark, Nouvelle-Zélande, Australie, Norvège et Suède), certaines évaluations de projets prennent en compte la fiabilité.

Les difficultés pour intégrer la fiabilité comme caractéristique distincte dans l'analyse coûts-avantages ont été admises, et il est probable qu'aucun perfectionnement ne sera apporté du jour au

lendemain. Plusieurs techniques prometteuses apparaissent néanmoins ; elles sont abordées dans les chapitres suivants.

3.2 Application de l'analyse coûts-avantages aux politiques de fiabilité

La prise en compte de la fiabilité requiert trois paramètres de données :

1. Fiabilité effective du temps de parcours, exprimée en minutes.
2. Niveau de fiabilité escompté, exprimé en minutes, après intervention.
3. Valeur monétaire de la fiabilité, ventilée à différents niveaux de granularité.

Ces éléments à l'esprit, il convient de résumer les modalités d'application de la valeur du temps et d'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages. Un projet est évalué en fonction des avantages *supplémentaires* qui sont apportés (ou de la modification du surplus du consommateur). Pour l'amélioration d'un réseau, par exemple, l'approche actuelle identifie le nombre moyen de minutes gagnées (généralement calculé sur une base annuelle), multiplié par « la valeur du temps » pour chaque groupe d'utilisateurs identifié (généralement, « affaires » et « loisirs »). Ainsi, les gains de temps supplémentaires liés à un projet peuvent être exprimés en valeur monétaire supplémentaire. Cette méthode peut être illustrée par l'équation suivante, où Δ signifie « modification de ».

Valeur monétaire de l'avantage lié aux gains de temps = Δ Temps de parcours x Valeur monétaire du temps

Il peut être observé que la modification des avantages comprend la possibilité pour un investissement d'apporter des avantages en réduisant le temps de parcours, monétisé en attribuant une valeur à chaque modification temporelle, pour chaque niveau de granularité (groupe d'utilisateurs).

Pour intégrer la fiabilité, il est proposé que l'amélioration du temps de parcours soit scindée en réduction du temps de parcours pur et en réduction de la marge de sécurité (ou d'une autre mesure temporelle de la fiabilité), *pour chaque niveau de granularité* :

Valeur monétaire de l'avantage lié aux gains de temps = Δ Temps de parcours pur x Valeur monétaire du temps + Δ Marge de sécurité x Valeur monétaire de la fiabilité

Ainsi, pour intégrer explicitement l'évolution de la fiabilité, les révisions de l'approche ACA comprendraient les éléments suivants :

- *Ajustements temporels* : scission du temps (minutes) en gains de temps de parcours moyen et en gains de temps liés à l'amélioration de la fiabilité (comme la réduction de la marge de sécurité).
- *Ventilation des usagers* : ventilation (différenciation) plus importante des usagers du réseau, prenant en compte « la valeur du temps » et « la valeur de la fiabilité », par exemple en différenciant les prestataires de services de fret, les voyageurs pendulaires et les usagers occasionnels.
- *Ajustements de la monétisation* : mesures distinctes de la valeur du temps et de la valeur de la fiabilité.

Ces révisions du cadre de l'ACA doivent avoir pour conséquence de scinder le calcul des avantages liés aux gains de temps monétaires supplémentaires en deux mesures distinctes des avantages liés aux gains de temps supplémentaires pour chaque groupe d'utilisateurs :

1. Gains de temps x valeur du temps (estimations *révisées* pour chaque groupe d'utilisateurs identifié, lorsque l'estimation de la valeur initiale intégrait implicitement la fiabilité)
2. Gains de marge de sécurité [ou autres réductions du temps de fiabilité] x valeur de la fiabilité

Ces estimations seront liées au pays, au lieu, à l'utilisateur et au moment. Chaque projet analysé doit également identifier le degré de granularité approprié, c'est-à-dire le nombre de groupes d'utilisateurs du réseau pour lesquels des estimations monétaires sont nécessaires.

Les deux équations montrent qu'il est tout à fait possible que le résultat d'une quelconque analyse coûts-avantages change complètement de niveau, dans les conditions suivantes :

- Le niveau de granularité change : si la granularité augmente, la diversité des préférences en matière de fiabilité changera probablement le résultat.
- La modification du temps de parcours pur, plus la modification de la marge de sécurité est différente de la mesure temporelle précédente (modification du temps de parcours) : les mesures temporelles ne resteront probablement pas inchangées si la granularité augmente pour refléter la diversité des exigences en matière de fiabilité.
- La valeur monétaire du temps est différente pour le « temps de parcours pur » et la « marge de sécurité ». Toutefois, les difficultés de sondage ne doivent pas être minimisées. La question est approfondie plus loin dans ce rapport.

3.3 Traitement actuel de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages

3.3.1 Solutions pour parvenir à des paramètres de fiabilité

Pour résumer l'exposé présenté au chapitre précédent, l'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages requiert des paramètres de données sur la fiabilité effective des temps de parcours, la fiabilité escomptée après intervention et la valeur monétaire de la fiabilité, ventilée à différents niveaux de granularité.

Niveau de fiabilité escompté après intervention

Obtenir plus de données concernant l'impact des interventions, telles que l'ajout d'une voie de circulation, sur la fiabilité des temps de parcours pose sans nul doute des difficultés. Dans l'idéal, l'amélioration des techniques de prévision du trafic devrait permettre d'estimer l'évolution future des écarts types des temps de parcours (ou autres mesures reflétant la fiabilité des temps de parcours, comme les modifications de la marge de sécurité) sur les liaisons et de modéliser l'influence de ces variables sur la demande de mobilité et l'utilisation du réseau. En particulier pour les applications de l'analyse coûts-avantages, des estimations de l'évolution de l'écart type des temps de parcours sont nécessaires. De nombreux modèles actuels de circulation et de transport utilisés pour l'évaluation de l'impact stratégique sont en régime stationnaire. Cela signifie qu'ils offriront des prédictions des flux de demande moyenne et des temps de parcours moyens (ou prévus). Ces modèles peuvent également offrir des prédictions sur l'évolution de l'écart type des temps de parcours (voir, par exemple, Eliasson 2006).

Parmi les approches les plus fondamentales, les caractéristiques de la distribution des temps de parcours sont traitées comme des variables endogènes du système, à l'aide de la théorie des perspectives et de la modélisation basée sur le développement de l'activité, en association avec une simulation multi-agent (voir, par exemple, Aviniery et Bovy 2007, Rieser *et. al* 2007).

Parallèlement au développement de ces approches, l'attention sera portée sur les approches plus pragmatiques, dont le principe de base est l'estimation des effets des facteurs exogènes spécifiques sur la fiabilité. Ces approches exigent une recherche fondamentale concernant la distribution probabiliste de la variation de ces facteurs et l'influence spécifique de ces derniers sur la demande et la capacité.

Trois approches pragmatiques possibles pour résoudre la question des modèles inappropriés ont été utilisées et méritent des recherches complémentaires :

- L'analyse de la fiabilité peut concerner exclusivement l'impact des incidents sur la fiabilité des temps de parcours, car ceux-ci constituent une cause importante de variations imprévues des temps de parcours lorsque le réseau de transport fonctionne en sous-capacité. La théorie classique des files d'attente en régime stationnaire peut alors donner des prédictions sur le retard supplémentaire moyen associé à chaque type d'incident, à partir desquelles une distribution des temps de parcours peut être calculée.
- Lorsque les incidents ne sont pas la principale cause de variabilité du temps de parcours ou lorsque le réseau fonctionne en surcapacité, un modèle détaillé d'un réseau ou d'un corridor peut être conçu dans un progiciel modélisant explicitement la variabilité du temps de parcours (microsimulation, par exemple).
- Une relation entre la variabilité du temps de parcours et les variables liées à la demande de trafic spécifique peut être calculée ou utilisée comme donnée d'entrée par les modèles existants, pour les mesures politiques à évaluer. Une recherche fondamentale complémentaire sur la relation entre la fiabilité des temps de parcours et les variables liées à la demande utilisées dans le modèle peut permettre d'améliorer la capacité de ces outils simples.

Il existe plusieurs modèles de choix d'itinéraires en (micro)simulation pour générer des informations sur la variabilité des temps de parcours dans différentes hypothèses. Ces informations peuvent servir à prédire les temps de parcours sur les liaisons du réseau. Les développements de la prévision en temps réel des temps de parcours en sont des exemples spécifiques (voir, par exemple, Linauer *et al.* 2006, Hollander et Liu 2005). Dans son étude récente, Tu (2008) a formulé les spécifications de ce modèle, spécialement conçu pour évaluer les impacts d'une large gamme de facteurs exogènes déterminants et de caractéristiques du flux de trafic sur la fiabilité des temps de parcours dans le cas des autoroutes.

Encadré 3.1. Module de fiabilité du système de modélisation national néerlandais

Le module de fiabilité du système de modélisation national néerlandais (NMS) permet d'évaluer l'impact des mesures politiques sur la fiabilité des temps de parcours. Il s'agit d'un module temporaire spécifique, à utiliser avec les modèles de transport existants qui servent à calculer la demande de trafic et la congestion futures selon différents scénarios et politiques. Pour permettre l'estimation future des effets de facteurs exogènes spécifiques sur la fiabilité, des recherches fondamentales sont nécessaires concernant la relation entre le facteur exogène spécifique et les variables de modélisation de base.

Dans le module, quatre indicateurs définissent la fiabilité des temps de parcours :

- Probabilité d'être « à l'heure » (soit avec un écart inférieur à 10 minutes par rapport au temps de parcours prévu pour les déplacements sur de courtes distances et à 20 % du temps de parcours prévu pour les trajets sur de longues distances).
- Probabilité d'être « trop long » (soit avec un écart supérieur à 10 minutes par rapport au temps de parcours prévu pour les déplacements sur de courtes distances et à 20 % du temps de parcours prévu pour les déplacements sur de longues distances).
- 10^e centile de la distribution des vitesses.
- 90^e centile de la distribution des vitesses.

Le modèle prédit l'intensité (nombre de voitures par heure) et la vitesse de circulation sur chaque route principale aux Pays-Bas (caractérisée par la longueur de l'itinéraire et la limitation de vitesse). Par conséquent, le modèle empirique sous-jacent pour le module de fiabilité a été limité à l'utilisation des variables disponibles (intensité du trafic, vitesse de circulation, longueur de l'itinéraire, limitation de vitesse) en tant que données d'entrée.

La modélisation recherche les fonctions empiriques liant les quatre indicateurs de fiabilité aux variables de modélisation nationales et régionales (vitesse de circulation, longueur de l'itinéraire et limitation de vitesse). Les régressions par la méthode des moindres carrés ont été utilisées pour trouver la meilleure forme fonctionnelle et les meilleurs coefficients de modélisation. Les données ont été obtenues par des détecteurs à boucle d'induction sur 212 itinéraires du réseau routier.

La fonction de régression la plus appropriée a été définie par le temps de parcours moyen, la limitation de vitesse moyenne et la longueur de trajet. Elle a ensuite été utilisée pour prédire la fiabilité future des temps de parcours. Le module permet aussi de prédire l'impact sur la fiabilité d'une série de facteurs exogènes, comme les accidents (mineurs et majeurs), les travaux et les précipitations. Lorsque la fréquence de survenue observée ou l'impact d'un facteur exogène change, les vitesses moyennes (prédites par les modèles nationaux et régionaux) sont révisées et de nouvelles valeurs de fiabilité sont calculées.

Source : Kouwenhoven et al. (2006).

Le paramètre de fiabilité utilisé au Royaume-Uni mesure la variabilité du temps de parcours, comme dans plusieurs autres pays. Portant sur la variabilité « imprévue », la mesure suppose que les voyageurs ont une bonne compréhension du temps de parcours moyen (en fonction de l'heure de la journée et des modèles individuels de déplacements journaliers). L'élément imprévisible peut alors être divisé en variation journalière des temps de parcours et en manque de fiabilité lié aux incidents (événements imprévus entraînant une réduction de la capacité, comme les accidents ou les pannes).

Encadré 3.2. Variabilité liée aux incidents - Le logiciel INCA (Royaume-Uni)

La disponibilité des données sur les fréquences élevées concernant le réseau routier stratégique britannique s'est énormément améliorée ces dernières années. Cela signifie que la quantification du niveau et des modifications de la variation journalière est devenue possible avec un niveau de précision statistique satisfaisant. Les exigences de données sont considérables.

Pour calculer la variation des temps de parcours, les temps de parcours sur une liaison particulière doivent être observés à plusieurs reprises dans des situations comparables. Grâce au réseau de boucles d'induction de la direction des routes et aux nombreux systèmes de collecte de données complémentaires (comme ceux de la société privée Trafficmaster et d'ITIS, dont les dispositifs de suivi ont été installés sur un échantillon de véhicules), les données ont été fournies à des chercheurs, pour dresser un panorama de la variabilité du temps de parcours journalier. Cette recherche exige des travaux préparatoires considérables. La séparation des observations sur la variation des temps de parcours liée aux incidents constitue une première étape complexe.

Le point de départ d'une analyse de la variabilité liée aux incidents a été une étude détaillée de la probabilité de différents types d'incidents sur différents types de routes. Celle-ci a recensé douze catégories d'incidents en analysant les statistiques détaillées d'incidents survenus sur quatre autoroutes. Puis, pour chaque catégorie, les caractéristiques de l'incident ont été déterminées, telles que le temps de dégagement, le nombre moyen de voies fermées ou de voies encore disponibles, et certaines mesures de délestage possibles. Le taux de survenue est un paramètre important pour chaque catégorie d'incident. Il représente le nombre d'incidents par million de véhicules-kilomètres parcourus. Il peut être estimé pour chaque catégorie à l'aide des données disponibles, sur les autoroutes à deux fois trois voies, avec et sans bande d'arrêt d'urgence. Le tableau ci-dessous indique les taux de survenue intégrés dans la modélisation.

Tableau. Taux d'incidents par défaut sur autoroutes à trois voies (par million de véhicules-kilomètres)

Catégorie d'incident	Avec bande d'arrêt d'urgence ordinaire	Sans bande d'arrêt d'urgence ordinaire
Accident sur plusieurs voies	0.0267	0.0439
Accident sur une seule voie	0.1173	0.1473
Panne de véhicule sauf poids lourd	0.1047	0.1544
Panne de poids lourd	0.2412	0.2877
Incendie de véhicule sauf poids lourd	0.0084	0.0146
Incendie de poids lourd	0.0110	0.0201
Renversement du chargement	0.0025	0.0068
Débris	0.1928	0.4175
Travaux d'urgence sur SL	0.0410	0.0833
Travaux d'urgence sur ML	0.0118	0.0187
Déversement	0.0022	0.0074
Animal	0.0032	0.0027
Incendie, déversement et renversement du chargement	0.0140	0.0140

Un incident entraîne un retard et une variabilité autour du retard moyen estimé. Ce phénomène a été analysé à l'aide de paramètres pour chaque catégorie d'incident permettant d'évaluer l'évolution prévue de la variabilité du temps de parcours, s'il devait se produire un incident particulier.

Lorsqu'un incident s'est produit, la modélisation des retards imposés aux usagers de la route analyse les impacts sur le véhicule subissant le retard maximal, puis suppose que le retard subi par le véhicule moyen sera deux fois moins important. Cela implique que la demande soit constante pendant l'incident. Il est reconnu que les niveaux de flux varieront de manière significative selon l'heure de la journée, et différents groupes de flux sont construits pour représenter cette hétérogénéité dans les niveaux de flux. L'impact du retard d'un quelconque incident variera pour chaque groupe.

Pour chaque sous-groupe de flux, le retard maximal est calculé à l'aide des paramètres estimés dans l'étude. En particulier, pour chaque catégorie d'incident, l'impact sur la capacité de la route est déterminé à l'aide du nombre de voies fermées pendant la durée de l'incident, en tant que proportion du nombre de voies normalement disponibles. Dans un groupe de flux particulier, le trafic entrant sur la zone de l'incident, associé aux informations concernant l'impact sur la capacité, permet de calculer les retards.

Source : Mott MacDonald (2009).

Valeurs monétaires de la fiabilité

Une méthode pour établir des valeurs de fiabilité généralement admises reste à élaborer. Jusqu'à présent, il n'existe pas de consensus sur les modalités de définition et d'évaluation de la variabilité du temps de parcours.

La pratique traditionnelle consiste à considérer la fiabilité comme une mesure qualitative, et non quantitative, dans les coûts logistiques classiques (voir CEMT 2005). Néanmoins, une recherche importante a été entreprise pour avoir un aperçu des perceptions et des valeurs économiques de la fiabilité des temps de parcours, ces dernières années. Des études récentes comme HEATCO¹ (2006) et Fosgerau *et al.* (2008) ont recommandé de définir la fiabilité des temps de parcours dans les analyses coûts-avantages en tant qu'écart type des temps de parcours. Cette approche met l'accent sur l'analyse coûts-avantages de la fiabilité liée à la congestion récurrente et non récurrente.

En général, la recherche montre que la fiabilité est très appréciée par les voyageurs et les opérateurs de véhicules utilitaires (SACTRA 1999), ce qui traduit le fait qu'un réseau de transport fiable constitue un avantage net pour la société et qu'un réseau non fiable (ou vulnérable) représente un coût net pour la société (Husdal 2005).

Par conséquent, si les planificateurs reconnaissent les avantages d'une réduction du temps de parcours moyen, il est également justifié d'accorder une valeur aux avantages d'une amélioration de la fiabilité. À partir d'un examen de la recherche britannique, Wardman (2001) a aussi conclu que la fiabilité pouvait être considérée comme un aspect important de la qualité d'un déplacement.

De Jong *et al.* (2004) ont examiné la littérature sur les valeurs monétaires du temps dans le cadre de la fiabilité. La plupart des études utilisent l'enquête de préférences déclarées parmi les usagers du réseau routier. Les analyses des données de préférences révélées sont rares, ce qui est probablement dû aux difficultés liées à la collecte de données. Très peu de projets de recherche évaluent les aspects de la fiabilité dans les transports en commun et les transports de marchandises.

Selon De Jong *et al.* (2004), trois différentes approches ont été appliquées pour obtenir des valeurs de la fiabilité. Celles-ci sont fortement liées aux types d'indicateurs décrits au chapitre précédent. Il doit évidemment y avoir cohérence entre l'évaluation des impacts et la mesure des impacts. Si la fiabilité est mesurée en tant qu'écart type des temps de parcours, les valeurs unitaires doivent avoir les mêmes mesures.

Les approches sont les suivantes : (a) moyenne versus variance, (b) centiles de la distribution des temps de parcours et (c) modèles d'ordonnement. Les deux premières méthodes supposent que la variance ou les centiles de la distribution temporelle reflètent la demande de fiabilité (ils n'intègrent pas les modèles comportementaux). Quant aux modèles d'ordonnement, ils visent à estimer la fonction de demande de fiabilité, sans supposer que des indicateurs donnés reflètent bien la demande. Ils tentent de refléter la capacité et les coûts de réorganisation des activités en cas de retard ou de perturbations des transports.

Moyenne versus variance

Le manque de fiabilité est mesuré en tant qu'écart type (ou variance) de la distribution des temps de parcours. Cette approche peut être définie comme une méthode analytique ou mathématique. Les données d'évaluation de l'écart type peuvent être obtenues par une enquête de préférences déclarées en intégrant une représentation de la variance et du temps de parcours moyen, en tant qu'attributs.

Une fonction d'utilité incluant le temps de parcours moyen, ainsi que la variance (ou l'écart type) du temps de parcours est spécifiée. Les paramètres pour les deux variables sont estimés, généralement à partir des données de préférences déclarées. Dans les enquêtes de préférences déclarées, la variance des temps de parcours en tant que telle n'est pas indiquée aux répondants, car ce concept est considéré comme trop difficile pour un grand nombre d'entre eux. En revanche, chaque option comprend, en tant qu'attribut (en plus du temps de parcours moyen et du coût du déplacement), une série de 5 à 15 temps de parcours possibles (parfois présentée graphiquement). Il est possible de calculer la variance cohérente avec chaque série (ou de générer une série de temps de parcours correspondant à une variance cible). Le temps de parcours moyen et la variation des temps de parcours présentés dans l'enquête de préférences déclarées peuvent être construits de telle sorte qu'entre les observations, ils ne soient pas ou ne soient que légèrement corrélés. Étant donné que les deux attributs sont présentés aux répondants dans l'enquête de préférences déclarées et qu'ils varient plus ou moins indépendamment, il ne se produira pas de double comptage lorsque les gains en temps de parcours et en fiabilité seront inclus dans une analyse coûts-avantages, avec des valeurs découlant de l'enquête de préférences déclarées.

À partir du modèle estimé, le ratio entre le coefficient de l'écart type et le coefficient du temps de parcours moyen peut être calculé. Il permet d'obtenir la désutilité d'un écart type des temps de parcours en minutes du temps de parcours moyen. Une valeur monétaire du manque de fiabilité peut être calculée en combinant cette donnée à une valeur du temps de parcours (ou directement, si le coût du déplacement est également dans la fonction d'utilité). Pour l'application de ces résultats dans l'ACA pratique des projets de transport, il faut non seulement prédire la modification occasionnée par le projet en temps de parcours (moyen) prévu, mais aussi la modification de l'écart type des temps de parcours.

Centiles

Le manque de fiabilité est mesuré en tant que différence entre le 80^e ou le 90^e centile de la distribution des temps de parcours et la médiane (c'est-à-dire le 50^e centile). Cette fois encore, l'évaluation peut découler d'une enquête de préférences déclarées parmi les voyageurs. Cette méthode est étroitement liée à l'approche moyenne versus variance. Le manque de fiabilité est mesuré et évalué en tant que 90^e centile de la distribution des temps de parcours moins la médiane (ou 80^e centile moins la médiane). Le côté gauche de la densité des temps de parcours (plus court que les temps de parcours moyens) n'est pas utilisé, car il est considéré comme ayant peu de valeur pour les voyageurs (en supposant qu'ils n'aiment pas le risque). Le 80^e ou le 90^e centile indique un retard considérable ; cependant, les temps de parcours les plus extrêmes ne sont pas pris en compte, mais considérés comme des observations aberrantes. Pour obtenir une valeur du manque de fiabilité mesurée de cette manière, les modèles doivent être estimés à partir de données de préférences déclarées, de préférences révélées ou des deux, dans lesquelles le temps de parcours et la mesure du manque de fiabilité sont des variables distinctes. Cette fois encore, l'utilisation des deux valeurs dans une ACA n'impliquera pas un double comptage.

Modèles d'ordonnement

Le manque de fiabilité est mesuré en tant que nombre de minutes d'avance ou de retard au moment du départ ou de l'arrivée, par rapport à l'heure préférée (retard prévu). Cette approche peut être particulièrement utile pour les usagers, lorsqu'ils prévoient de se déplacer. La mesure peut être souvent proposée comme attribut dans une enquête de préférences déclarées, avec d'autres attributs comme le temps de parcours et le coût de déplacement.

Ces modèles sont basés sur les travaux de Vickrey (1969) et Small (1982). Les valeurs monétaires obtenues pour l'avance ou le retard sont très difficiles à mettre en œuvre dans le cadre d'une ACA, car le

lien avec le choix de la période n'est pas effectué dans l'ACA (il n'y a pas de référence à l'horaire, seulement aux temps de parcours), et les heures d'arrivée préférées sont inconnues.

Résumé des différentes approches

L'approche de l'écart type peut être appliquée, avec relativement peu de difficultés, à l'évaluation coûts-avantages, mais manque d'une justification théorique solide. L'approche d'ordonnancement est plus fondamentale, mais a été considérée, jusqu'à une époque récente, comme difficile à appliquer dans la pratique, car elle exige une connaissance des heures d'arrivée préférées de chaque voyageur. Les conclusions récentes de Fosgerau et Karlström (2007) et de Fosgerau *et al.* (2008) ont apporté une contribution précieuse au débat en montrant que les approches de l'écart type, du centile et de la marge de sécurité peuvent être déduites des préférences d'ordonnancement. Il s'avère qu'elles sont égales, tant que la forme de la distribution des temps de parcours reste inchangée. Cette découverte est importante, car elle comble une lacune dans nos connaissances, notamment par une meilleure compréhension des impacts économiques et sociaux des perturbations de l'activité.

La valeur du manque de fiabilité non prédit est liée à la perturbation des activités et des programmes, qui peut être indépendante des temps de parcours habituels. À cet égard, les approches par modèles d'ordonnancement devraient fournir des valeurs plus pertinentes que les approches moyenne-variance.

L'approche d'ordonnancement vise à établir une distinction entre la marge de sécurité dont la valeur est, en théorie, proche du temps de parcours, et le temps non fiable « pur » (c'est-à-dire les retards ou les perturbations imprévus) dont la valeur devrait être sensiblement plus élevée et dépendre fortement du type d'usagers. L'approche moyenne versus variance totalise les deux types de temps (prévu et imprévu). Une étude récente de Yin-Yen Tseng (2008) définit deux différentes valeurs pour le manque de fiabilité, applicables à l'évaluation coûts-avantages : la programmation de la réduction du retard (arrivée moins précoce ou tardive) et la fiabilité pure (écart type).

L'approche d'ordonnancement peut aider à mieux évaluer la « granularité » des valeurs du temps non fiable et, par conséquent, la demande de fiabilité. Par exemple, elle montre comment les usagers à faible revenu peuvent accorder une valeur relativement plus élevée au retard imprévu, ce qui reflète leur moindre capacité à gérer une perturbation imprévue dans leurs activités professionnelles ou personnelles. Il peut aussi être utile de mieux quantifier l'impact des informations ex ante sur la marge de sécurité (valeur unitaire et volume) et l'impact des informations en cours de déplacement sur le temps non fiable (valeur unitaire et volume).

Les techniques d'enquête de préférences déclarées sont souvent proposées pour définir l'importance des avantages apportés par des projets pour lesquels des valeurs de remplacement sont difficiles à établir. Dans les enquêtes de comportements ou de préférences déclarées, les approches d'ordonnancement peuvent être utiles pour séparer ces deux différentes natures de temps et définir les liens entre la valeur du temps non fiable, les motifs de déplacement (c'est-à-dire les activités) et la quantité de temps non fiable (courts retards contre longues perturbations).

Enfin, les tableaux suivants résument les résultats quantitatifs sur les valeurs de la fiabilité et les méthodes utilisées dans les différentes études. Les résultats renforcent le fait que les valeurs de la fiabilité varient en fonction du pays, de l'endroit, de l'usager et du temps.

Tableau 3.1. **Résultats quantitatifs sur la valeur de la fiabilité dans le transport de voyageurs (temps de parcours ou euros 2003)**

Étude	Résultats	Méthode
Accent et HCG (1996)	Le doublement de la modification du retard est égal à un temps de parcours de 13-20 mn, la réduction de moitié de la modification du retard est égale à un temps de parcours de 3-5 mn.	PD, transport routier, Royaume-Uni
AVV (2003)	La fiabilité est l'aspect le plus important du service.	PD, 3 387 usagers de bus, tramway et métro, Pays-Bas
Brownstone et Small (2002)	La valeur du 80 ^e centile moins le 50 ^e centile est égale à 11-14 euros/h (hommes) et 28-30 euros/h (femmes)	PR, mesure des temps de parcours sur la route d'État 91 à péage variable, États-Unis
Brownstone et Small (2002)	La valeur du 80 ^e centile moins le 50 ^e centile est égale à 26 euros/h	PR (ci-dessus) et PD
Copley <i>et al.</i> (2002)	La valeur de l'écart type des temps de parcours est égale à 1.3 fois la valeur du temps de parcours.	PD, 167 automobilistes, Manchester (Royaume-Uni), méthode moyenne versus variance
Copley <i>et al.</i> (2002)	Une minute de retard ou d'avance a moins de valeur qu'une minute de temps de parcours.	PD, modèle d'ordonnement
De Jong <i>et al.</i> (2003)	Une minute de retard ou d'avance est égale à 1-1.5 fois une minute de temps de parcours (déplacements pendulaires, pour affaires ou pour loisirs).	PD, 1 000 automobilistes et usagers des trains en période de pointe, Pays-Bas, modèle d'ordonnement
MVA (2000)	La valeur de l'écart type est égale à 24 % (assis) et à 48 % (en attente) de la valeur du temps de parcours.	PD, 309 usagers de bus, France, méthode moyenne versus variance
Rietveld <i>et al.</i> (2001)	Une réduction de la probabilité d'un retard de 15 mn de 50 % à 0 % est égale à 2.35 euros. Un retard d'une minute est égal à 2.4 fois une minute de temps de parcours.	PD, 781 usagers des transports en commun, Pays-Bas
Senna (1991)	La désutilité de l'écart type est égale à environ 2.5 fois le temps de parcours moyen.	PD, 301 répondants, Porto Alegre (Brésil), méthode moyenne versus variance

PD = enquête de préférences déclarées, PR = enquête de préférences révélées. *Source* : adapté de De Jong *et al.* (2004).

Tableau 3.2. **Résultats quantitatifs sur la valeur de la fiabilité dans le transport de marchandises (temps de parcours ou euros 2003)**

Étude	Résultats	Méthode
Accent et HCG (1995)	Une hausse de 1 % de la probabilité d'un retard de 30 mn est égale à 0.45-1.8 euro par transport.	PD, transport routier, Royaume-Uni
Bruzelius (2001)	Une hausse de 1 % de la fréquence des retards est égale à 4.7-7.0 euros par wagon (train) et à 3.5-32.6 euros par transport (route).	PD, chargeurs, Suède, 1989-1990
Fowkes <i>et al.</i> (2001)	La valeur de la différence entre l'heure d'arrivée la plus précoce et l'heure de départ est en moyenne de 1.18 euro par minute et par transport. La valeur de l'écart par rapport à l'heure de départ est de 1.12 euro.	PD, 40 chargeurs et transporteurs, Royaume-Uni, 1999
HCG (1992a)	Une hausse de 10 % du pourcentage d'arrivées à l'heure est égale à 5 % - 8 % des coûts de transport supplémentaires.	PD, 119 chargeurs et transporteurs, Pays-Bas, 1991-1992
HCG (1992b)	Une baisse de la probabilité de retard de 15 % à 5 % est égale à 0.5-2 centimes par tonne-km.	PD, 150 entretiens, France, Allemagne et Pays-Bas, 1992
RAND Europe <i>et al.</i> (2004)	Une modification de 10 % du pourcentage d'arrivées en retard est égale à 1.77 euro par transport (route).	PD/PR, 194 chargeurs et transporteurs, transport routier
Small <i>et al.</i> (1999)	Un écart d'une heure par rapport à l'heure de livraison prévue est égal à 393 euros par transport.	PD, entreprises de transport routier, États-Unis, modèle d'ordonnancement

Source : adapté de De Jong *et al.* (2004).

3.3.2 Expériences par pays

Les pratiques actuelles pour intégrer la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages sont examinées ci-dessous. Ces exemples montrent que peu de pays ont déjà pris des mesures pour intégrer la fiabilité et, plus important encore, qu'il est possible de prendre en compte la fiabilité dans la politique ou l'évaluation coûts-avantages. Les études de cas révèlent également que si la valeur des gains de temps représente une très grande part des avantages monétisés des projets de transport, des changements même relativement faibles dans les niveaux des temps de parcours peuvent avoir des conséquences importantes sur les évaluations (c'est-à-dire sur le lancement et sur l'ordre de priorité d'un projet).

Pays-Bas

Auparavant, dans la pratique des évaluations coûts-avantages aux Pays-Bas, la plupart des consultants qui participaient aux travaux d'évaluation coûts-avantages ajoutaient arbitrairement 25 % d'avantages directs en temps de parcours, liés à la réduction de la congestion. Cette « réduction de la congestion » implique des avantages en termes de « fiabilité », mais le lien entre les avantages liés à la réduction de la « congestion » (c'est-à-dire, probablement, une réduction du temps de parcours) et les avantages en termes de fiabilité (c'est-à-dire, une réduction de la variabilité du temps de parcours) reste ténu.

De nombreux travaux ont été réalisés aux Pays-Bas pour améliorer les estimations de l'évolution future de l'écart type des temps de parcours après intervention (voir dans l'encadré 3.1 ci-dessus, la description du système de modélisation national néerlandais). Comme aucune donnée factuelle sur la fiabilité n'est disponible, le centre de recherche sur les transports du ministère néerlandais des Transports (AVV) a organisé une réunion avec des experts nationaux et internationaux pour établir une gamme de

valeurs provisoires à utiliser dans l'analyse coûts-avantages jusqu'à ce que des valeurs factuelles spécifiques soient disponibles (Rand Europe 2005). À la suite de cette réunion, le ministère a adopté des ratios de fiabilité (valeur d'une minute d'écart type / valeur d'une minute de temps de parcours moyen). Ces ratios de fiabilité (voir paragraphe 3.3.3 ci-dessous) diffèrent pour les transports en voiture particulière et les transports en commun (respectivement 0.8 et 1.4).

Cette approche n'est que provisoire, car elle peut être très trompeuse ; des recherches ont donc été entreprises pour établir des valeurs empiriques de la fiabilité, aux Pays-Bas. L'étude en cours tient compte de la granularité en étudiant des valeurs pour différents groupes d'utilisateurs, de modes de transport et de motifs de déplacement.

Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, le manuel d'évaluation des projets de transport (TAG) du ministère des Transports est un document d'orientation détaillé pour l'évaluation des projets de transport. Ces orientations constituent des exigences pour tous les projets nécessitant l'approbation des pouvoirs publics. Le document d'orientation le plus récent recommande des modalités d'évaluation pour estimer l'amélioration de la fiabilité des temps de parcours dans les transports en voiture particulière et les transports en commun (Ministry for Transport 2009).

Pour les transports en voiture particulière, le rapport recommande que la fiabilité soit mesurée par l'écart type des temps de parcours ou par le coefficient de variation. Pour prédire la modification de la variabilité du temps de parcours, différentes méthodes ont été élaborées concernant les autoroutes et routes à chaussées séparées interurbaines, ainsi que les routes urbaines. Pour les autoroutes et routes à chaussées séparées, les incidents constituent la principale source de variabilité imprévisible ; le manuel recommande l'approche d'évaluation des incidents à l'aide du logiciel INCA (voir aussi encadré 3.2 ci-dessus). Ce programme indique comment les retards causés par les incidents varient en fonction de la gravité et de la longueur de l'incident, du nombre de voies bloquées et du volume de trafic au moment de l'incident. Pour les routes urbaines, la variabilité journalière est considérée comme la principale source du manque de fiabilité ; le ministère britannique des Transports a collecté des données pour prévoir l'écart type des temps de parcours à partir du temps de parcours et de la distance pour chaque flux d'origine et de destination.

Pour estimer l'avantage monétisé des modifications de la variabilité du temps de parcours, le manuel préconise l'utilisation de ratios de fiabilité (valeur de la variabilité du temps de parcours / valeur du temps de parcours), découlant de l'étude néerlandaise mentionnée ci-dessus.

Pour les transports en commun (train), le retard est mesuré en tant que différence entre l'heure d'arrivée prévue et l'heure d'arrivée réelle. La désutilité d'un retard est alors mesurée à l'aide du retard moyen et évaluée en appliquant un coefficient de retard approprié. Les estimations de ces coefficients de retard (valeur des conséquences d'un retard par rapport au temps à bord du véhicule) varient entre un et cinq. La deuxième désutilité est liée à la variation imprévisible des retards. Selon le rapport TAG, elle doit être mesurée par l'écart type des temps de parcours et évaluée à l'aide du ratio de fiabilité obtenu à partir de l'étude néerlandaise. Cependant, les données sur la distribution des retards étant rares, le manuel recommande d'utiliser un coefficient de retard de trois (dont une hausse de 20 % représentant la désutilité supplémentaire entraînée par la variabilité des retards), en règle générale. Cela signifie qu'une minute de retard moyen est évaluée par les voyageurs comme égale à trois minutes de temps de parcours prévu. L'utilisation de la valeur du temps comme base permet alors d'utiliser la valeur monétaire de la fiabilité.

Le rapport reconnaît qu'il existe un nombre limité d'éléments probants sur les valeurs applicables à l'écart type des temps de parcours. Il souligne également que la fiabilité est un domaine en plein développement et que les recherches apporteront probablement de nouveaux éclairages. Les recommandations sont donc formulées sur la base des connaissances actuelles.

Danemark

Bien que la fiabilité ne soit pas encore comprise dans les pratiques d'évaluation économique danoises, plusieurs autorités ont utilisé différentes mesures pour évaluer la variabilité du temps de parcours (les informations suivantes sont basées sur Fosgerau *et al.* 2008). La direction des routes danoise a utilisé le retard comme valeur de remplacement de la variabilité du temps de parcours. Le modèle de transport Orestad (OTM) a été préalablement utilisé pour fournir des estimations des coûts et avantages dans les évaluations des projets d'infrastructures du Grand Copenhague. L'OTM évalue les changements comportementaux et les conséquences sur le temps de parcours total des plans proposés. Les temps de parcours pour différents tronçons routiers sont générés en fonction des relations vitesse-débit pour plusieurs matrices à différents moments. Les modalités selon lesquelles la demande et le choix d'itinéraires sont affectés par la congestion en dehors du Grand Copenhague ne sont généralement pas incluses. L'évaluation du retard est basée sur les prix unitaires officiels. Une minute de retard est évaluée à 1.5 minute de temps de parcours, conformément à l'étude sur « la valeur britannique du temps » (Accent et HCG 1996).

De manière similaire, l'autorité ferroviaire nationale utilise le retard comme valeur de remplacement de la variabilité du temps de parcours. Celle-ci est mesurée en tant que nombre total de minutes de retard par voyageur par rapport aux horaires. Pour prévoir la variabilité, deux types de sources sont pris en compte séparément : les retards liés aux incidents et les autres retards (liés aux horaires et à la capacité physique). Un prix unitaire de deux fois la valeur du temps de parcours est appliqué pour évaluer la valeur de la fiabilité.

L'étude danoise la plus récente sur la variabilité du temps de parcours, commandée par le ministère danois des Transports et ses organismes chargés des routes et des chemins de fer, fixe des recommandations pour intégrer la fiabilité dans une ACA, à court et à long terme, en fonction de nouveaux résultats théoriques (voir Fosgerau *et al.* 2008).

L'étude propose d'utiliser une approche basée sur les considérations de programmation optimales. Dans ce contexte, la variabilité du temps de parcours est définie en tant qu'écart type des temps de parcours. Pour obtenir la valeur de la fiabilité, un concept de ratio de variabilité est introduit, défini comme la valeur de la variabilité du temps de parcours par rapport à la valeur du temps de parcours. Conformément aux nouveaux résultats théoriques, le ratio de variabilité peut être déterminé par une fonction du ratio du coût de retard par rapport à la valeur du temps, à la part optimale des déplacements arrivant en retard et au retard moyen normalisé selon la distribution des temps de parcours.

Après examen de la littérature, le rapport recommande d'utiliser une valeur de retard représentant environ trois fois la valeur du temps de parcours, étant donné que le voyageur moyen est en retard, dans des conditions optimales, une fois sur trois déplacements (part optimale des déplacements arrivant en retard), selon les conclusions établies dans le rapport. Le retard moyen normalisé, déterminé par la forme de la distribution des temps de parcours normalisés (qu'on suppose fixe pour les sections ferroviaires et routières) a été estimé à 0.33 pour la route et 0.28 pour le rail. Par conséquent, en attendant la mise à disposition de valeurs établies plus empiriquement, l'étude conclut que le ratio de variabilité (ratio de fiabilité) à utiliser doit être de 1.0 (3×0.33) pour la route et de 0.84 (3×0.28) pour le rail.

Encadré 3.3. Liaison ferroviaire Copenhague - Ringsted (Danemark)

La liaison entre Copenhague et Ringsted constitue une part essentielle du réseau ferré danois. La capacité du réseau est aujourd'hui entièrement utilisée, ce qui ne touche pas seulement le nombre de trains en circulation, mais aussi la fiabilité des trains (ponctualité). Pour améliorer la situation, le gouvernement danois a étudié plusieurs solutions. L'évaluation coûts-avantages de ces solutions a inclus la fiabilité (régularité).

Pour calculer les avantages des différentes solutions projetées en termes de fiabilité, le total des minutes de retard pour chaque liaison du réseau, période et sens a été calculé ; ces estimations ont ensuite été divisées par le nombre de trains, pour obtenir un retard moyen par train (ou voyageur). L'amélioration de la ponctualité a été calculée en tant que coefficient fixe des gains de temps. De la même manière, dans le cas du transport de marchandises, le total des minutes de retard par tonne-kilomètre a été estimé en multipliant le nombre total de minutes de retard par train, par le poids moyen des marchandises par train. Selon ce calcul, il a été estimé que la solution de construction réduirait les retards de 25 % par rapport à la solution de base, tandis que les autres solutions apporteraient des améliorations moindres.

Les valeurs des gains de temps et des réductions des retards ont été basées sur les valeurs officielles du temps. Une certaine reconnaissance de la diversité des usagers a été intégrée aux estimations. En particulier, les valeurs de temps pour les voyageurs diffèrent selon le motif de déplacement (professionnel, commercial, autre), ainsi que le temps de parcours moyen, le retard et la fréquence. La valeur du retard a été estimée au double de la valeur du temps de parcours moyen, quel que soit le motif de déplacement. Dans le cas du transport de marchandises, la granularité n'a pas été prise en compte : une seule valeur du temps de parcours a été utilisée pour toutes les marchandises transportées, même si la valeur du temps/la fiabilité dépend du type de marchandises transportées.

L'application des valeurs personnelles du retard (le double de la valeur du temps), ainsi que de la valeur du retard et temps/temps des marchandises insensibles à la fiabilité, à l'analyse coûts-avantages a permis l'augmentation d'environ 18 % d'avantages pour l'utilisateur, dans le cas du transport de voyageurs, et de 7 % dans le cas du transport de marchandises, dans la nouvelle solution de construction.

Source : Cowi (2005).

Suède

Le groupe de travail sur les analyses coûts-avantages (appelé groupe ASEK) a préconisé que le retard et le manque de fiabilité soient inclus dans l'analyse coûts-avantages (SIKA 2008). Le rapport recommande que le manque de fiabilité des temps de parcours pour les déplacements professionnels en voiture et les déplacements pendulaires en voiture soit évalué à 0.9 fois la valeur moyenne du temps. Ce chiffre est basé sur les ratios de fiabilité proposés aux Pays-Bas, ainsi que dans les études suédoises sur la variabilité du temps de parcours (voir, par exemple, Transek 2003).

Pour d'autres types de déplacement, il est recommandé d'adopter une approche descendante, dans laquelle la valeur totale du retard et de la congestion (intégrant tous deux la variation des temps de parcours et autres facteurs, tels que l'inconfort du voyage) soit définie comme 1.5 fois la valeur du temps de parcours moyen pour les voitures et 2.5 fois la valeur moyenne du temps de parcours pour les autres modes. Ces valeurs sont empruntées aux études internationales. Dans les applications pratiques, cependant, les calculs sont effectués à l'aide de l'approche de l'écart type pour tous les motifs de déplacement. Dans le cas du transport de marchandises, une approche descendante similaire a été adoptée. La valeur du retard dans le transport de marchandises a été considérée comme deux fois la valeur du temps par groupe de produits. Ce chiffre n'est considéré que comme une estimation préliminaire jusqu'à la réalisation de recherches plus approfondies.

Encadré 3.4. Liaison routière nord-sud à Stockholm (Suède)

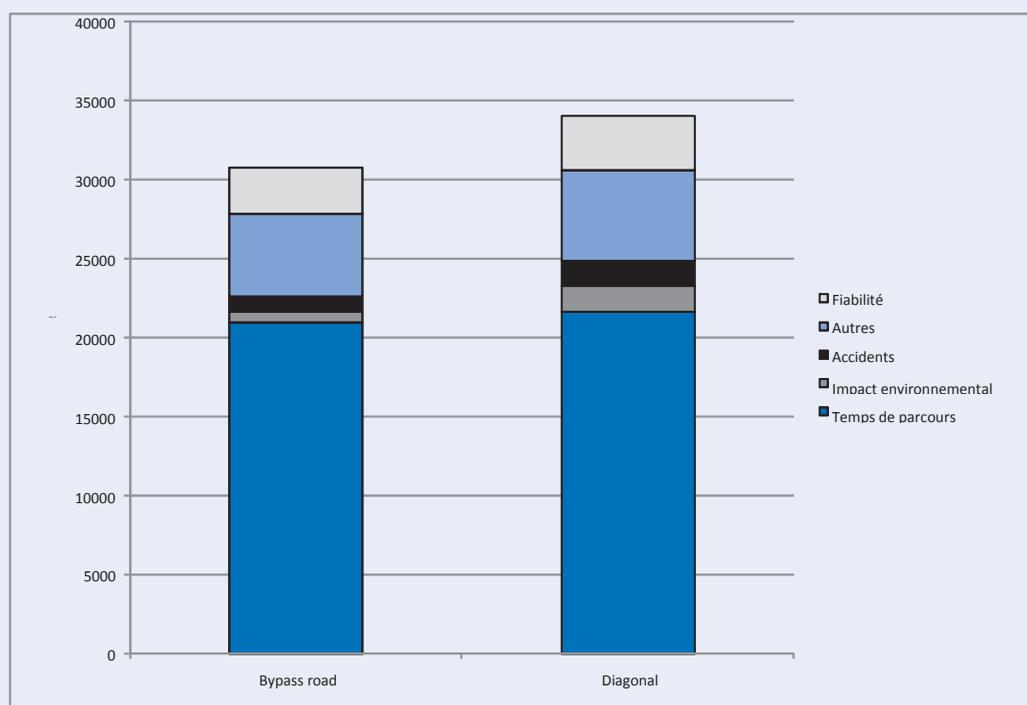
L'analyse coûts-avantages d'une liaison routière nord-sud proposée à Stockholm (Suède) comprend une estimation des avantages en termes de fiabilité. Deux investissements routiers différents ont été envisagés, le contournement de Stockholm et la diagonale Ulvsunda.

Les données sur les temps de parcours ont été obtenues par les caméras de surveillance du trafic de Stockholm, qui ont identifié chaque véhicule et son temps de parcours, sur certaines liaisons. Les temps de parcours ont été observés sur 46 liaisons dans les deux sens, en semaine entre septembre et décembre 2005. L'écart type des temps de parcours a ensuite été calculé pour chaque liaison à une certaine heure de la journée.

L'étude de Stockholm a supposé que la valeur de la fiabilité était basée sur le ratio de fiabilité décrivant le nombre de minutes du temps de parcours auquel correspond une réduction de l'écart type d'une minute. La granularité a été ignorée : un ratio de 0.9 fois la valeur du temps de parcours a été utilisé pour tous les usagers. À partir des volumes de trafic observés, une relation entre le temps de parcours, la congestion et la variation des temps de parcours a été estimée. La valeur de la variation du temps de parcours a été estimée à 35 SEK par heure d'écart type. Étant donné que la granularité (diversité des groupes d'usagers) n'a pas été prise en compte, il a été implicitement supposé que la valeur du temps de parcours était identique pour tous les usagers.

Le graphique ci-dessous résume les résultats de l'évaluation coûts-avantages pour un contournement de Stockholm et pour un autre projet, la diagonale Ulvsunda. L'inclusion de la fiabilité dans les calculs a fait ressortir une augmentation de 12 % - 13 % des avantages pour l'utilisateur.

Figure. Avantages du contournement de Stockholm et de la diagonale Ulvsunda



Source : Transek 2006:18.

Nouvelle-Zélande

Le manuel d'évaluation économique de l'organisme néo-zélandais chargé des transports remarque que l'amélioration de la fiabilité des déplacements doit être intégrée dans l'évaluation de l'efficacité économique des projets de transport terrestre. Le concept utilisé s'applique aux déplacements professionnels et non professionnels. Cependant, la procédure de calcul de la fiabilité des déplacements n'est considérée appropriée que pour la variation journalière des temps de parcours, et non pour les retards liés aux incidents. La définition néo-zélandaise de la variabilité du temps de parcours est la suivante : « la fiabilité des temps de parcours est mesurée par les variations imprévisibles des temps de parcours subies lors de déplacements entrepris approximativement à la même heure chaque jour. L'impact est lié aux variations journalières de la congestion, généralement dues aux variations journalières des flux. Cette notion est différente des variations de chaque temps de parcours, qui surviennent dans une période particulière » (voir New Zealand Transport Agency 2008, paragraphe A4.5, p. A4-13).

La variabilité du temps de parcours est mesurée par l'écart type de la fiabilité des temps de parcours. Une réduction de la variabilité résulte d'une réduction de la congestion sur les liaisons et aux intersections le long d'un itinéraire ; le manuel fournit des données détaillées pour calculer et évaluer l'écart type des temps de parcours dans différents contextes.

Les avantages apportés par une amélioration de la fiabilité des déplacements sont alors calculés en tant que fonction de la réduction de la variabilité du réseau, du volume de trafic et de la valeur de la fiabilité des temps de parcours. La valeur est obtenue en multipliant la valeur respective du temps de parcours par 0.9 pour une composition du trafic urbain typique (0.8 pour les voitures et 1.2 pour les véhicules utilitaires, dans les projets présentant une composition du trafic sensiblement différente). Enfin, un coefficient de correction est appliqué pour ajuster les calculs au pourcentage de variance en dehors de la zone d'étude.

L'organisme néo-zélandais chargé des transports a commandé récemment une étude pour trouver une méthode de mesure de la valeur accordée à la fiabilité des transports en commun. Dans ce cadre, une enquête de préférences déclarées a été mise en œuvre pour collecter des informations sur l'évaluation de la fiabilité par les voyageurs. L'enquête a porté sur deux composantes des services non fiables, la variabilité au départ et à bord du véhicule, et a fourni des estimations pour ces paramètres par rapport au temps de parcours normal à bord du véhicule (Vincent 2008).

Australie

De façon similaire à la Nouvelle-Zélande, l'Australie a élaboré des principes nationaux de gestion du système de transport (Australian Transport Council 2006) qui intègrent la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages. Ils suggèrent d'utiliser l'écart type des temps de parcours comme base pour mesurer le manque de fiabilité dans le trafic routier. Ils se réfèrent à la méthode néo-zélandaise de calcul de l'écart type, basée sur le ratio volume-capacité pour la liaison routière, l'intersection ou le tronçon routier. Pour les transports en commun, la fréquence des retards par rapport aux horaires, à partir de laquelle un « temps d'attente imprévu moyen » peut être estimé, est recommandée pour la mesure de la variabilité du temps de parcours.

Il n'existe pas de valeurs monétaires spécifiées pour les réductions de la variabilité du temps de parcours, mais les conclusions de la recherche sont citées (par exemple, Bates *et al.* 2001) et il est suggéré qu'un ratio de fiabilité de 1.3 (valeur de la fiabilité par rapport à la valeur du temps) soit utilisé pour le trafic routier. Cette valeur est applicable aux véhicules utilitaires, car les principes australiens sont destinés aux évaluations de projets pour les transports de marchandises. Si le transport par voiture

particulière est compris, une pondération de 0.8 est alors prévue pour cette composante de la demande de mobilité. Pour l'évaluation d'un projet de transport en commun, une pondération de 3.0 par rapport à la valeur du temps est recommandée.

Les recherches récentes mettent en cause cette approche en soulevant des questions sur les applications actuelles de la fiabilité des temps de parcours. Elle examine la distribution des variations du temps de parcours et la corrélation des temps de parcours sur les sections d'itinéraires (voir, par exemple, Taylor 2008).

Norvège

L'institut norvégien de l'économie des transports réalise actuellement des projets d'évaluation destinés à élaborer de nouvelles valeurs unitaires pour plusieurs biens non marchands dans les transports. L'évaluation du temps et de la fiabilité dans les transports de personnes est examinée dans une étude détaillée, commandée par les autorités norvégiennes chargées des transports. L'évaluation du temps et de la fiabilité dans le transport de marchandises fait l'objet d'un projet financé par le Conseil de la recherche de Norvège.

Dans les deux études, l'évaluation de la fiabilité (ou de la variabilité du temps de parcours) est abordée dans deux types d'expériences de choix déclarés, basées respectivement sur l'approche moyenne-variance et l'approche d'ordonnancement. La conception des expériences est partiellement inspirée par la conception de l'étude néerlandaise décrite par de Jong *et al.* (2007). En appliquant deux approches différentes, une comparaison est possible et différents types de valeur de la fiabilité peuvent être fournis.

Les deux études devraient être terminées et présentées en 2010. Des travaux complémentaires seront nécessaires sur l'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages.

Canada

Transports Canada a récemment terminé une étude sur la valeur du temps et la fiabilité des déplacements locaux au Canada. Bien que le rapport ait essentiellement pour objet les valeurs du temps de parcours, il conclut que le petit corpus de recherche examiné suggère une relation entre la valeur de la fiabilité et la valeur du temps de parcours. Par conséquent, il propose de calculer la valeur de la fiabilité en tant que fonction linéaire de la valeur du temps de parcours (InterVistas 2008).

Compte tenu des conclusions tirées de l'examen de la littérature, le rapport recommande l'utilisation de la différence dans l'approche du centile (différence entre les temps de parcours ou de l'indice de sécurité au 50^e et au 90^e centiles) pour parvenir à une mesure de la variabilité du temps de parcours. Cependant, la valeur de la fiabilité par rapport à la valeur du temps de parcours (dans les études examinées) va de 60 % à 150 % ; c'est pourquoi le rapport recommande, en l'absence de meilleures informations, d'utiliser la valeur du temps comme valeur de remplacement de la fiabilité.

3.3.3 Ratio de fiabilité

Comme l'illustrent les exemples précédents, la plupart des expériences nationales disponibles sur l'évaluation de la fiabilité se réfèrent à l'utilisation du ratio dit de fiabilité. Celui-ci est défini comme le ratio entre la valeur d'une minute d'écart type (c'est-à-dire la valeur de la fiabilité) et la valeur d'une minute de temps de parcours moyen. Ces ratios s'avèrent assez semblables dans toutes les études et découlent essentiellement d'études de cas internationales et, plus spécifiquement, de l'atelier d'experts internationaux organisé par AVV, le centre de recherche sur les transports du ministère néerlandais des

Transports. À cette réunion, un consensus sur des ratios de fiabilité raisonnables concernant les transports de personnes a été atteint : 0.8 pour les voitures particulières et 1.4 pour les transports en commun (Hamer *et al.* 2005, Kouwenhoven *et al.* 2005).

Cependant, la valeur de la fiabilité est nécessairement très granulaire, avec une large gamme de valeurs, selon les différents usagers, motifs de déplacement et heures de la journée. À moins que des valeurs empiriques soient établies, l'utilisation d'un certain ratio de fiabilité normalisé implique que la valeur de la fiabilité soit liée à la valeur du temps de parcours moyen pour tous les groupes d'usagers ou motifs de déplacement. Comme indiqué plus haut dans cette étude, les classifications actuelles concernant la valeur du temps de parcours ne reflètent pas nécessairement les caractéristiques de fiabilité (voir, par exemple, Small *et al.* 2002 révélant que la valeur de la fiabilité est deux fois plus élevée pour les femmes que pour les hommes).

Comme l'illustrent les tableaux 3.1 et 3.2, ainsi que le tableau ci-dessous, les ratios de fiabilité sont très différents et étroitement liés au lieu, au moment et à l'utilisateur. L'utilisation de valeurs (ou de ratios) uniques peut être extrêmement trompeuse.

Tableau 3.3. **Ratios de fiabilité dans différentes études**

Source	Ratio	Remarques
Abdel-Aty <i>et al.</i> (1995)	0.35	
Black and Towriss (1993a)	1.27	
Lam et Small (2001)	1.30	
Small <i>et al.</i> (2001)	1.30	
Bates <i>et al.</i> (2001)	1.10 - 2.20	
Eliasson (2004)	0.95	Déplacements privés à Stockholm dans la matinée
Eliasson (2004)	0.59	Déplacements privés à Stockholm dans l'après-midi
Brownstone et Small (2002)	0.75	
Hamer <i>et al.</i> (2005), Kouwenhoven <i>et al.</i> (2005)	0.80	

Source : adapté de Transek (2006).

3.4 Conclusions

La fiabilité des temps de parcours apparaît de plus en plus comme une caractéristique majeure du réseau, qui doit être prise en compte dans l'étude des solutions d'investissement.

L'intégration de la fiabilité dans l'évaluation des projets d'infrastructure de transports financés par le secteur public pose néanmoins des difficultés. En l'absence d'un mécanisme de tarification directe de la fiabilité, l'analyse coûts-avantages représente la meilleure solution pour offrir une fiabilité optimale.

Malgré son importance évidente, l'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages n'est pratiquée que dans un nombre limité de pays. Les valeurs monétisées de la fiabilité ne sont incluses dans l'évaluation que par quelques rares pays.

La fiabilité n'est généralement pas prise en compte dans l'évaluation des projets et, par conséquent, l'ACA n'établira pas de distinction entre deux projets d'infrastructures dont les avantages (tels que les gains de temps prévus) sont identiques, mais dont la variabilité du temps de parcours prévu diffère. Il est évident que si un investissement dans les infrastructures vise, par exemple, à améliorer la fiabilité des temps de parcours, et non le temps de parcours moyen, l'absence d'une analyse systématique des avantages économiques constituera un obstacle majeur.

Ce chapitre a présenté une série d'exemples d'analyses coûts-avantages et de principes d'évaluation intégrant les avantages de la fiabilité. Il existe des méthodes de mesure et d'évaluation de la fiabilité qui peuvent être intégrées dans l'analyse coûts-avantages. Employées à titre expérimental dans un petit nombre de pays, elles justifient l'intégration explicite des avantages liés à la fiabilité dans l'évaluation des investissements et, par conséquent, dans les cadres politiques.

Des travaux complémentaires sont toutefois nécessaires. L'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages requiert des données sur la fiabilité effective des temps de parcours, la fiabilité escomptée après intervention et la valeur monétaire de la fiabilité, ventilée à différents niveaux de granularité. En outre, les travaux sur l'évaluation ont porté essentiellement sur les transports de personnes, et les connaissances acquises jusqu'à présent ne peuvent pas être automatiquement transposées aux transports de marchandises, notamment dans les réseaux de transport et les couloirs commerciaux multimodaux.

Même si plusieurs études examinent la valeur de la fiabilité, les connaissances sur la façon dont le temps de parcours, la congestion et la qualité du réseau influent sur la fiabilité sont limitées. Presque tous les modèles de trafic et de transport utilisés pour l'évaluation de l'impact stratégique offrent des prévisions des flux de demande moyens et des temps de parcours (prévus) moyens. Ces modèles peuvent aussi servir à établir des prédictions sur les modifications de l'écart type des temps de parcours ; ces changements sont les éléments de base pour définir l'impact d'un investissement sur la fiabilité. Il est donc nécessaire d'améliorer les outils de prévision du trafic actuellement disponibles.

Pour intégrer la fiabilité dans l'évaluation d'un projet, il est proposé que l'amélioration des temps de parcours soit scindée en réduction du temps de parcours pur et en amélioration de la fiabilité, pour chaque groupe d'utilisateurs, lieu, etc. Les révisions de l'approche de l'analyse coûts-avantages impliqueront des ajustements temporels, une ventilation des utilisateurs et des ajustements de la monétisation.

Soulignons que les estimations obtenues ne seront pas transposables, mais liées au pays, au lieu, à l'utilisateur et au moment. Par conséquent, l'utilisation d'un seul ratio de fiabilité (souvent obtenu à partir d'autres études) peut être extrêmement trompeuse. En attendant la mise à disposition de valeurs empiriques sur la fiabilité, l'utilisation de la valeur normalisée du temps en tant que valeur de remplacement de la fiabilité peut être aussi bonne que toute autre approche.

NOTE

1. Le projet de recherche HEATCO (Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment), relatif à l'harmonisation des approches européennes en matière d'estimation des transports et d'évaluation des projets, a dressé un inventaire des modalités selon lesquelles la congestion et la fiabilité sont intégrées dans les processus d'évaluation des infrastructures, dans les pays européens.

PRINCIPAUX MESSAGES

- La fiabilité des temps de parcours apparaît de plus en plus comme une caractéristique majeure du réseau, qui doit être prise en compte dans l'étude des solutions d'investissement.
- L'analyse coûts-avantages représente la meilleure solution pour offrir une fiabilité optimale.
- Le nombre de pays intégrant la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages est limité. Seuls quelques-uns d'entre eux incluent les valeurs monétisées de la fiabilité dans leurs évaluations.
- Les évaluations courantes ne dissocient pas les avantages liés à l'amélioration de la fiabilité (réduction de la variabilité du temps de parcours) des avantages liés à la réduction du temps de parcours moyen. Elles n'offrent donc aucun élément concret permettant d'affirmer qu'un projet améliore effectivement la fiabilité.
- L'intégration de la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages requiert des données sur la fiabilité effective des temps de parcours, la fiabilité escomptée après intervention et la valeur monétaire de la fiabilité, ventilée à différents niveaux de granularité.
- L'amélioration du temps de parcours doit être scindée en réduction du temps de parcours pur et en amélioration de la fiabilité pour chaque groupe d'utilisateurs, lieu, etc.
- Les révisions de l'approche de l'analyse coûts-avantages impliqueront des ajustements temporels, une ventilation des utilisateurs et des ajustements de la monétisation.
- Les estimations de la valeur de la fiabilité ne seront pas transposables, mais liées au pays, au lieu, à l'utilisateur et au moment.
- L'utilisation d'un seul ratio de fiabilité pour établir la valeur de la fiabilité n'est probablement pas appropriée, compte tenu de la diversité des valeurs accordées à la fiabilité par les principaux groupes d'utilisateurs.

4. OFFRE D'INFRASTRUCTURES EN TANT QU'OUTIL DE POLITIQUE PUBLIQUE

Ce chapitre examine les principes d'une offre d'infrastructures destinée à influencer sur le niveau de fiabilité du réseau. Les solutions étudiées pour améliorer la fiabilité comprennent l'augmentation de la capacité, lorsque la fiabilité est fragilisée par une demande forte, et la fixation de normes d'infrastructures rentables. L'augmentation de la capacité concerne la construction de lignes ferroviaires et de routes. Les moyens rentables d'améliorer la capacité incluent les normes techniques des matériaux, influant sur les niveaux d'entretien, la fréquence des remises en état ou la résistance aux catastrophes naturelles. La faisabilité de l'offre d'infrastructures, en tant qu'outil de politique publique pour améliorer la fiabilité, est ensuite abordée.

L'étendue et la qualité du réseau de transport sont déterminantes pour le fonctionnement de l'économie et de la société. La construction et l'entretien des liaisons très fréquentées constituent, toutefois, un défi majeur pour les responsables de réseaux.

La capacité du réseau est un élément essentiel de la performance. Elle est définie par les caractéristiques de l'offre, telles que la capacité routière et ferroviaire, les capacités en termes de liaisons et de nœuds routiers et ferroviaires et la programmation. Ces caractéristiques sont spatiales et temporelles. Les caractéristiques spatiales sont définies par les structures des réseaux physiques, et les caractéristiques temporelles par la disponibilité du réseau, les services sur le réseau dans le temps et les perturbations occasionnées par l'utilisation du réseau. Compte tenu de ces caractéristiques, l'adaptation de l'offre à la demande, avec des répercussions minimales sur les performances du réseau, peut prendre de nombreuses formes.

Le manque de fiabilité dans les performances d'un quelconque réseau a des répercussions sur le temps de parcours. Comme indiqué au chapitre 1, c'est l'interdépendance entre l'offre, la demande et les facteurs externes qui génère collectivement un manque de fiabilité. Ainsi, une capacité très encombrée est plus vulnérable aux perturbations qu'une capacité présentant un volume de trafic plus faible. Un exemple extrême de défaillance est le blocage total de la capacité réduisant à zéro les vitesses de circulation sur le réseau.

En cas de défaillance, la redondance de la capacité devient importante. Celle-ci est définie dans le présent rapport comme l'existence de plusieurs moyens pour accomplir une fonction donnée du réseau. L'absence de redondance peut avoir des conséquences catastrophiques. La redondance peut être améliorée soit par l'offre d'une capacité supplémentaire (de remplacement), soit par l'amélioration de la flexibilité de la capacité existante, par différents types de normes et, par conséquent, la réduction de la vulnérabilité du réseau.

Dans ce chapitre, les deux principales stratégies basées sur l'offre sont examinées. En premier lieu, l'extension de la capacité est abordée. En deuxième lieu, la qualité de cette capacité est étudiée : des normes physiques élevées devraient améliorer la résistance du réseau aux perturbations. Il est évident que les solutions d'extension et d'amélioration de la capacité doivent être envisagées en fonction d'analyses coûts-avantages formelles intégrant les avantages nets de la fiabilité.

4.1 Offre de capacité

Il existe de nombreux moyens d'accroître la capacité infrastructurelle. Les plus courants comprennent la construction de nouvelles infrastructures (routes ou lignes de chemin de fer) ou l'extension des infrastructures existantes (ajout de voies de circulation ou de lignes de chemin de fer, augmentation du nombre de gares ou de la capacité portuaire).

Cependant, les solutions énumérées ci-dessus doivent être soigneusement envisagées en analysant leur rentabilité par rapport à d'autres, souvent moins coûteuses. Des analyses coûts-avantages sont donc nécessaires. L'augmentation de la capacité est trop souvent envisagée en premier lieu alors que, dans de nombreux cas, elle ne devrait être examinée qu'une fois les autres solutions écartées.

Même si le présent rapport concerne la fiabilité, de nombreux exemples présentés dans ce chapitre sont des actions correctives portant directement sur la congestion. La plupart des mesures sur le plan de l'offre visent une diminution de la congestion, et non une amélioration de la fiabilité. Cela est essentiellement dû au fait que la fiabilité est une question relativement nouvelle, alors que la congestion figure à l'ordre du jour de la politique de transport depuis de nombreuses années.

Il reste important de reconnaître que la congestion n'est pas nécessairement synonyme de non-fiabilité. Il convient de se rappeler que congestion et non-fiabilité peuvent avoir des implications différentes en termes d'action, comme indiqué au chapitre 1. Toutefois, si le présent rapport concerne la fiabilité et les politiques appropriées pour répondre aux questions de fiabilité, il est admis que les actions correctives visant la congestion peuvent améliorer la fiabilité et, de la même façon, les actions visant la non-fiabilité peuvent diminuer la congestion. Par conséquent, de nombreuses politiques dites de fiabilité sont, en réalité, des politiques réduisant la congestion.

Ceci est intuitivement compréhensible. Si la demande sur une quelconque liaison augmente plus vite que la capacité disponible, la congestion (et la non-fiabilité) risque de s'accroître. Une étude comparant cette relation aux États-Unis a montré que la plus forte augmentation de la congestion se produisait dans les zones où l'augmentation de la demande était plus de 30 % supérieure à celle de l'offre (Schrank et Lomax 2005, p. 82).

Le cas de l'autoroute à péage M6 au Royaume-Uni est un exemple classique d'une politique de congestion qui devrait très probablement avoir aussi un impact positif sur la fiabilité. La réduction des temps de parcours indique une meilleure fluidité du trafic. Cependant, l'accroissement du trafic observé sur la nouvelle liaison pourrait augmenter le risque d'incidents qui, à son tour, pourrait diminuer la fiabilité. En l'absence de données quantifiant les impacts sur le plan de la fiabilité, il est en définitive difficile de conclure à des avantages liés à la fiabilité sur l'autoroute M6.

Encadré 4.1. L'autoroute à péage M6 (Royaume-Uni)

La première grande route à péage moderne construite au Royaume-Uni, la M6 dans les Midlands, a été ouverte en 2003. Contournement autoroutier de 43 km de longueur, elle est destinée à réduire la congestion sur l'autoroute M6 parallèle. Auparavant, la section d'autoroute publique la plus fréquentée supportait un trafic journalier de 180 000 véhicules, soit plus du double de sa capacité de référence. Le péage est calculé en fonction de l'heure de la journée, de la gare utilisée (valeur de remplacement de la distance parcourue) et de la taille du véhicule. La nouvelle autoroute semble avoir atteint son objectif de réduction de la congestion, et le temps de parcours a diminué de moitié dans les périodes de pointe, entre Birmingham et Manchester.

Source : M6 Toll After Study (2005).

Cependant, il semble qu'il y ait peu de cas dans lesquels les investissements destinés au développement de la capacité aient été effectués spécifiquement pour améliorer la fiabilité, même s'il n'existe pas d'évaluation d'impact sur le plan de la fiabilité, qui permettrait d'infirmier ou de confirmer cette conclusion.

Les pays adoptent des approches différentes pour la planification des réseaux. Ceci dit, ils ont généralement des plans stratégiques portant sur les liaisons qui sont essentielles pour l'économie nationale. L'identification des corridors de fret constitue l'un de ces plans stratégiques, visant à réduire la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement du fret aux perturbations. En conséquence, l'identification des points vulnérables du réseau est une tâche importante pour comprendre les stratégies de fiabilité (voir le chapitre 5 sur la gestion proactive du réseau).

Reconnaissant le double problème de la non-fiabilité et de la congestion, de nombreux pays ont élaboré des plans stratégiques comprenant des cartes de temps pour les solutions d'investissement. Ces propositions ne sont pas seulement axées sur des investissements spécifiques dans les infrastructures, mais aussi sur des investissements dans les technologies de gestion du trafic et autres investissements en matière de gestion. Il est cependant essentiel que ces plans stratégiques soient fondés sur des évaluations coûts-avantages intégrant les questions de fiabilité.

Encadré 4.2. Les corridors du futur

Le 10 septembre 2007, le ministère américain des Transports a annoncé les six premiers itinéraires interétatiques qui participeraient à un nouveau projet fédéral pour assurer la cohérence dans la gestion des corridors interétatiques. Le programme « Corridors du futur » vise à développer des approches nationales et régionales innovantes pour réduire la congestion et améliorer l'efficacité de l'offre de fret. Il prévoit la construction de routes nouvelles et l'ajout de voies aux routes existantes, la construction de voies pour véhicules lents et de contournements, ainsi que l'intégration de technologies de gestion du trafic en temps réel, comme l'affectation des voies pour adapter la capacité routière disponible aux variations de la demande de trafic.

Il comprend, en particulier, des projets visant à améliorer la fiabilité par l'augmentation de la capacité :

Autoroute inter-États 95 (I-95) : ce projet envisage de reconstruire et d'élargir un tronçon de 1 700 km de l'I-95 entre la Floride et Washington, pour assurer la demande future, la sécurité et la fiabilité.

Autoroute inter-États 70 (I-70), voies réservées aux véhicules lents entre le Missouri et l'Ohio : ce projet propose l'aménagement de voies réservées aux véhicules lents sur l'I-70, depuis le périphérique I-435, dans la zone est de Kansas City (Missouri) jusqu'à la frontière entre l'Ohio et la Virginie-Occidentale, près de Bridgeport (Ohio) et de Wheeling (Virginie-Occidentale).

Autoroute inter-États 69 (I-69), du Texas au Michigan : ce corridor commercial interétatique et international de 4 300 kilomètres va du Mexique au Canada. Depuis la frontière mexicaine jusqu'à Indianapolis (Indiana), le corridor proposé serait construit sur un nouveau site s'étendant sur environ 2 600 kilomètres.

Bien que ces projets offrent probablement des avantages liés à la fiabilité, aucune donnée n'est disponible sur la variabilité actuelle du temps de parcours ou la fiabilité escomptée après les améliorations. Par conséquent, il est difficile de conclure aux avantages apportés par ces investissements, en termes de fiabilité.

Source : <http://www.corridors.dot.gov/>.

Les programmes d'investissement stratégiques sont souvent des projets multimodaux de grande envergure. En commerce international, le transport de marchandises par l'association de deux modes ou plus est courant. En raison des longues distances et des différentes caractéristiques géographiques, les transports internationaux de marchandises doivent être assurés par plusieurs modes. Ces déplacements peuvent faire appel au train, à la route, à l'avion, aux voies navigables et à la mer. Par conséquent, l'extension de la capacité doit aussi prendre en compte l'interopérabilité et les interfaces (voir également le paragraphe 5.3 sur la gestion des interfaces).

CityRail Clearways est un autre exemple de projet stratégique. Un examen a permis d'identifier les sites présentant le manque de fiabilité opérationnelle le plus important ; ces sites ont bénéficié de fonds pour l'amélioration de la capacité, prévoyant la suppression des interfaces opérationnelles entre services par ailleurs indépendants. Actuellement, les retards sur un point du réseau peuvent se répercuter sur des trains circulant en un point complètement différent du réseau, en raison de la forte intrication du réseau, sur lequel les infrastructures, les matériels et les services sont partagés entre plusieurs lignes. Le projet Clearways vise à diviser les quatorze lignes métropolitaines en cinq « voies rapides » indépendantes. Il a pour objectif d'isoler les incidents sur un point du réseau, de façon que les autres lignes restent fiables.

Ce projet présente deux principaux avantages. Premièrement, il réduit la zone d'impact d'un incident sur le réseau. Deuxièmement, en améliorant la fiabilité, il réduit la capacité (non utilisée) qui doit être réservée pour maintenir un niveau de fiabilité donné. Il met ainsi en évidence comment l'augmentation de la non-fiabilité peut saturer une capacité qui autrement serait fiable. L'amélioration de la fiabilité permet de dégager une capacité sous-utilisée. En présence de goulets d'étranglement essentiels, l'offre d'un réseau ferré relativement fiable exige que la capacité de l'ensemble du réseau soit limitée à un niveau relativement bas.

En l'absence d'une analyse coûts-avantages, il n'est pas possible d'identifier avec exactitude les avantages d'un projet en termes de fiabilité. Toutefois, il est probable que ceux-ci seront plus élevés si la fiabilité est prise en compte. Comme indiqué au chapitre 3, une analyse coûts-avantages intégrant les avantages et les coûts liés à la fiabilité serait un outil précieux pour analyser les priorités et les valeurs dans ce type de projets (voir aussi au paragraphe 3.3.2 « Expériences par pays », les études de cas intégrant la fiabilité dans l'analyse coûts-avantages).

Il est fondamental d'assurer les relations entre les acteurs sociaux et économiques, au sein d'une économie, pour que celle-ci fonctionne ; la fiabilité est une des caractéristiques de la qualité d'un réseau. Ainsi, les performances des itinéraires de transport terrestre dans les économies en développement restent sensibles à de nombreux facteurs, notamment le coût, la fiabilité et le temps (Nations Unies 2008).

L'exemple des infrastructures de transport en Ukraine, présenté ci-dessous, montre une situation dans laquelle les sous-investissements ont entraîné une baisse importante de la fiabilité du réseau, avec des répercussions graves sur le potentiel d'exportation et le fonctionnement interne de l'économie.

Encadré 4.3. Sous-investissements dans les infrastructures (Ukraine)

Depuis quelques décennies, en raison de l'insuffisance ou de l'absence de financement, les travaux de remise en état et d'entretien (chaussées en béton bitumineux et traitements de surface) n'ont pas été entrepris sur le réseau routier général en Ukraine. Il s'est produit une réduction du volume de travaux routiers de plus de 95 %. En conséquence, dans certaines zones, moins d'un cinquième des routes se trouvent dans un état normal d'exploitation.

Il s'en est suivi une situation de dégradation et de rupture des structures de chaussées, caractérisée par l'effondrement des rives, la formation de nids-de-poule, la fissuration, le tassement, l'orniérage et autres phénomènes (essentiellement sur les routes de région ou de district). Dans certains cas, les usagers en viennent à utiliser les bandes d'arrêt d'urgence, parce que la chaussée est totalement détériorée. Le réseau est très peu fiable, même dans des conditions climatiques banales, comme une faible pluie. Le réseau n'est donc pas simplement lent, il manque totalement de fiabilité.

En cas de financement inapproprié, la qualité et, par conséquent, les performances du réseau baissent, alors que la croissance économique nationale et le développement des liaisons internationales exigent de meilleures performances en termes de vitesse et de solidité.

Source : Gamelyak et al. (2008).

Pour résumer, l'augmentation de la capacité peut permettre, en principe, une amélioration de la fiabilité, notamment si le manque de fiabilité est lié à des volumes de trafic élevés. Elle peut aussi réduire la susceptibilité du réseau, s'il existe plusieurs liaisons sur un seul corridor. Enfin, elle peut faciliter l'entretien du réseau, si elle est assurée sur des liaisons parallèles. La réalisation de travaux d'entretien importants sur une liaison déjà très fréquentée entraînera une augmentation des ralentissements.

Cependant, mis à part les coûts d'investissement généralement élevés, d'autres aspects de cette solution politique ne permettent pas de résoudre les questions de fiabilité sous-jacentes. En particulier, l'augmentation de la capacité n'assure pas une fiabilité différenciée, en fonction des différentes valeurs de la fiabilité, sauf si elle est réservée à des groupes d'usagers spécifiques (voir chapitre 6, encadré 6.4 sur les voies réservées aux véhicules lents). En outre, la capacité en elle-même n'est pas une cause de congestion non récurrente ou de non-fiabilité. Par conséquent, les différentes causes de congestion non récurrente peuvent encore interagir dans le cas d'une capacité de base inappropriée et entraîner une congestion non récurrente.

4.2 Fixation de niveaux pour les réseaux et amélioration de la solidité de la capacité

Si la fiabilité du réseau doit être considérée comme une solution politique de transport explicite, un deuxième aspect de l'offre d'infrastructures doit être pris en compte : la nécessité d'évaluer les niveaux appropriés de qualité des infrastructures. Les investissements dans les réseaux de transport améliorant la résistance des infrastructures au climat et autres incidents augmenteront la fiabilité. Les responsables de réseaux peuvent fixer des normes de qualité ou accroître la taille ou le volume de la capacité influant sur leurs possibilités d'adaptation aux impacts extérieurs, tels que les catastrophes naturelles ou les variations climatiques. Les investissements peuvent aussi porter directement sur la durabilité à long terme des installations et équipements et, par conséquent, influencer sur le niveau ou la fréquence d'entretien et réduire les impacts négatifs des travaux sur la fiabilité des temps de parcours.

La question peut être posée en ces termes : lorsque la politique est axée sur la fiabilité, les arguments en faveur d'infrastructures peu coûteuses, mais à courte durée de vie et aux besoins d'entretien élevés doivent être envisagés au même titre que les arguments en faveur d'infrastructures à

longue durée de vie et aux besoins d'entretien faibles. Il ne faut pas partir de l'hypothèse que les infrastructures « de premier ordre » sont préférables ; cependant, la nécessité de normes d'infrastructures appropriées doit être prise en compte. Le défi politique est de faire en sorte que l'analyse coûts-avantages (incluant correctement la fiabilité) offre les critères nécessaires pour décider sur la qualité, et non que la décision soit prise entièrement en fonction des contraintes budgétaires publiques.

L'entretien du réseau peut être coûteux. Il engendre aussi des ralentissements qui perturbent les usagers. C'est le cas des chantiers, dont la durée influe sur l'offre : en présence de travaux inattendus, les usagers seront confrontés aux encombrements et subiront des ralentissements imprévus. Par conséquent, les stratégies visant une réduction de l'ampleur et de la durée des travaux dans le cadre d'une amélioration de la capacité amélioreront la fiabilité des temps de parcours. Le degré d'exposition des usagers aux perturbations peut être réduit par la diminution des besoins en travaux d'entretien supplémentaires. Les perturbations peuvent aussi être réduites par une gestion permettant de diminuer les impacts négatifs des chantiers sur les usagers. Ce chapitre décrit les solutions politiques liées à l'offre de capacité infrastructurelle, tandis que le chapitre 5 porte sur la gestion des infrastructures. Le chapitre 7 aborde l'atténuation des impacts sur les usagers, à l'aide de l'information. La définition d'une solution optimale comprend l'évaluation de toutes les mesures politiques.

Les deux principales caractéristiques de la qualité des infrastructures qui influent sur la fiabilité du réseau sont, en premier lieu, la fréquence et l'intensité de l'entretien et, en second lieu, la résistance des infrastructures aux perturbations extérieures.

4.2.1 Infrastructure durable, à faibles besoins d'entretien

Une capacité d'adaptation de l'offre à la demande, avec des répercussions minimales sur les performances du système, peut avoir un impact important sur la fiabilité du réseau. Ces mesures axées sur l'offre comprennent les normes et l'évaluation des performances réduisant les besoins d'entretien ou les fréquences d'entretien du réseau. Elles incluent ainsi les mesures directement liées aux chaussées ou au matériel roulant ; elles peuvent porter sur les capteurs ou les dispositifs de télédétection, ainsi que sur la conception des ponts et des tunnels.

Les améliorations de la capacité à l'aide de matériaux à longue durée de vie engendrant de faibles besoins d'entretien sur de longues périodes réduiront nettement la congestion non récurrente pendant le cycle de vie de la chaussée (et donc amélioreront la fiabilité). Les chaussées à longue durée de vie peuvent être considérées comme souhaitables notamment sur les parties très encombrées du réseau où le total des coûts de travaux d'entretien liés à la fiabilité sera, toutes choses égales par ailleurs, beaucoup plus élevé que sur les liaisons moins encombrées.

L'installation d'infrastructures particulièrement durables est plus coûteuse. La recherche actuelle sur les chaussées à longue durée de vie indique que les coûts de construction initiaux sont élevés. Cependant, elle suggère que ces coûts peuvent être compensés par les avantages, c'est-à-dire par la réduction des coûts d'entretien et des coûts pour l'utilisateur (ralentissements) (OCDE 2005). Ainsi, les décisions sur l'offre d'infrastructures intégreront des coûts d'investissement plus élevés et des coûts d'entretien plus faibles, mais devront également identifier les améliorations de la fiabilité liées à la réduction des perturbations, lors des travaux d'entretien (voir tableau 4.1.).

Tableau 4.1. **Évaluation économique des chaussées à longue durée de vie : 1 km de revêtement d'une autoroute à 2 x 3 voies (valeur actuelle en milliers USD)**

Facteurs déterminants	Revêtement traditionnel	Revêtement avancé (à faible entretien)
Coûts initiaux des travaux	480	1 440
Coûts d'entretien	1 080	280
Coûts pour l'utilisateur (ralentissements)	1 280	520
Coûts de gestion du trafic	260	170
Valeur résiduelle	- 40	- 90
Valeur actuelle nette	3 060	2 320
Différence dans la VAN des coûts		- 740

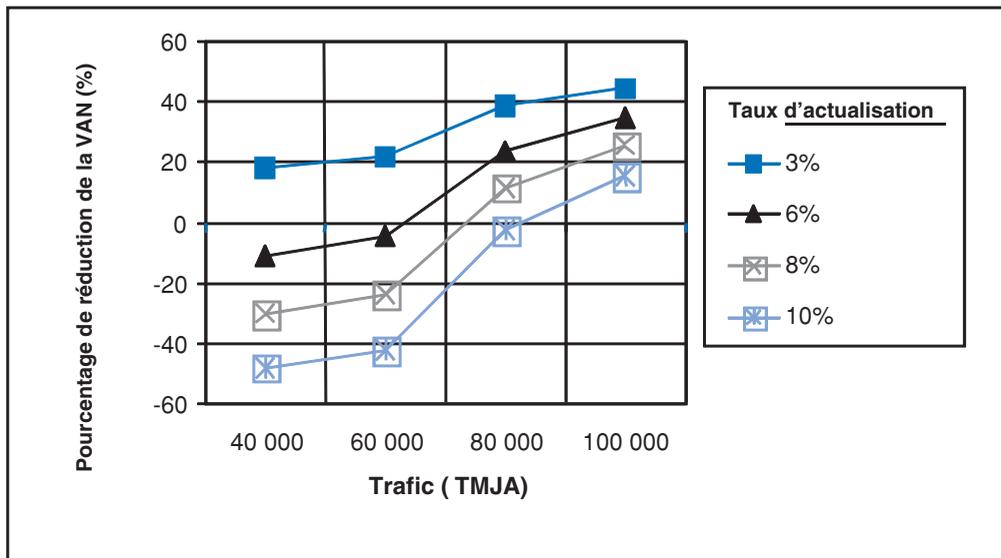
Résultats indicatifs d'une évaluation économique. *Source* : OCDE (2005).

L'étude de l'OCDE révèle que, lors d'une évaluation, si les coûts pour l'utilisateur liés aux ralentissements (valeur de remplacement des coûts liés à la fiabilité) sont pris en compte, le choix de revêtement optimal est modifié. Elle a identifié au moins deux matériaux de revêtement méritant une recherche complémentaire : le bitume époxy et les bétons à hautes performances. Du point de vue du gestionnaire, il est possible d'obtenir une meilleure rentabilité des routes, une utilisation plus efficace des budgets existants et, plus important encore, une indication des coûts liés aux matériaux de revêtement avancés. Du point de vue de l'utilisateur, les avantages les plus intéressants sont l'amélioration des niveaux de service et de la fiabilité du réseau, puisque les besoins d'entretien de la route sur une longue durée de service (environ 30 ans) sont évités. Le résultat serait une route plus rentable pour une valeur actuelle des coûts sur la durée de vie plus faible.

Il paraît intuitivement évident que les préférences identifiées pour les chaussées plus durables sont plus fortes lorsque les liaisons routières sont très fréquentées. Comme indiqué plus haut, un réseau fonctionnant à un niveau proche de sa capacité maximale est plus vulnérable aux perturbations. En outre, l'amplitude des perturbations y est plus grande que sur un réseau supportant des flux de trafic plus faibles. Là encore, il semble manifeste que les réseaux très encombrés devraient bénéficier davantage d'une amélioration des normes de conception. Cependant, il appartient aux décideurs de s'assurer que ces coûts et avantages sont intégrés dans les évaluations.

Ainsi, le principal message est que l'intégration du temps de parcours et du manque de fiabilité dans l'évaluation d'un projet a un impact sur la solution définitive, c'est-à-dire sur la sélection du matériau de revêtement, dans le cas présent. Les travaux préliminaires réalisés par l'OCDE sur l'évaluation économique des chaussées à longue durée de vie dans des situations spécifiques ont montré qu'avec des taux d'actualisation élevés, la chaussée « à longue durée de vie » était rentable sur les routes dont le trafic moyen journalier annuel était supérieur à 80 000 (voir figure 4.1). Évidemment, ces conclusions sont fonction du lieu et des matériaux de revêtement.

Figure 4.1. **Évaluation économique des chaussées à longue durée de vie : avantages potentiels de 1 km de revêtement**



Source : OCDE (2005).

4.2.2 *Solidité de la capacité*

La qualité des infrastructures peut influencer sur la fiabilité du réseau ; elle touche la fréquence et le degré d'entretien, ainsi que la résistance des infrastructures aux perturbations extérieures. La résistance des infrastructures doit porter sur la qualité de la capacité existante pour optimiser les performances face aux perturbations.

Les préoccupations liées au changement climatique accentuent l'importance d'une sensibilisation à la résistance des infrastructures. Différentes conditions climatiques peuvent influencer sur les infrastructures de transport, mais l'augmentation des variations climatiques et des événements climatiques extrêmes réclame une attention accrue à l'égard de la résistance du réseau. Par exemple, la probabilité d'un gauchissement de la voie ferrée augmente avec la hausse des températures (TRB 2008), alors que la baisse des températures (accompagnée de neige et de verglas) augmente l'incidence des ruptures ponctuelles sur les aiguillages. Dans ces circonstances, des traverses plus résistantes et un ballast latéral supplémentaire peuvent réduire l'incidence d'un gauchissement ; des systèmes de chauffage d'aiguille et une surveillance humaine accrue peuvent assurer le bon fonctionnement des lignes.

Les conditions climatiques extrêmes ont un impact sur le responsable du réseau et les usagers : le mauvais état des routes entraîne une diminution des vitesses de circulation et une augmentation des ralentissements. Elles accroissent le risque d'accidents et, par conséquent, la possibilité d'une perturbation du flux de trafic et d'un manque de fiabilité. Leur multiplication rendra donc plus difficile l'offre de temps de parcours sûrs et prévisibles.

La ligne côtière est au Royaume-Uni montre combien il est important d'améliorer la solidité du réseau. Dans son cas, la qualité des lignes d'alimentation électrique a des impacts directs et indirects sur la fiabilité dans l'exploitation des trains. Un plan correctif a été mis en place pour améliorer la solidité des infrastructures.

Encadré 4.4. Ligne côtière est (Royaume-Uni)

La ligne côtière est au Royaume-Uni s'étend sur 632 km de Londres à Edimbourg, avec une branche de 48 km de Doncaster à Leeds. Un projet d'électrification a été adopté par le gouvernement, le 27 juillet 1984. Les investissements ont été réalisés à un niveau de qualité inférieur par rapport à d'autres lignes du pays. En particulier, des économies ont été faites sur la fréquence des nœuds et la tension des câbles électriques d'alimentation. En conséquence, la ligne est relativement vulnérable au déplacement des raccordements par le vent.

La qualité et la fiabilité de l'alimentation électrique sont source de préoccupations. Ceci a un impact sur les performances, sous deux formes. Premièrement, à titre de précaution, les trains à traction électrique sont ralentis les jours de grand vent, ce qui retarde tous les trains sur la ligne et, deuxièmement, si les câbles se détachent, il peut se produire une suite sans fin de retards et d'annulations jusqu'à ce que le câblage soit réparé.

Une solution pour réduire la vulnérabilité de la ligne aux dommages causés par le vent serait d'ajouter des supports (ou de les réespacer) sur les sites où le câblage est le plus vulnérable. Cependant, étant donné que la partie nord de la ligne est exposée aux grands vents nord-est de la côte nord sur une longueur importante, cette mesure pourrait être extrêmement coûteuse.

Remarque : ce problème est bien connu dans le secteur. Voir, par exemple, l'article suivant sur la ligne côtière est, intitulé *East Coast Main Line* : www.absoluteastronomy.com/topics/East_Coast_Main_Line#encyclopedia.

Les infrastructures peuvent être conçues et construites selon des normes permettant d'atténuer les effets des facteurs externes, tels que le climat, sur la fiabilité. Il est ainsi possible d'équiper les infrastructures ou l'emprise de capteurs enterrés pour suivre les principaux paramètres, comme le gel, la neige ou de verglas. Cette technologie contribue à la prévention des accidents et offre un moyen de surveiller les conditions environnementales. Il est également possible d'utiliser les ressources, comme le matériel de déneigement ou de deverglage, d'une manière optimale. La solidité améliore donc la gestion des infrastructures. Cette question est traitée plus en détail au chapitre suivant.

Compte tenu des perturbations causées par le climat sur la fiabilité, les infrastructures doivent être planifiées, conçues et entretenues en tenant compte des extrêmes climatiques et de la possibilité d'événements extrêmes plus fréquents et plus importants. Il convient donc d'accorder une attention particulière aux matériaux de construction et au régime d'entretien. Plus précisément, les mesures pourraient envisager des matériaux moins sensibles au gel et plus résistants, la mise en place a posteriori de drains latéraux sur la structure routière, des opérations d'entretien plus fréquentes et plus importantes, ainsi que l'isolation des couches inférieures de la chaussée. De même, sur les voies ferrées, les mesures pourraient comprendre le renforcement des terrassements et l'amélioration du drainage pour accroître la résistance jusqu'aux travaux de remise en état.

4.3 Conclusions

En principe, l'augmentation de la capacité peut permettre une amélioration de la fiabilité, notamment si le manque de fiabilité est lié à des volumes de trafic élevés. Elle réduit aussi la vulnérabilité du réseau en cas d'incident, s'il existe des liaisons de délestage. Cependant, elle n'assure pas fondamentalement différents niveaux de fiabilité, en fonction des usagers et de leurs différentes évaluations de la fiabilité. Elle risque, à un moment donné, d'accroître le trafic qui, à son tour, accentuera le manque de fiabilité. À moins que les améliorations visent les causes fondamentales de la congestion non récurrente, par exemple, on ne peut affirmer que la fiabilité des temps de parcours s'en trouvera améliorée.

En tout état de cause, il est difficile de conclure aux avantages de la fiabilité apportés par des projets d'investissement dans les infrastructures, car peu, voire pas d'analyses a posteriori n'ont été effectuées sur les avantages réels des projets d'investissement, en termes de fiabilité.

Comme indiqué plus haut dans ce rapport, l'extension de la capacité n'est pas nécessairement l'approche la plus rentable pour optimiser la fiabilité. La solution de construction seule présente des limitations évidentes, auxquels de nombreux pays sont confrontés, soit parce que l'espace disponible est étroit, soit parce que les investissements exigés sont élevés. Les usagers sont de plus en plus nombreux, mais la marge de manœuvre est de plus en plus réduite, parce que le réseau est soumis à des contraintes liées à l'espace qui, encore une fois, ont un impact sur le coût d'une capacité supplémentaire. Par conséquent, les investissements seuls ne suffisent pas pour atteindre tous les objectifs.

Il est fondamental de sélectionner avec soin une solution assurant la solidité de la capacité pour gérer la fiabilité. Ainsi, l'offre d'une capacité avec des matériaux à longue durée de vie et à faibles besoins d'entretien peut réduire la congestion non récurrente, liée à la dégradation et à la remise en état des infrastructures. Compte tenu de son intérêt, cette stratégie est particulièrement importante sur les points très encombrés du réseau.

Les perspectives d'événements climatiques extrêmes encore plus importants ont des implications sur l'offre et l'entretien des infrastructures. Ces dernières doivent être planifiées, conçues et entretenues de manière à assurer un niveau de résistance approprié.

PRINCIPAUX MESSAGES

- En principe, l'augmentation de la capacité peut permettre une amélioration de la fiabilité, notamment si le manque de fiabilité est lié à des volumes de trafic élevés.
- L'augmentation de la capacité réduira aussi la vulnérabilité du réseau, s'il existe des liaisons de délestage.
- L'entretien peut être plus facile sur les autres points du réseau dont la capacité a été augmentée. Néanmoins, si cette capacité de réserve est assurée, elle doit faire l'objet d'une analyse coûts-avantages.
- Il est difficile de conclure aux avantages de la fiabilité apportés par des projets d'investissement dans les infrastructures, car peu, voire pas d'analyses a posteriori n'ont été effectuées sur les avantages réels des projets d'investissement, en termes de fiabilité.
- Cependant, l'augmentation de la capacité n'assure pas une fiabilité différenciée, en fonction des usagers et de leurs différentes valeurs de la fiabilité, sauf si elle est réservée à des groupes d'usagers spécifiques.
- De nombreux pays sont confrontés aux limitations de la solution de construction seule, en raison du peu d'espace supplémentaire disponible, du coût de la nouvelle capacité et des délais nécessaires pour mettre en œuvre les propositions d'investissement.
- Il est fondamental de sélectionner avec soin une solution assurant la solidité de la capacité pour gérer la fiabilité. Ainsi, l'offre d'une capacité avec des matériaux à longue durée de vie et à faibles besoins d'entretien peut réduire la congestion non récurrente, liée à la dégradation et à la remise en état des infrastructures. Compte tenu de son intérêt, cette stratégie est particulièrement importante sur les points très encombrés du réseau.
- Les perspectives d'événements climatiques extrêmes encore plus importants ont des implications sur l'offre et l'entretien des infrastructures et, par conséquent, sur la fiabilité. Les infrastructures doivent être planifiées, conçues et entretenues de manière à assurer un niveau de résistance approprié.

5. INFLUENCE SUR L'OFFRE D'INFRASTRUCTURES ET GESTION EN TANT QU'OUTIL DE POLITIQUE PUBLIQUE

Ce chapitre aborde les principes d'une gestion du réseau influant sur le niveau de fiabilité. Les solutions de gestion examinées peuvent être divisées en deux catégories : *proactives* et *actives*. La gestion proactive des infrastructures consiste essentiellement à identifier la vulnérabilité du réseau au manque de fiabilité récurrent et non récurrent. Les processus dynamiques, quant à eux, concernent la gestion dynamique des infrastructures pour renforcer la surveillance de l'utilisation du réseau, après la survenue d'un incident ; ces systèmes de gestion comprennent le contrôle du trafic, l'intervention des secours et les solutions de déviation. Sont également étudiés les retards subis sur différents types d'interfaces, par exemple sur les liaisons entre les ports et leur arrière-pays, ainsi qu'aux interfaces organisationnelles.

Ce chapitre examine d'abord quelques mesures de gestion proactives adoptées par les responsables de réseaux. Il aborde ensuite les processus dynamiques à l'aide d'une série d'exemples. Enfin, il tire des conclusions sur la gestion par l'offre, en tant qu'outil de politique publique en matière de fiabilité.

5.1 Identification proactive de la vulnérabilité des réseaux

L'identification proactive de la vulnérabilité du réseau comprend les mesures visant à identifier les parties du réseau les plus vulnérables aux perturbations externes. La probabilité et les conséquences liées à la rupture ou au dysfonctionnement de certains éléments du réseau sont devenues un sujet de recherche important pour la planification des transports dans les années 1990. Cependant, malgré un intérêt croissant pour le développement de méthodes d'évaluation de la solidité (ou de la fiabilité) des réseaux de transport, seules quelques études ont porté sur l'intégration des objectifs de solidité dans les modèles de planification des réseaux.

L'utilisation de modèles pour aider à l'évaluation de la vulnérabilité d'un réseau peut présenter des avantages importants en termes de fiabilité. Ce type de modélisation donne un aperçu des tronçons les plus vulnérables du réseau. Ces informations peuvent ensuite être utilisées pour planifier les améliorations du réseau.

La dégradation de la qualité du service offert par le réseau, qui peut se produire en cas de fluctuations de la demande de mobilité ou de perturbations dans l'offre d'infrastructures n'est généralement pas prise en compte dans les modèles conçus pour représenter ces problèmes. Pourtant, ce type d'événement peut avoir un impact important sur le bien-être des usagers du réseau et sur les performances du système économique, dans son ensemble. La plupart des recherches effectuées jusqu'à présent sur la solidité des réseaux de transport se sont concentrées sur l'élaboration d'indices de fiabilité applicables dans l'analyse des réseaux. Certains auteurs ont également utilisé des outils de simulation pour évaluer les vulnérabilités des réseaux. Ainsi, des programmes d'affectation dynamique du trafic permettent d'évaluer la vulnérabilité du réseau et de montrer l'importance d'une prise en compte de la propagation en amont de la congestion pour évaluer les performances d'un réseau encombré, lorsqu'une liaison est bloquée (Knoop *et al.* 2007).

Les Pays-Bas ont développé un outil de modélisation stratégique pour aider à l'évaluation de la vulnérabilité et à la planification du réseau routier. La direction néerlandaise des routes utilise l'analyseur de la solidité du réseau pour évaluer la vulnérabilité des liaisons du réseau. Elle s'en sert dans ses prévisions du trafic à long terme (voir encadré 5.1).

Encadré 5.1. L'analyseur de la solidité du réseau (Pays-Bas)

L'analyseur de la solidité du réseau est utilisé par la direction des routes néerlandaise, en plus de son nouveau modèle régional, pour les prévisions du trafic à long terme. Il calcule les flux de trafic sur le réseau pour différentes catégories d'usagers et trois différentes périodes (période de pointe du matin, période de pointe du soir, période creuse).

L'analyseur sert à tester l'impact des perturbations sur le réseau. Les modélisations sont effectuées lorsque la capacité d'une liaison est réduite. Par l'affectation du trafic dans des conditions déterminées et la comparaison des effets avec la situation « normale », il est possible d'évaluer les effets des incidents. Dans l'idéal, tous les tronçons routiers doivent être pris en compte. Cependant, étant donné la taille du réseau modélisé (environ 80 000 liaisons), cette méthode prendrait beaucoup trop de temps. Le nombre de liaisons considérées est donc limité, en rassemblant les liaisons étroitement liées aux tronçons et en sélectionnant les 500 premiers éléments d'un classement établi en fonction du risque d'accidents et du volume de trafic. Après réaffectation du trafic des liaisons du réseau retenues, on obtient les volumes des liaisons pouvant affecter les temps de parcours.

Le résultat de la modélisation permet d'identifier et de classer les liaisons du réseau en fonction de leur vulnérabilité. En effet, il donne un aperçu des tronçons du réseau les plus vulnérables. L'examen et l'interprétation des résultats sont facilités par la génération de cartes.

Source : Kouwenhoven et al. (2006).

Le type de modélisation présenté ci-dessus peut aider les gestionnaires d'infrastructures à identifier les faiblesses du réseau en matière de fiabilité et, par conséquent, les sites sur lesquels des actions correctives pourraient être nécessaires. La modélisation et la cartographie visuelle peuvent faciliter l'identification des itinéraires bis appropriés dans le cas, par exemple, d'un incident. Elles sont utilisées par l'exploitant du réseau pour analyser les itinéraires bis acceptables ou les mesures à prendre pour améliorer ces itinéraires.

Le modèle SIMONE est un autre exemple néerlandais d'outil d'évaluation des performances d'un système dans les transports en commun. Il s'agit d'un modèle de simulation vérifiant la vulnérabilité du réseau ferré. Sa méthode est similaire à celle du modèle d'analyseur routier.

Le point de départ d'une analyse SIMONE est constitué par les horaires fixés et les infrastructures disponibles. L'exploitant du réseau peut alors introduire une perturbation. Après simulation d'un horaire donné, le modèle génère des informations facilement accessibles sur, par exemple, le classement des retards en fonction de la cause, l'intégration d'une marge de sécurité dans l'horaire, le nombre de correspondances empruntées et les modalités selon lesquelles un retard initial s'est accru ou s'est réduit sur l'ensemble du réseau.

Les principaux éléments de planification dépendent des priorités accordées aux différentes liaisons du réseau. Les facteurs essentiels influant sur ces priorités sont le niveau et la fréquence des encombrements et des incidents, ainsi que les coûts de mise en œuvre et la demande de trafic. Enfin, ces paramètres peuvent être intégrés dans les analyses coûts-avantages des stratégies pour gérer ces vulnérabilités.

Aux États-Unis, la congestion non récurrente (comme les accidents de la route) représente environ la moitié de la congestion totale. Les recherches concernant l'effet de la gestion des incidents sur la

fiabilité des temps de parcours sont relativement peu nombreuses ; les informations disponibles sont surtout empiriques.

Cependant, les recherches récentes entreprises dans le cadre du deuxième programme stratégique de recherche routière des États-Unis (SHRP 2) ont abouti à une analyse expérimentale et à un plan de collecte des données pour déterminer dans quelle mesure différentes actions atténuent la congestion non récurrente. Ces travaux devraient produire des équations décrivant la modification progressive de la fiabilité des temps de parcours liée à une action d'amélioration de la fiabilité, compte tenu des caractéristiques de la route, des causes de ralentissements connues pour influencer sur la fiabilité des temps de parcours, et autres facteurs. Ces informations sont très précieuses pour déterminer les meilleures stratégies de gestion possibles.

Les logiciels peuvent servir à estimer les degrés de fiabilité et à fournir des informations en temps réel aux usagers du réseau. La prévision du temps de parcours estime le temps qu'un véhicule déterminé prendra pour se déplacer entre deux points. Elle vise à fournir un outil pratique de planification des déplacements, ainsi que des informations en temps réel pour les trajets sur de longues distances. La prévision du temps de parcours permet à l'exploitant ou au gestionnaire d'éviter les problèmes liés aux incidents et à l'exploitation, tandis que l'information en temps réel permet de suivre l'évolution des incidents. Le chapitre 7 (abordant les actions d'atténuation) indique comment les résultats de la modélisation peuvent également être utilisés pour déterminer les modalités d'information des usagers sur les incidents et ainsi réduire le manque de fiabilité.

Enfin, l'identification des liaisons vulnérables sur le réseau peut aussi offrir des informations précieuses pour recenser et hiérarchiser les futurs besoins d'investissement dans les infrastructures. Les éléments les plus vulnérables du réseau peuvent être déterminés en examinant les performances du réseau en fonction de la demande prévue pour les prochaines années et selon différents scénarios de développement régional. Les études offrent une indication utile sur les liaisons routières spécifiques qui sont essentielles en termes de vulnérabilité du réseau. Compte tenu de ces informations, la recherche souligne l'importance des itinéraires bis et, par conséquent, l'utilité des stratégies de délestage. Aux Pays-Bas, par exemple, l'analyseur de la solidité du réseau peut compiler une « note de vulnérabilité » pour différents projets d'infrastructures. La note est définie comme le total de temps perdu dans les encombrements au moment où la capacité sur la nouvelle liaison envisagée est perturbée. Cette analyse offre des informations supplémentaires sur les solutions de construction comparables. Il convient de remarquer, cependant, qu'une analyse coûts-avantages intégrant le manque de fiabilité serait l'outil optimal à cette fin.

5.2 Gestion active des infrastructures

La gestion active des réseaux routiers et ferroviaires comprend des mesures visant à renforcer la surveillance de l'utilisation du réseau, ainsi que des actions de gestion destinées à influencer sur le trafic, y compris à améliorer la fiabilité. Les systèmes de gestion active permettent aux prestataires des services de transport de réagir rapidement et efficacement aux perturbations. Ils réduisent la vulnérabilité du réseau de transport et accroissent la fiabilité en général, puisque les incidents ont moins d'impact sur les temps de parcours habituels. La détection dynamique de tous types d'incidents et des encombrements qui en résultent est essentielle pour offrir une réponse adaptée. Notons à cet égard que le terme « incident » désigne aussi bien les incidents imprévisibles que les incidents survenant régulièrement, comme la demande aux heures de pointe pendant les périodes de vacances.

Une des applications d'une « gestion active » est l'exploitation des bandes d'arrêt d'urgence sur les autoroutes pour la circulation normale. Les technologies se sont améliorées de telle sorte que de nombreux pays peuvent pratiquer une gestion dynamique des bandes d'arrêt d'urgence. L'exploitation de la B.A.U. comme voie de circulation en cas de trafic élevé a été introduite aux Pays-Bas et en Allemagne

en 1996 et, plus récemment, au Royaume-Uni, aux États-Unis et en France. Cette gestion est assurée de différentes façons, mais implique généralement la surveillance des flux de trafic et/ou des vitesses afin que, à partir d'un certain niveau d'encombrement, les usagers soient dirigés vers la bande d'arrêt d'urgence, au même titre que la voie principale. L'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence peut être associée à un abaissement des limitations de vitesse.

Parfois, un trafic élevé peut occasionner des encombrements et une réduction des flux de trafic, créant une circulation en accordéon sur l'autoroute. Cependant, la recherche a montré que la modulation des limitations de vitesse et l'augmentation temporaire de la capacité, par l'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence, pouvaient réduire sensiblement les ruptures de flux. Cette amélioration de la fluidité réduit les freinages et les accélérations des conducteurs et, par conséquent, la variabilité des vitesses.

Au Royaume-Uni, l'exploitation des bandes d'arrêt d'urgence est appliquée avec un abaissement des limitations de vitesse ; en somme, une amélioration de la fiabilité est assurée, mais avec un allongement des temps de parcours. Dans l'encadré 5.2 ci-dessous, un exemple de cette gestion dynamique suggère que les avantages en termes de fiabilité compensent les inconvénients liés à l'accroissement des temps de parcours. En d'autres termes, la gestion permet d'échanger un allongement des temps de parcours dû à la réduction de la vitesse contre une amélioration de la fiabilité (réduction de la variabilité). Des avantages en termes de fiabilité sont obtenus sans un ralentissement supplémentaire excessif. Cependant, la bande d'arrêt d'urgence étant en exploitation, l'amélioration de la fiabilité peut entraîner un coût lié à l'accroissement du risque d'accidents exigeant des études complémentaires. Il pourrait donc se produire une compensation entre l'amélioration de la fiabilité et la sécurité.

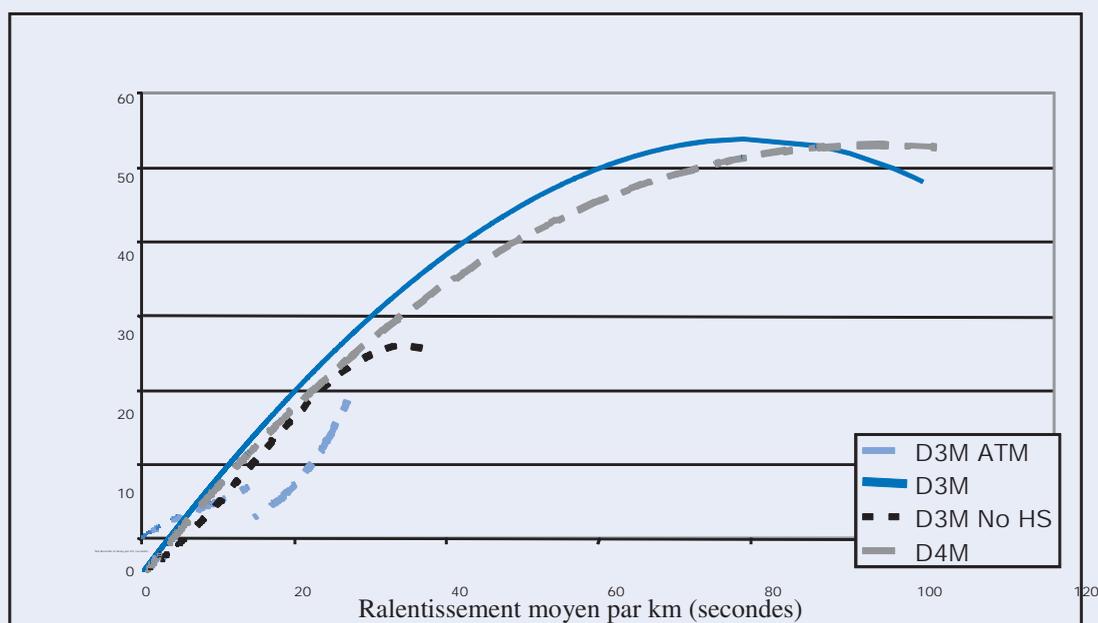
Encadré 5.2. Exploitation des bandes d'arrêt d'urgence d'autoroutes (Royaume-Uni)

Depuis fin 2005, la direction britannique des routes a autorisé l'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence sur une section de 16 km de l'autoroute M42, aux heures de plus fort encombrement. La limitation de vitesse est alors abaissée de 110 km/h à 80 km/h, avec possibilité d'une réduction supplémentaire à 65 km/h, en fonction des conditions d'exploitation. La direction étudie aussi l'intérêt d'une limitation de vitesse à 95 km/h (plus élevée). Pour compenser la perte de la bande d'arrêt d'urgence sur le plan de la sécurité, des refuges ont été implantés, munis d'une borne téléphonique, d'un éclairage et d'une caméra en circuit fermé. Plusieurs équipements de surveillance et systèmes d'information ont été mis en place sur des portiques, à des intervalles de 500 mètres.

La technologie permet non seulement d'alterner les régimes d'affectation des voies, avec et sans exploitation de la bande d'arrêt d'urgence, mais aussi de moduler les limitations de vitesse sur les trois voies de circulation.

La figure ci-dessous montre les ralentissements et la fiabilité journalière pour quatre types de routes au Royaume-Uni. L'autoroute standard dans le pays, la D3M, est représentée par la ligne bleue. La grande majorité des observations se situent sur la partie gauche de cette ligne, qui offre donc une estimation plus fiable. Elle indique que la variabilité des ralentissements s'accroît avec l'augmentation des ralentissements, mais à un rythme plus modéré. La courbe de la D3M est similaire à la ligne grise en pointillé pour les autoroutes à 4 voies. Elle indique que la quatrième voie réduit la variabilité pour le même niveau de ralentissement.

La ligne noire en pointillé (D3M No HS) indique le tracé de la variabilité ou du ralentissement moyen sur la section du réseau étudiée, lorsqu'elle est exploitée comme une autoroute à trois voies. Elle est très semblable à la D3M. La ligne bleue (D3M ATM) montre ce que devient cette relation lorsque la bande d'arrêt d'urgence est exploitée par une gestion dynamique des voies. Les ralentissements dus à l'abaissement de la limitation de vitesse, en cas d'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence, sont compensés par la réduction de la variabilité (amélioration de la fiabilité). Cependant, la bande d'arrêt d'urgence étant exploitée, l'amélioration de la fiabilité peut avoir un coût lié à l'accroissement du risque d'accidents.

Figure. **Ralentissements et fiabilité journalière pour différents régimes d'autoroutes (M42, Royaume-Uni)**

Source : Mott MacDonald (2009).

Les résultats préliminaires d'une expérience française (voir encadré 5.3.) suggèrent que l'exploitation des bandes d'arrêt d'urgence par une gestion dynamique des voies peut améliorer la capacité d'au moins 10 %. Cependant, l'impact sur la fiabilité n'a pas été étudié. En France, les bandes d'arrêt d'urgence sont exploitées sur une section autoroutière dans l'est de Paris ; elles sont ouvertes à la circulation lorsque le trafic commence à être saturé. Il a été conclu que l'augmentation de la capacité assurée par les bandes d'arrêt d'urgence, permettant une réduction des encombrements, augmentait la fiabilité des temps de parcours. Des recherches complémentaires sur le plan de la fiabilité sont encore nécessaires pour confirmer cette conclusion.

Encadré 5.3. Exploitation dynamique des bandes d'arrêt d'urgence d'autoroutes (France)

En France, un plan d'exploitation de la bande d'arrêt d'urgence a été mis en place depuis l'été 2005 sur la section commune des autoroutes A4 et A86, connue pour constituer le plus gros bouchon d'Europe. Dans le département du Val-de-Marne, cette section traverse Joinville-le-Pont par un autopont de plus de 2 200 mètres de long. Jusqu'à l'été 2005, les 280 000 véhicules qui l'empruntaient quotidiennement se trouvaient confrontés à d'importants encombrements, occasionnant des ralentissements pendant plus de 10 heures par jour et des bouchons de 10 km en moyenne.

Pour diminuer les encombrements récurrents, la bande d'arrêt d'urgence est ouverte à la circulation pendant les heures de pointe. La largeur des voies de circulation a été adaptée : la largeur standard de 3.50 m a été réduite à 3.20 m. En cas d'incident ou d'accident pendant l'exploitation de cette voie spéciale, le système détecte tout véhicule en stationnement sur la voie, qui est alors fermée.

La bande d'arrêt d'urgence est ouverte en fonction des variations dynamiques des vitesses réelles et du taux d'occupation des voies. Selon les résultats préliminaires, cette mesure a un impact important sur la capacité, montrant une augmentation de la circulation d'environ 10 % en dehors de Paris et de 7.5 % dans Paris.

Source : Cohen et Zhang (2007).

La capacité peut également être augmentée sur le réseau ferré par une « optimisation horaire ». Un horaire rigide classique indique les heures d'arrivée et de départ de chaque train dans chaque gare. Lorsqu'un train est en retard, les effets peuvent se répercuter sur l'ensemble du réseau. Une reprogrammation dynamique des réseaux ferrés peut aider les régulateurs de trains à maintenir un bon fonctionnement du réseau, malgré un incident.

Les modèles climatiques saisonniers sont un domaine dans lequel les politiques de fiabilité peuvent être appliquées à une gestion active et proactive de l'entretien. Ainsi, dans certaines régions, la neige et le verglas peuvent avoir un impact important sur la fiabilité. La prévisibilité des temps de parcours est souvent plus difficile en hiver. Or, la circulation et les transports sont censés fonctionner aussi bien en hiver qu'en été.

Une étude finlandaise indique que les risques pour la sécurité sont, en moyenne, à peu près de même niveau en été qu'en hiver. Néanmoins, les risques en hiver restent plus élevés sur les routes principales très fréquentées. Ici, l'uniformité et la prévisibilité des conditions de circulation deviennent importantes. C'est pourquoi l'administration finlandaise des routes a élaboré des règles et principes d'entretien hivernal régissant la mise en œuvre du service hivernal. Elle a fixé des normes de qualité pour les différentes classes de route et pour les événements particuliers, comme les périodes de vacances. C'est dans cette optique qu'elle a fixé des normes de qualité pour le déneigement (voir tableau 5.1).

Table 5.1. Normes de qualité pour le déneigement (Finlande)

Catégorie d'entretien hivernal	Is	I	Ib et TIb	II	III	K1	K2
Épaisseur de neige maximale pendant une chute de neige	4 cm	4 cm	4 cm (8 cm - nuit)	8 cm (10 cm - nuit)	10 cm	3 cm (8 cm - nuit)	
Durée du cycle, déneigement après arrêt d'une chute de neige	2.5 h (neige fondue : 2 h)	3 h (neige fondue : 2.5 h)	3 h	4 h	6 h	3 h	4 h
Arrêt d'une chute de neige après 22 h	Déneigement dans la durée d'un cycle		05	06	06	05	06

Source : Administration finlandaise des routes (2001).

L'amélioration de la gestion des incidents peut aussi assurer une amélioration importante de la fiabilité. L'utilisation de systèmes modernes de gestion des incidents permet aux prestataires des services de transport de réagir plus rapidement et plus efficacement aux perturbations et, par conséquent, de réduire la vulnérabilité du réseau de transport et d'accroître la fiabilité en général, puisque les incidents auront ainsi moins d'impact sur les temps de parcours habituels (voir encadré 5.4). La détection dynamique de tous types d'incidents et des encombrements qui en résultent est essentielle pour offrir une réponse adaptée. L'établissement de services pour surveiller l'état du réseau permet de réagir rapidement en cas d'incident. L'amélioration de la coopération entre les différents acteurs, tels que les services d'urgence, peut encore améliorer les temps de réponse et réduire les impacts négatifs.

Encadré 5.4. Utilisation des équipements GPS sur les lieux d'un accident pour réduire les perturbations

Les équipements GPS sont actuellement utilisés pour relever et enregistrer les données sur les lieux d'un accident au Royaume-Uni. Le temps moyen gagné par les onze forces de police qui testent ces équipements est de 40 minutes par incident. Le gain de temps dans la réouverture de la route permet de réduire les effets boule de neige de l'accident. Sur le lieu d'un incident, la police a pu recueillir suffisamment de données en dix minutes, alors qu'auparavant, la route aurait été fermée pendant deux heures.

Source : Ministère britannique des Transports (2008).

Les investissements dans les nouvelles technologies, destinés à la gestion des incidents, peuvent réduire sensiblement les impacts négatifs de collisions ou d'accidents graves. La mise en place des centres de contrôle du trafic sur le réseau routier autrichien est un autre exemple des résultats intéressants qui ont été obtenus par une gestion dynamique du trafic (voir encadré 5.5). Même s'il manque une analyse détaillée concernant l'ampleur des impacts sur la fiabilité, il est clair que la réduction du nombre d'incidents aura un effet direct sur la fiabilité du réseau.

Il ne faut pas supposer que le gestionnaire de l'infrastructure sera suffisamment axé sur l'optimisation de la fiabilité. Des systèmes incitatifs peuvent être mis en place pour encourager cette orientation. Les péages virtuels constituent un cadre particulier dans lequel la tarification pourrait servir à améliorer la fiabilité moyennant un contrat entre les pouvoirs publics (en tant que propriétaire du réseau) et le prestataire de services (public ou privé). Dans un système de péages virtuels classique, le concessionnaire facture un péage (aux pouvoirs publics) représentant le nombre de véhicules qui ont utilisé l'infrastructure. Dans ce contexte, une incitation du type bonus-malus (prime-pénalité) pourrait être appliquée à ce montant, représentant la fiabilité qui a été assurée. Ce système est déjà appliqué aux concessions de transport public (contrats, franchises), prévoyant une incitation en fonction de la ponctualité. Il n'influe pas sur la demande, mais incite le prestataire de services à offrir une qualité de service déterminée. Il encourage le prestataire à offrir un certain niveau de fiabilité « élevé » ; le péage virtuel ne permet guère de s'assurer que les usagers du réseau recevront un signal approprié en termes de tarifs.

Encadré 5.5. Gestion proactive des routes : centre de contrôle du trafic au Tyrol (Autriche)

L'Autriche a appliqué un système de gestion proactive sur une partie stratégique de son réseau routier. Elle a pu ainsi mieux réduire les accidents et le délai de reprise à la suite d'événements non récurrents. Le résultat a été une amélioration de la fiabilité, ainsi que d'autres avantages en termes de sécurité et de capacité du réseau.

Le poste de contrôle dans les Alpes tyroliennes couvre un réseau de 125 kilomètres. Les routes A12 et A13 ont été choisies pour deux raisons. Premièrement, une gestion du trafic efficace sur ces sections représente une priorité absolue, compte tenu du volume élevé de trafic international. Deuxièmement, pour la préservation de l'environnement et la protection des riverains, il est prioritaire de surveiller la variabilité des flux de trafic, non seulement en fonction du volume de trafic, mais aussi des conditions climatiques.

Au terme de près de deux ans d'exploitation, les accidents ont été réduits de 35 %, la durée des encombrements de 20 %, et le nombre d'accidents corporels de 31 %.

Si l'on calcule l'avantage par rapport au coût du poste de contrôle, on obtient un résultat tout à fait positif. À l'année, le total des coûts est de 72 millions d'euros. Les avantages pour l'exploitant prennent essentiellement la forme d'une réduction des coûts de financement. Plus important encore, les extensions prévues des infrastructures peuvent être différées, en raison de l'augmentation de la capacité par l'utilisation du système de gestion du trafic. Ces avantages ont été calculés à 33 millions d'euros par an. Les avantages pour l'utilisateur consistent dans une réduction des coûts en temps, s'élevant à 74 millions d'euros par an. Les avantages macroéconomiques représentent 141 millions d'euros par an, en termes d'accidents évités. Par conséquent, le facteur de l'ACA peut être estimé à 3.5.

Source : Kummer and Nagl (2007).

Enfin, la gestion de la vitesse peut aussi être envisagée pour améliorer la fiabilité. L'abaissement des limitations de vitesse à 80 km/h sur une autoroute à Barcelone a été justifié, non seulement par des

raisons d'environnement et de sécurité, mais aussi par une amélioration de la fiabilité. Il convient de noter, cependant, qu'aucune évaluation des impacts n'a été réalisée jusqu'à présent.

5.3 Gestion des interfaces

Les usagers du réseau subissent souvent des retards à des interfaces de différents types. Celles-ci peuvent être, soit organisationnelles soit modales, ou se situer entre responsables de réseaux ou entre administrations. Elles peuvent constituer une cause de retards, qui seront réduits par une bonne gestion. Il existe quatre principaux types d'interfaces susceptibles d'occasionner des retards :

- Interfaces entre les ports et leur arrière-pays.
- Interfaces aux frontières.
- Interfaces entre responsables de réseaux.
- Interfaces organisationnelles.

Il convient de noter que le nombre d'interfaces ne doit pas nécessairement être *réduit*. Il est vrai que les usagers du réseau subissent des retards liés aux interfaces organisationnelles et modales. Mais les chaînes logistiques, qui peuvent accroître le nombre d'interfaces, montrent que les questions d'interface (comme le manque de fiabilité) peuvent être suffisamment traitées et gérées pour que les risques et les coûts soient moins importants que les avantages apportés.

Ces interfaces sont examinées ci-dessous, en accordant une attention particulière aux modalités d'amélioration de leur fonctionnement par une meilleure gestion.

5.3.1 Interfaces entre les ports et leur arrière-pays

La principale difficulté concernant l'interface entre un port et son arrière-pays est de maintenir la fiabilité des services terrestres. L'interface entre les réseaux maritime et terrestre est essentielle pour la plupart des marchandises autres que le vrac lourd. Les plus grands cargos peuvent transporter d'importantes quantités de marchandises par mer, mais le transport par voie terrestre est beaucoup plus difficile : la prise en charge de ces grands volumes de marchandises à destination ou en provenance du port sur une courte durée de mouillage représente un défi logistique aux conséquences importantes en termes de fiabilité. Il s'est instauré un cercle vertueux dans lequel la demande de transport est stimulée par la fiabilité et la qualité du service des chaînes de transport intermodales qui, à leur tour, génèrent une augmentation de l'offre. La croissance du trafic est peut-être en passe de rompre ce cercle vertueux, en raison d'une augmentation de la congestion et de l'impossibilité d'offrir les mêmes conditions de fiabilité et de qualité du service sur l'ensemble du trafic entre les ports et leur arrière-pays.

La congestion de l'arrière-pays n'est pas seulement un problème portuaire. Il a été suggéré que du point de vue du port et de la chaîne d'approvisionnement, la non-fiabilité, qui est corrélée à la congestion tout en s'en distinguant, pourrait être plus importante que la congestion elle-même (Joint Transport Research Center 2008).

La route est le mode de transport prédominant en provenance et à destination des ports. Blumenhagen (1981) soutient qu'elle présente de nombreux avantages par rapport aux autres solutions. La densité du réseau routier offre une couverture sur l'ensemble du territoire. Le secteur du transport routier est souvent fragmenté, avec une poignée de grandes entreprises et un très grand nombre de transporteurs indépendants, de sorte que la disponibilité est presque immédiate. Ce mode convient tant

pour la chaîne des documents (nombre limité de parties concernées) que pour les opérations aux terminaux (chargement du conteneur et départ immédiat du véhicule). Le transport du port aux entrepôts du client est direct, sans déchargement ni rechargement. Il offre donc une fiabilité et une qualité de service élevées.

Les autorités portuaires, les compagnies de navigation, les transitaires et les chargeurs recherchent tous, pour différentes raisons, des solutions de remplacement au transport routier. Même en supposant des scénarios caractérisés par une politique très proactive, dans lesquels les transports combinés joueraient un rôle bien plus important, le transport routier devrait maintenir une croissance forte en valeurs absolues dans les prochaines années. Or, les volumes ont augmenté à tel point que la réduction de la capacité des routes d'accès influe négativement sur l'exploitation des ports.

Les transports combinés voie navigable-route ou train-route peuvent contribuer à assurer la fiabilité à long terme des transports de porte à porte en augmentant la massification des transports terrestres, pour répondre à l'augmentation des volumes. Cependant, ils doivent offrir une fiabilité et une qualité de service au moins égales, si ce n'est supérieures, à celles du transport routier (Vellenga *et al.* 1999).

Les intégrateurs de services offrant aux chargeurs un service porte à porte intégré par une chaîne de transport intégrée verticalement sont essentiels au développement du transport combiné (European Conference of Ministers of Transport 2006b). Les futures augmentations du trafic, dans des conditions de fiabilité et de qualité du service comparables aux existantes, exigeront inévitablement de nouvelles formes d'organisation dans les ports et dans les terminaux maritimes et fluviaux.

Tous les modes de transport risquent de subir des pressions très élevées. Même s'il se produit une augmentation relativement forte du transport combiné, la croissance du transport routier en valeurs absolues restera importante. Étant donné que les réseaux autoroutiers sont déjà de grandes dimensions et que les considérations environnementales sont guère favorables à une extension supplémentaire¹, la situation risque d'entraîner à long terme une hausse des prix du transport routier, ainsi qu'une augmentation de la congestion au sein et autour des grandes villes portuaires.

Les plus grands ports du monde sont tous situés dans des conurbations de plusieurs millions d'habitants. Cet état de fait aggrave la situation, notamment parce qu'il n'y a pratiquement aucune concurrence à la route pour le transport de marchandises à courte distance, en provenance ou à destination des terminaux. Pour prendre l'exemple de Hambourg, la route représente plus de 80 % des déplacements de moins de 150 km en provenance et à destination des terminaux, alors que le transport routier représente en moyenne moins de 70 % du trafic total. En fait, sur la même autoroute, se mêlent le trafic portuaire et le trafic urbain. Plus la métropole est grande et plus ses activités sont variées, moins la population et, par conséquent, les élus locaux, apprécient leur port. Ce dernier est davantage perçu comme une nuisance que comme un facteur de valeur ajoutée, un syndrome qui touche à peu près tous les grands ports du monde.

Les autorités portuaires répondent à la congestion en réclamant de nouvelles routes et en tentant d'allonger les horaires d'ouverture des terminaux, afin que les poids lourds puissent circuler en dehors des heures de pointe. Tel a été le cas de Los Angeles et de Long Beach, qui ont lancé le programme d'accès aux embarcadères, en dehors des heures de pointe, dit PierPass OffPeak Program, en juillet 2005. Une autre solution consiste à développer des plateformes fluviales relativement proches, reliées aux terminaux à conteneurs par des modes de transport de masse, comme le train ou la péniche (Slack 1999, Notteboom *et al.* 1999). Lorsqu'il existe une voie navigable, il est relativement bon marché d'aménager des plateformes fluviales, comme cela a été le cas pour Anvers et Rotterdam.

À l'inverse, les corridors ferroviaires exigent des investissements considérables (Notteboom *et al.* 2007). L'exemple le plus connu est probablement le corridor Alameda, ligne de fret de 32 km de longueur, reliant les terminaux portuaires de Los Angeles et de Long Beach avec l'installation intermodale de transfert de conteneurs de Burlington Northern – Santa Fe où les trains à deux niveaux peuvent être assemblés. Le corridor a nettement amélioré la fiabilité et les temps de parcours du trafic ferroviaire. La longueur des temps de parcours a été réduite de 2-6 heures à environ 45 minutes (Giuliano 2004). Le même raisonnement s'applique à la ligne de la Betuwe, ouverte en juin 2007, reliant les terminaux de Maasvlakte sur le port de Rotterdam et de Zevenaar à la frontière allemande.

L'interface entre les réseaux maritimes et les réseaux de transport terrestre peut aussi être affectée par des terminaux portuaires en mauvais fonctionnement.

Les longues files d'attente aux terminaux ont des conséquences graves sur les transports par camion, car elles limitent le nombre de rotations journalières en zone urbaine. Elles entraînent des conséquences tout aussi négatives sur les transports en péniche, comme on peut le constater à Anvers ou Rotterdam. Les péniches doivent actuellement attendre entre 24 et 72 heures au terminal, même si elles sont annoncées et qu'elles arrivent à l'heure. Les retards sont d'autant plus préjudiciables pour les compagnies de transport fluvial à courte distance que l'attente représente une part importante du temps de parcours total. Alors qu'il était possible, sans congestion, d'effectuer un transport en péniche entre Rotterdam et Duisbourg deux fois par semaine, il n'est maintenant plus réaliste d'envisager plus d'un transport par semaine.²

5.3.2 Interfaces aux frontières

Par nature, les opérations de transit s'étendent dans le temps et l'espace et concernent plusieurs pays. Le commerce de transit exige plus de surveillance que le commerce intérieur sur des distances similaires. Il dépend des mesures prises par les pays pour réguler les mouvements de véhicules (conducteurs) et le commerce de services. Le passage des frontières entraîne un temps d'attente pour le contrôle des documents. Les retards à la frontière peuvent être des sujets de préoccupation importants si les mécanismes institutionnels ne sont pas adaptés. Ainsi, le commerce des États-Unis avec le Canada et le Mexique a augmenté d'environ 90 % depuis l'entrée en vigueur de l'ALENA en 1994. Les réseaux routiers et ferroviaires américains sont aujourd'hui mis à rude épreuve, notamment aux frontières. Des temps de parcours prévisibles sont particulièrement importants dans une économie mondialisée où de nombreuses marchandises sont nécessaires à des systèmes de fabrication et de distribution rigoureusement programmés (Public Roads, novembre-décembre 2004).

Les procédures administratives peuvent être une source majeure de manque de fiabilité. Comme le montre le tableau 5.2, la durée d'attente aux frontières terrestres américaines peut être très longue pour les opérateurs de fret routier.

Tableau 5.2. Temps d'attente aux frontières terrestres américaines, en minutes

Poste frontière	État d'entrée	Base	Moyenne	95 ^e centile
Ambassador Bridge	Michigan	5.7	8.8	13.9
Blaine Crossing	Washington	8.1	17.3	35.6
Blue Water	Michigan	11.1	34.2	80.3
Peace Bridge	New York	8.3	21.5	83.4
World Trade	Texas	12.2	31.2	54.9

Source : Arvis *et al.* (2007).

Une longue durée d'attente aux frontières et une mauvaise prévisibilité des opérations de passage des frontières peuvent constituer un problème important pour le commerce.

Le manque de fiabilité aux frontières réduit la rentabilité de l'exploitation du parc automobile, générant des coûts supplémentaires en termes de salaires, d'investissement dans le parc automobile et les marchandises, ainsi que de carburant et d'émissions. En outre, une partie du chiffre d'affaires, voire de la clientèle peut être perdue si les produits ne sont pas livrés à l'heure. Ces impacts sont illustrés sur la figure 5.1.

Figure 5.1. **Impacts de la mauvaise prévisibilité des temps de parcours aux frontières**

Faible prévisibilité de la durée de passage à la frontière			
Impacts sur les entreprises de transport	Impacts sur les autres opérateurs logistiques	Impacts sur les fournisseurs de biens manufacturés	Impacts sur les acheteurs de biens manufacturés
1. Utilisation de la flotte automobile et horaires des conducteurs plus difficiles	1. Diminution de l'efficacité des opérations aux terminaux	1. Augmentation du temps qui doit être réservé au transport	1. Allongement des délais de livraison
2. Accroissement des besoins en ressources	2. Accroissement des besoins en ressources	2. Diminution de la capacité de service à la clientèle	2. Dégradation de la ponctualité des livraisons
3. Augmentation des coûts de transport	3. Augmentation des coûts des opérations aux terminaux	3. Baisse éventuelle de la compétitivité d'une entreprise par rapport aux autres fournisseurs	3. Hausse du prix des produits et des matières premières

Un autre exemple du manque de fiabilité aux frontières se situe au principal passage frontalier entre la Finlande et la Russie. Les problèmes liés au passage de la frontière ont créé un goulet d'étranglement pour le transport de fret vers la Russie. En Finlande, l'E18 est la principale route depuis Turku jusqu'à la frontière russe, longeant la côte sud par Helsinki. Il existe un programme d'investissement pour convertir la section routière en autoroute. Il devrait avoir un effet positif important sur la compétitivité nationale de la Finlande et les conditions d'exploitation des sociétés tout au long du corridor de transport. Cependant, les avantages de cet investissement infrastructurel majeur ne seront pas entièrement utilisés, si la fiabilité des opérations de transport transfrontalier n'est pas améliorée. La gravité des ralentissements aux frontières est décrite dans l'encadré 5.6.

Encadré 5.6. Problèmes de manque de fiabilité à la frontière finno-russe

Le transport de fret entre la Finlande et la Russie a augmenté d'environ 20 % - 30 % par an depuis 2002. Les files d'attente n'ont jamais été si longues, atteignant parfois 50 kilomètres, aux postes frontières entre la Finlande et la Russie, dans le sud-est de la Finlande, ces dernières années. Outre de graves problèmes pour la sécurité, l'environnement et le commerce, cette situation entraîne une réduction de la fiabilité des transports de fret.

Une étude récente sur les opérations de passage de la frontière finno-russe a conclu qu'il fallait six jours ouvrés pour qu'un poids lourd effectue une rotation entre la Finlande et Moscou. Cette durée comprenait quatre jours de conduite et deux jours de ralentissements divers, essentiellement au passage de la frontière. Selon une étude de suivi, la durée d'attente dans les opérations de passage de la frontière finno-russe varie généralement entre 1.5 et 16 heures.

Outre le volume de trafic élevé au passage des frontières, les causes de ralentissement peuvent être liées aux différents types de marchandises transportées. Les conditions climatiques jouent également un rôle, ainsi que le dédouanement et autres opérations à la frontière russe.

Il semblerait que l'option appropriée serait, pour les autorités frontalières, de rechercher en premier lieu des solutions administratives. Quelques-unes des solutions proposées ont été d'augmenter la capacité transfrontalière en coopération avec les autorités russes ou de créer de vastes zones d'attente réservées aux poids lourds. Pour atténuer les problèmes, les mesures comprennent la mise à disposition de plusieurs zones d'attente provisoires, l'élaboration de principes directeurs de gestion des files d'attente et la répartition plus homogène du trafic vers les différents postes frontières.

En l'absence d'une solution définitive, certains chargeurs ont trouvé un itinéraire plus long pour traverser la frontière. Le fabricant de téléphones mobiles Nokia est implanté dans le sud de la Finlande, près de la route E18. Il a choisi un itinéraire totalement différent pour transporter ses biens de consommation jusqu'à Moscou. La ponctualité, la fiabilité et la sécurité étant les conditions essentielles d'une chaîne de transport efficace, Nokia a choisi le transport aérien, plus coûteux, de la Finlande à Moscou, en passant par Düsseldorf. Cette décision a été prise en raison du manque de fiabilité lors du passage de la frontière finno-russe sur la route E18.

Source : MINTC (2006).

5.3.3 Interfaces organisationnelles et modales

Les interfaces entre les organisations peuvent occasionner un manque de fiabilité important, qui peut être atténué par une meilleure coordination.

Une équipe logistique multi-entreprises peut permettre de diminuer les coûts de coordination dans les transports de marchandises et de porter l'attention sur les goulets d'étranglement de la chaîne logistique limitant la capacité et réduisant la fiabilité du service. L'étude de cas sur la chaîne d'approvisionnement en charbon de Hunter Valley montre comment une réforme du cadre institutionnel peut améliorer l'offre et l'utilisation de la capacité et, par conséquent, réduire la survenue d'incidents engendrant un manque de fiabilité (encadré 5.7).

Elle constitue également une étude de cas sur la façon dont les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle de « facilitation » fondamental. Celui-ci comprend la protection assurée par les réglementations qui autrement pourraient considérer la coopération comme une collusion et/ou une pratique anti-concurrentielle. Dans le cas présent, l'amélioration de la fiabilité du réseau est obtenue par la coopération entre les entreprises, notamment les opérateurs ferroviaires et les sociétés d'extraction de charbon qui, dans d'autres circonstances, se feraient directement concurrence. De fait, la réglementation de l'accès encourage cette concurrence.

Encadré 5.7. Amélioration de la fiabilité et de la capacité sur la chaîne d'approvisionnement de charbon de Hunter Valley par l'amélioration des interfaces inter-entreprises (Australie)

Les trains de charbon circulent entre Hunter Valley et Port Waratah, où la plupart du charbon est chargé sur des cargos pour l'exportation. En 2009, on prévoit une demande de transport de 100 millions de tonnes depuis la vallée jusqu'à la côte. La capacité ferroviaire du réseau est inégale, des goulets d'étranglement occasionnant des problèmes de fiabilité. En raison de ces problèmes chroniques, le montant de charbon disponible pour l'exportation est, en définitive, limité. En somme, la capacité de transport par train est moins importante que la capacité d'extraction ou que la capacité portuaire. La suppression de ces goulets d'étranglement a été longue, en raison de la fragmentation de la propriété et de la gestion de la chaîne d'approvisionnement du charbon.

Deux approches ont amélioré la fiabilité et la capacité. La première a consisté à cibler les investissements pour accroître la capacité. L'État, par l'intermédiaire de son gestionnaire d'infrastructure ferroviaire (Australian Rail Track Corporation), a investi dans la suppression des principaux goulets d'étranglement physiques qui limitaient la capacité et entraînaient des retards.

La deuxième a consisté à créer une équipe logistique composée de salariés des sociétés d'extraction de charbon, des opérateurs de trains, des gestionnaires de voies et de l'opérateur portuaire. L'équipe logistique de la chaîne d'approvisionnement de Hunter Valley coordonne les activités d'exploitation (exploitation des trains et entretien des voies, notamment) avec les exigences liées au charbon et au transport maritime.

Les pouvoirs publics ont un rôle de « facilitation » fondamental. Celui-ci comprend la protection assurée par les réglementations qui autrement pourraient considérer la coopération comme une collusion et/ou une pratique anti-concurrentielle. Dans le cas présent, l'amélioration de la fiabilité du réseau est obtenue par la coopération entre les entreprises, notamment les opérateurs ferroviaires et les sociétés d'extraction de charbon qui, dans d'autres circonstances, se feraient directement concurrence (voir Affleck 2005, p. 18). Bien que les membres de l'équipe logistique coopèrent pour maximiser la production de charbon, il reste inévitablement des tensions entre les différentes parties. En particulier, les usagers du réseau (chargeurs et opérateurs ferroviaires) préféreraient une offre de capacité supplémentaire ou un avancement de la date de livraison du supplément de capacité convenu. Naturellement, les responsables de réseaux aimeraient avoir une plus grande certitude concernant la demande, car les coûts d'investissement ne pourront être amortis que si les usagers utilisent la capacité supplémentaire.

Cette étude de cas porte sur l'extension de la capacité stratégique et non sur la fiabilité en soi. Néanmoins, elle montre comment l'équipe logistique multi-entreprises peut permettre de diminuer les coûts de coordination dans les transports de marchandises et de porter l'attention sur les goulets d'étranglement de la chaîne logistique limitant la capacité et réduisant la fiabilité du service. Elle illustre comment une réforme du cadre institutionnel peut améliorer l'offre et l'utilisation de la capacité et, par conséquent, réduire la survenue d'incidents engendrant un manque de fiabilité.

Source : Affleck (2005).

Une approche coordonnée similaire pour la surveillance des infrastructures est visible sur les corridors routiers transfrontaliers. L'exemple de la coalition chargée de la route inter-États I-95 aux États-Unis montre les avantages en termes de fiabilité et d'atténuation des incidents que présente une approche coordonnée de la gestion d'un corridor de transport (encadré 5.8). Les routes forment un réseau national, mais la gestion de certains corridors (comprenant la gestion des incidents) peut être assurée au niveau local. La fiabilité peut être réduite par un système de gestion fragmenté. De même, une gestion des incidents au niveau local peut entraîner une mauvaise coordination des réponses. La fiabilité est améliorée indirectement par une offre et une gestion des infrastructures d'une meilleure qualité et d'une plus grande cohérence à l'échelle des corridors. Les organisations couvrant un ensemble de corridors offrent des infrastructures compatibles, facilitant des mouvements fluides entre États. Elles peuvent

également faire en sorte que des systèmes d'information cohérents diffusent des informations aux voyageurs à l'échelle des corridors et non des États.

Bien que la création et le fonctionnement de telles organisations soient coûteux, leurs effets positifs sur l'offre d'infrastructures fiables et l'information atténuant l'impact des incidents peuvent être relativement rentables.

Encadré 5.8. Amélioration de la fiabilité par une gestion du réseau entre États : la coalition de l'I-95

L'exemple présenté fait partie des programmes de coordination du réseau routier national américain, connus sous le nom de Multi-state Transportation Operations Programs (MSTOP). La coalition de l'I-95, dite Interstate-95 Coalition, en est une des premières applications (TranSystems Corporation, non daté).

La coalition de l'I-95 est un partenariat de coordination entre quelque 60 organisations, dont les organismes publics de transport et de contrôle compétents à l'échelon étatique et local, et les prestataires de transports. Elle couvre la région située entre le Maine et la Floride, et compte des membres affiliés de nationalité canadienne. Son principal objet est de gérer le corridor comme un réseau intégré. En assurant une gestion coordonnée des principaux incidents de transport, elle peut réduire les impacts grâce à ses mesures d'atténuation. Lors d'incidents majeurs, le partenariat coordonne la gestion du trafic, les mesures de contrôle, les incendies, la sécurité et autres opérations de secours.

Les relations entre les organisations sont renforcées, ce qui favorise la cohérence dans la transmission des informations aux usagers sur les performances du réseau. La coalition améliore l'interaction entre les organisations, qui peut encourager l'adoption de technologies compatibles (s'il y a lieu), comme les systèmes de péage électronique. Cette compatibilité peut réduire la probabilité de ralentissements. De même, elle facilite l'information entre organisations, pour assurer la cohérence des activités d'exploitation et d'amélioration de la capacité entre États.

La coalition favorise donc la fiabilité par l'amélioration de la gestion et du processus décisionnel en cas d'incidents de circulation récurrents et non récurrents. Le Conseil de recherche sur les transports (TRB) conclut que les MSTOP « se sont avérés essentiels pour la fiabilité et la sécurité des principaux corridors interétatiques. Les informations météo, les opérations de secours, les mouvements de marchandises, la sécurité intérieure et les informations aux voyageurs se sont sensiblement améliorés grâce aux relations et aux partenariats interétatiques qui concernent généralement les secteurs des transports et de la sécurité publique ».

Source : Baniak (2002), TRB (2007), TranSystems Corporation (non daté).

Jusqu'à présent, en matière d'offre de fiabilité, seule la gestion des infrastructures a été abordée, mais la gestion de l'offre de services peut être tout aussi importante. Ainsi, une série d'actions complémentaires réalisées par un prestataire logistique et des opérateurs ferroviaires peut assurer une plus grande fiabilité pour tous les produits dépendant de la ponctualité des livraisons.

Les actions visent à rationaliser l'exploitation des trains, afin de réduire les activités qui peuvent être des causes de retards. L'exemple ci-dessous montre, par exemple, comment l'emplacement des terminaux peut réduire la dépendance à la route (voir encadré 5.9). Leur engagement financier dans le terminal incite les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires en dehors du terminal à s'assurer que le train bénéficiera d'une priorité sur l'ensemble du réseau. L'exploitation d'un train unitaire permet d'offrir un service simple sur le plan opérationnel, afin de réduire les activités pouvant occasionner des retards ; un itinéraire évitant les dépôts ferroviaires permet de réduire les activités et les retards qui y sont liés. L'exploitation du train entre plusieurs gestionnaires, mais effectuée comme sur un réseau unique réduit la probabilité de retards liés aux transferts entre réseaux. Enfin, la fiabilité des livraisons s'appuie sur un système de suivi GPS informant le chargeur, la société logistique et le gestionnaire

d'infrastructure ferroviaire partenaire sur l'acheminement des marchandises. Ce système transmet également des données sur les paramètres environnementaux (températures) des wagons frigorifiques.

Encadré 5.9. Gérer la fiabilité du service : les trains de produits frais

Le manque de fiabilité et la lenteur du transport de fret aux États-Unis empêchaient les agriculteurs du nord-ouest de fournir leurs produits aux principales villes situées dans l'est du pays. Traditionnellement, les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, en particulier, offraient des services peu fiables, inadaptés aux denrées périssables. Les retards se produisaient principalement lorsque les trains se trouvaient dans les terminaux (y compris dans les dépôts intermédiaires entre l'origine et la destination) et lorsque les trains étaient transférés aux « frontières » entre opérateurs ferroviaires.

Cette étude de cas offre une solution de gestion holistique portant sur chaque cause de retard et recherchant les moyens de les réduire. Ainsi, les trains de denrées sont toujours assemblés en trains unitaires, ce qui supprime la nécessité de les acheminer par des terminaux intermédiaires et élimine donc une source potentielle de retard. La planification, la gestion, la commercialisation et l'exploitation du train sont effectuées comme s'il y existait un seul opérateur ferroviaire, ce qui réduit la possibilité de retards liés aux transferts entre plusieurs gestionnaires d'infrastructures ferroviaires. Enfin, le chargeur logistique et les deux gestionnaires ont introduit un système de suivi (un seul système de suivi) pour les wagons de denrées périssables. Le suivi offre des informations essentielles qui peuvent être exploitées par les parties concernées pour la gestion et les réponses (mesures d'atténuation) dans l'acheminement du train.

Le projet a été entrepris conjointement avec les autorités et les agriculteurs locaux, ainsi que les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires. L'objectif est de rationaliser les processus nécessaires pour transporter les produits agricoles frais de Wallula (État de Washington) à Rotterdam (État de New York). Les marchandises en cageots sont transférées du terminal de Wallula par route pour être expédiées vers la côte est par train unitaire (« Produce Railexpress » ou « Produce Unit Train ») dont les wagons sont dotés de portes à claire-voie.

Railex s'est engagée à charger au moins un train dans chaque sens par semaine. En retour, le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire (qui a financé en partie les investissements dans les infrastructures des terminaux) a convenu de donner la priorité à ces convois sur l'ensemble du réseau. Les investissements qu'il a effectués pour ce service l'incitent à travailler avec la société logistique pour maintenir la fiabilité et, notamment, à faire en sorte que les trains bénéficient d'une priorité suffisante sur les autres. Les trains ne s'arrêtent que pour les changements d'équipe et un seul ravitaillement en carburant. Grâce à une coopération étroite entre les deux gestionnaires, Union Pacific et CSX, le transfert physique entre les gestionnaires ne compromet pas la fiabilité. La priorité accordée permet aux trains d'effectuer le trajet en 72 heures, durée bien inférieure au délai garanti de 124 heures, dont 8 heures de marge « de sécurité » (Philp 2007). Le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire peut offrir ce niveau de fiabilité, et le délai garanti reste bien plus court que les temps de parcours antérieurs.

L'emplacement des terminaux facilite le maintien de la fiabilité sur les points intermodaux de la chaîne logistique. La fiabilité s'étend au-delà de la part ferroviaire de la chaîne logistique puisque, à chaque extrémité du corridor, les trains sont chargés et déchargés à des endroits situés à moins d'un jour de transport en camion de l'origine ou de la destination des marchandises. Les partisans de ce service expliquent que les transports à courte distance soulèvent des problèmes de fiabilité relativement plus faibles qu'une réalisation des opérations à des endroits situés à plus d'un jour de transport en camion des terminaux.

L'intérêt de ce service pour les chargeurs dépend entièrement de la fiabilité. Il a été possible d'offrir un service fiable en mettant en œuvre une série de mesures qui réduisent collectivement la probabilité de retards. Différents aspects de cette approche holistique ont été appliqués à plusieurs autres trains longue distance aux États-Unis, dont le « Cold Express » de BNSF/CSX, le « Blue Streak » d'Union Pacific/Norfolk Southern et le « Wine Connection » de California Northern/Union Pacific/CSX/Hub Group (société logistique).

Sources : Hopkin (2006), Natarajan *et al.* (2005), Philp (2007), Washington State Transportation Committee (2006).

5.4 Conclusions

Ce chapitre a abordé les modalités de gestion des infrastructures et des services pour améliorer la fiabilité dans les transports. Une série d'exemples a montré comment les systèmes de gestion peuvent accroître la fiabilité. Une meilleure gestion peut assurer une fiabilité plus élevée et des besoins de capacité plus faibles. Ainsi, les bénéfices obtenus par l'amélioration de la gestion des réseaux et des services peuvent être bien plus rentables pour offrir une fiabilité plus élevée, notamment par rapport à l'extension de la capacité.

Une gestion proactive du réseau par une intégration des objectifs de solidité dans les modèles de planification du réseau permet une évaluation de la vulnérabilité du réseau. Le système de planification du réseau néerlandais illustre comment la fiabilité est intégrée dans les modèles de planification des réseaux ; il permet une évaluation proactive de la vulnérabilité du réseau. Cette planification peut présenter d'importants avantages en termes de fiabilité. Le principe de cette stratégie est qu'une gestion dynamique, comprenant une surveillance intense de l'utilisation du réseau, permet de réagir plus rapidement aux perturbations et, par conséquent, d'améliorer la fiabilité.

Une gestion plus dynamique des incidents peut présenter des avantages importants en termes de fiabilité. L'exploitation de la capacité de la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute est un exemple de gestion dynamique. Une analyse préliminaire aux heures d'encombrement a montré son intérêt. Parfois, les limitations de vitesse sont abaissées lorsque la bande d'arrêt d'urgence est ouverte à la circulation. L'allongement des temps de parcours lié à la réduction des vitesses limites est compensé par la diminution de la variabilité du temps de parcours. L'utilisation de systèmes de gestion des incidents permet, à son tour, une réaction plus rapide des prestataires de services de transport aux perturbations, ce qui réduit la durée et la gravité des événements.

Les usagers du réseau subissent souvent des retards aux interfaces organisationnelles, modales ou autres. Une gestion peu active des interfaces frontalières peut engendrer un manque de fiabilité. Une longue durée d'attente aux frontières et une mauvaise prévisibilité des opérations de passage des frontières constituent un problème important pour le commerce. Le manque de fiabilité aux frontières réduit la rentabilité de l'exploitation du parc automobile, générant des coûts supplémentaires en termes de salaires, d'investissement dans le parc automobile et les marchandises, ainsi que de carburant et d'émissions.

Les équipes de gestion intégrées (comme l'équipe de la logistique du charbon de Hunter Valley et la coalition de l'I-95) et les stratégies ciblées aux frontières internationales peuvent atténuer le manque de fiabilité sur le réseau par l'identification des goulets d'étranglement et la coordination des réponses. Les équipes intégrées facilitent la résolution des problèmes de rupture liés aux interfaces organisationnelles.

Dans le cas de ces dernières, les pouvoirs publics peuvent avoir un rôle de facilitation important et améliorer la fiabilité par une meilleure coordination des interfaces ou une gestion plus cohérente des corridors.

NOTES

1. Ainsi, en octobre 2007, dans le cadre du « Grenelle de l'Environnement », le ministre français de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer a annoncé qu'à l'exception des contournements, aucune autoroute nouvelle ne serait construite en France.
2. Werner Kühlkamp, expert des transports pour la Chambre de commerce et d'industrie du Bas-Rhin et de Duisbourg, cité dans *Journal de la Marine Marchande*, 24 août 2007, p. 26.

PRINCIPAUX MESSAGES

- Une gestion proactive du réseau peut influencer sur la fiabilité. Une meilleure gestion du réseau réduit les besoins de capacité et améliore la fiabilité.
- Une gestion proactive du réseau par une intégration des objectifs de solidité dans les modèles de planification du réseau assure une évaluation de la vulnérabilité du réseau. Ce type de modélisation permet d'identifier les tronçons vulnérables du réseau, en aidant l'exploitant à analyser les itinéraires bis acceptables, à déterminer les modalités d'information des usagers sur les incidents et à offrir des informations précieuses sur les futurs besoins en infrastructures.
- La gestion dynamique du réseau comprend des mesures visant à renforcer la surveillance de l'utilisation du réseau, pour apporter des réponses plus rapides aux perturbations et, par conséquent, réduire la vulnérabilité et augmenter la fiabilité.
- L'exploitation de la capacité de la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute est un exemple de gestion dynamique. Une analyse préliminaire aux heures d'encombrement a montré son intérêt. Parfois, les limitations de vitesse sont abaissées lorsque la bande d'arrêt d'urgence est ouverte à la circulation. L'allongement des temps de parcours lié à la réduction des vitesses limites est compensé par la diminution de la variabilité du temps de parcours (amélioration de la fiabilité).
- Une meilleure gestion des incidents peut avoir des impacts importants sur la fiabilité. Des systèmes efficaces de gestion des incidents permettent aux gestionnaires d'infrastructures de réagir plus rapidement aux perturbations et, par conséquent, de réduire la vulnérabilité du système de transport et d'accroître la fiabilité.
- Les usagers du réseau subissent souvent des retards aux interfaces organisationnelles, modales ou autres. Les retards organisationnels peuvent être réduits par des interfaces de gestion comme l'équipe de la logistique du charbon de Hunter Valley ou la coalition de l'I-95.
- Une gestion peu active des interfaces frontalières peut aussi engendrer un manque de fiabilité. Une longue durée d'attente aux frontières et une mauvaise prévisibilité des opérations de passage des frontières constituent un problème important pour le commerce. Le manque de fiabilité réduit la rentabilité de l'exploitation du parc automobile, générant des coûts supplémentaires en termes de salaires, d'investissement dans le parc automobile, ainsi que de carburant et d'émissions.
- Dans le cas des interfaces organisationnelles, les pouvoirs publics peuvent avoir un rôle de facilitation important et améliorer la fiabilité par une meilleure coordination des interfaces ou une gestion plus cohérente des corridors.

6. TARIFICATION DES RÉSEAUX POUR UNE OPTIMISATION DE LA FIABILITÉ

Ce chapitre passe en revue les principes de tarification pour l'utilisation du réseau visant à influencer sur le *niveau* de fiabilité du réseau par la gestion de la demande et à offrir *différents* niveaux de fiabilité traduisant la diversité des valeurs accordées par les usagers à la fiabilité. Il a été dit plus haut que la fiabilité était souvent associée avec d'autres caractéristiques telles que la rapidité, le confort et le coût, d'où la grande difficulté à isoler un marché de la fiabilité à part entière. Dans le prolongement de cette question, ce chapitre envisage des modalités de tarification pour offrir des niveaux de fiabilité cohérents avec les différentes valeurs accordées à la fiabilité.

Les principales stratégies adoptées par les responsables de réseaux pour offrir des réseaux fiables, ainsi que les différents besoins des usagers en matière de fiabilité sont d'abord abordés. Les difficultés pour influencer sur la fiabilité et offrir un marché avec différents niveaux de service sont ensuite exposées. Puis, des exemples pratiques montrant le potentiel et les limitations de la tarification pour influencer sur le niveau de fiabilité sont présentés. Enfin, les conclusions sur la tarification en tant qu'outil de politique publique en matière de fiabilité sont formulées.

6.1 Principales stratégies de tarification

On peut avoir un aperçu des avantages liés à la tarification de la fiabilité en examinant brièvement la fixation des tarifs dans le secteur électrique. On constate que la tarification pour isoler les usagers souhaitant des niveaux élevés de fiabilité peut en fait bénéficier à tous les clients. Cet exemple signale également les risques inhérents à l'utilisation de valeurs de la fiabilité globales pour prendre en compte tous les usagers.

L'encadré 6.1 présente un bref panorama de la tarification de la fiabilité dans l'offre énergétique aux États-Unis. Il convient de remarquer que l'offre d'une fiabilité différenciée dans ce domaine est entravée. En effet, les réglementations spécifient un niveau donné (élevé) de fiabilité, c'est-à-dire, des coupures de courant minimales. Malgré cela, un marché de la fiabilité s'est développé, reflétant les besoins de certains usagers du réseau en niveaux de fiabilité plus élevés dans l'offre énergétique que le niveau obligatoire.

Certaines compagnies d'électricité ont introduit des différences de prix dans les services offerts aux entreprises qui souhaitent des niveaux élevés de sécurité de l'offre. Elles proposent un prix réduit aux personnes pouvant se déconnecter du secteur pendant les heures de consommation de pointe, parce qu'elles possèdent des groupes électrogènes de secours, en cas de coupure. En général, les coûts de production sont alors plus faibles (et les avantages sont partagés entre les compagnies et les usagers), car la production et, par conséquent, les coûts, aux heures de pointe, peuvent être maintenus à des niveaux plus faibles qu'il ne serait autrement nécessaire.

Encadré 6.1. Enseignements liés à la tarification de la fiabilité de l'offre énergétique (États-Unis)

L'offre d'électricité constitue une étude de cas intéressante sur la tarification de la fiabilité dans d'autres secteurs. L'attention accordée à la fiabilité optimale dans l'électricité est relativement développée, parce qu'il existe une surveillance réglementaire importante de la sécurité de l'offre. La principale conséquence du manque de fiabilité dans l'offre d'électricité est le coût d'une coupure de courant. Il convient de remarquer qu'il existe une grande disparité dans la valeur accordée à la fiabilité par les différents usagers, telle qu'exprimée par leur consentement à payer : le coût d'une panne (ou d'une coupure) de courant varie sensiblement entre les usagers, ainsi qu'entre les lieux et les heures de la journée.

L'intervention réglementaire sur l'offre d'électricité a généralement conduit à l'exigence de maintien de niveaux de fiabilité spécifiques. Un outil important pour atteindre ces niveaux cibles a été la variation directe du prix en fonction de la fiabilité. Plus la fiabilité est faible, plus le prix est bas. Les prix les plus bas sont proposés aux clients souhaitant être déconnectés du secteur pendant les périodes de forte demande d'électricité.

À l'autre extrémité, un plafonnement du prix que les usagers sont prêts à payer pour des niveaux élevés de fiabilité est assuré par le coût des systèmes de secours. Lorsqu'un niveau de fiabilité extrêmement élevé est nécessaire, l'option la moins coûteuse peut être pour les usagers d'avoir leurs propres groupes électrogènes de secours. Une autre solution, puisqu'ils disposent de leur propre système, est de choisir le tarif unitaire le plus faible, qui implique de se déconnecter du réseau pendant les périodes de plus forte demande. Ce mécanisme peut ainsi favoriser un résultat reflétant un *niveau* de fiabilité performant et un *partage* performant de la responsabilité liée à l'obtention de ce niveau. Malgré les rigidités réglementaires en matière de tarifs, les prix peuvent servir à distribuer l'alimentation entre les clients, en fonction de la valeur que ces derniers accordent à la fiabilité.

Un tour d'horizon du secteur électrique montre clairement que la profession, la clientèle et les régulateurs ont des points de vue différents sur l'offre d'un niveau de fiabilité performant. Les différents besoins de fiabilité, et la nécessité d'avoir un marché ouvert optimisant l'offre et la demande de fiabilité, dans le secteur des transports, se retrouvent dans le secteur de l'électricité. Les différents coûts d'une coupure de courant traduisent les différents types de clientèle ; ils signalent les risques inhérents à l'utilisation d'une valeur de la fiabilité globale pour tous les usagers. Woychik (2006) souligne une nécessité très semblable de comprendre les besoins des usagers. Il remarque que le coût marginal d'une capacité supplémentaire, le plafonnement des prix et les différents besoins des usagers peuvent imposer des réponses différentes, et que le plafonnement des prix peut certainement décourager l'offre d'une production supplémentaire.

Dans le contexte des différents besoins, Burns (2004) soutient que la très grande diversité des usagers et des coûts liés aux coupures explique que les moyennes globales des coûts liés aux coupures de courant n'offrent pas aux décideurs des informations utiles sur ce qu'il convient de faire. Il mentionne une gamme de coûts pour une heure de coupure de courant, l'été en journée : 2.90 USD pour les clients résidentiels, 1 200 USD pour les petits clients commerciaux et industriels et 8 200 USD pour les grands clients commerciaux et industriels (Burns 2004). Un groupe de clients sera beaucoup plus disposé à payer pour une fiabilité plus élevée, tandis qu'un autre groupe se contentera d'accepter une fiabilité moins élevée contre des tarifs globalement plus faibles.

Selon Burns, compte tenu de cette grande diversité, il faut adopter une approche plus granulaire pour étudier le coût d'une coupure de courant. Il remarque qu'en fonction de cette « granularité » dans les besoins de fiabilité, plusieurs réponses politiques peuvent apparaître. Celles-ci peuvent consister à réorganiser les groupes électrogènes ou à améliorer ou étendre les systèmes de transport d'électricité entre groupes électrogènes et clients ou, enfin, à entreprendre une gestion de la consommation électrique, sur le plan de la demande.

Ainsi, l'expérience du secteur électrique nous alerte sur les différentes réponses politiques liées à la diversité des usagers et, par conséquent, sur la nécessité d'avoir une bonne connaissance de chaque groupe. Les mécanismes de tarification constituent l'un des systèmes utilisés pour adapter l'offre d'électricité à des niveaux de fiabilité appropriés.

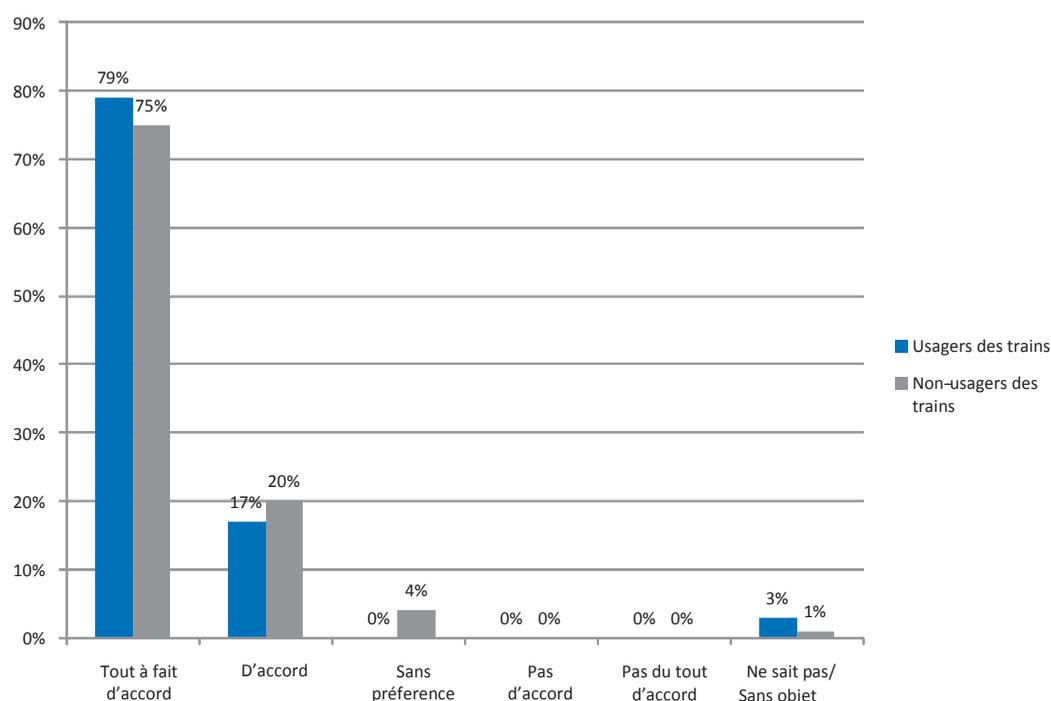
Source : Burns (2004), Woychik (2006).

Un aspect important de cet exemple est l'intérêt de comprendre la diversité des besoins en matière de fiabilité. En général, les responsables des réseaux de transport de surface n'identifient pas explicitement la « fiabilité » des usagers comme une caractéristique du niveau de service. Il s'ensuit qu'aucun prix n'est appliqué à la fiabilité et, de manière plus générale, qu'il n'existe pas de marché de la fiabilité.

En l'absence d'un système de tarification, il manque des indications capitales sur les niveaux qu'il convient de fixer pour le réseau. Lorsque l'analyse intègre les avantages de la fiabilité, l'approche suppose généralement un seul niveau de fiabilité. En somme, l'analyse part du principe que tous les usagers de la route sont prêts à payer le même prix pour un niveau de fiabilité donné. Or, comme indiqué plus haut, les usagers ne seront pas homogènes dans leur demande de fiabilité.

Le lien entre la tarification de l'accès au réseau et le niveau du réseau exigé par les différents usagers étant très ténu, les gestionnaires d'infrastructures routières doivent déterminer un niveau (généralement un seul) de fiabilité à offrir. Les enquêtes de préférences déclarées sont souvent utilisées, mais leurs résultats doivent toujours être interprétés avec prudence. Les enquêtes (comme celle de la figure 6.1. ci-dessous) sont, au mieux, d'une valeur limitée pour l'exploitant de l'infrastructure, car les préférences déclarées ne représentent pas nécessairement un consentement à payer¹. Elles n'indiquent pas ce que les personnes interrogées seraient prêtes à payer pour des niveaux de fiabilité plus élevés.

Figure 6.1. Illustration de la demande de fiabilité



Source : City of Chicago Department of Transportation (2003).

Plus généralement, l'offre de réseau n'intègre pas directement la fiabilité comme une caractéristique du service et ne prend pas en compte les différentes valeurs de la fiabilité. L'utilisation du réseau routier est couramment tarifée selon un prix divisé en deux parties : redevance annuelle fixe pour une catégorie donnée de véhicules et redevance variable (généralement perçue sous la forme d'une taxe carburant). Ce

prix ne varie pas si le niveau de service est bas ou, notamment, si le niveau de fiabilité est faible. À l'inverse, les redevances ne varient généralement pas si le responsable du réseau améliore la fiabilité.

Comme indiqué dans les chapitres précédents, les responsables de réseaux peuvent influencer sur le niveau de fiabilité, même si les coûts financiers ou politiques peuvent être difficiles à accepter. Tel est particulièrement le cas de l'extension de la capacité ; il peut donc être contrariant pour les planificateurs que les usagers tendent à considérer le manque de fiabilité comme lié à un niveau de capacité insuffisant. Les usagers exerceront alors une pression sur le responsable du réseau, c'est-à-dire sur les pouvoirs publics ou les organismes, pour accroître la capacité.

Face au défi posé par l'offre de fiabilité dans les transports de personnes et de marchandises, la principale question politique est de déterminer, du point de vue de la collectivité, un niveau « optimal » (ou « performant »). Comme les exposés précédents l'ont montré, « optimisation » ne signifie pas maximisation de la fiabilité. Ce concept peut être facilement compris dans le contexte de la congestion routière. Le niveau « optimal » de congestion routière n'est pas la suppression de tout encombrement, comme l'a fait remarquer le ministère britannique des Transports :

« ...il n'implique pas que *l'objectif soit des vitesses de circulation fluide*. Il ne s'agit pas d'offrir des conditions de circulation fluide à tous les usagers et à toutes heures. Le coût serait bien supérieur aux avantages. Il ne serait pas du tout rentable de construire une route assez large pour offrir des *vitesses* de circulation fluide pendant les heures de pointe, car pendant la plus grande partie de la journée, la plupart des voies de circulation seraient vides. » (Ministry for Transport 2006).

Dans le même esprit, même s'il était possible d'atteindre une fiabilité à 100 %, les coûts seraient généralement supérieurs aux avantages. Les niveaux de fiabilité performants sont déterminés par les mêmes principes de l'offre et de la demande qui régissent les autres biens et services. Dans une économie de marché, le prix du marché et la quantité sont déterminés par l'interaction de la demande et de l'offre. Aux fins du présent rapport, il suffit de noter que la courbe descendante de la demande et la courbe ascendante de l'offre des économistes reflètent la baisse de l'utilité marginale et la hausse du coût marginal de l'offre d'un niveau de fiabilité donné.

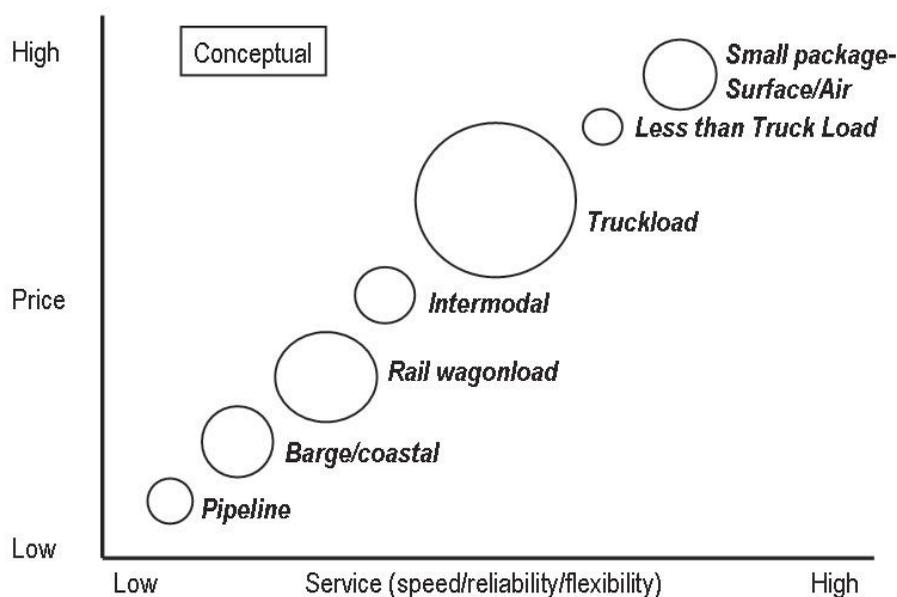
Élément déterminant, comme indiqué au chapitre 1, la courbe descendante de la demande de fiabilité intègre les différentes valeurs accordées par les usagers à la fiabilité, qui varient selon les produits, les endroits et les entreprises. La demande de fiabilité est différenciée ou « granulaire ».

En principe, les responsables de réseaux doivent donc répondre au besoin de fiabilité et, en particulier, aux différents niveaux de fiabilité. Il est possible de définir un modèle prix-fiabilité sur l'ensemble des transports de marchandises ; le défi politique pour les responsables de réseaux est d'y répondre. Ceci dit, si les coûts de transaction pour réaliser ce modèle sont excessifs, il peut s'avérer nécessaire, dans le pire scénario, de maintenir les stratégies actuelles, avec peu ou pas de différenciation.

Il convient de reconnaître que, *dans leur ensemble*, les différents modes de transport offrent des services avec différents niveaux de fiabilité. La figure 6.2 montre la taille des différents marchés de transport aux États-Unis et la place où les marchés tendent à se situer en termes de rapport prix-fiabilité. Cela signifie qu'un transporteur *peut* être capable de choisir une combinaison prix-qualité de service (comprenant la fiabilité).² Certains modes, comme les péniches, ont des caractéristiques de service faible (comprenant les niveaux de fiabilité), mais le transport est assuré à un prix relativement modeste. D'autres modes, comme le fret aérien, ont des produits à qualité de service élevé, pour un prix relativement élevé (comme le transport de petits colis contre un supplément de prix). Il existe aussi

plusieurs options au sein d'un même mode, comme le chargement complet (TL) et le chargement partiel (LTL), chacune avec différentes caractéristiques de niveau de service et de prix.

Figure 6.2. **Gamme prix-fiabilité, la taille des cercles illustrant le volume de trafic (États-Unis)**



Traduction : High = Élevé Low = Faible Price = Prix
 Service (speed/reliability/flexibility) = Service (rapidité, fiabilité, souplesse)
 Conceptual = Concept Barge/coastal = Navigation fluviale/côtière
 Rail Wagonload = Chargement de wagons Intermodal = Transport intermodal
 Truckload = Chargement de poids lourd Less than truckload = Chargement partiel de poids lourd
 Small package surface/air = Transport de surface/aérien de petits colis

Source : tiré du Groupe Tioga (2003).

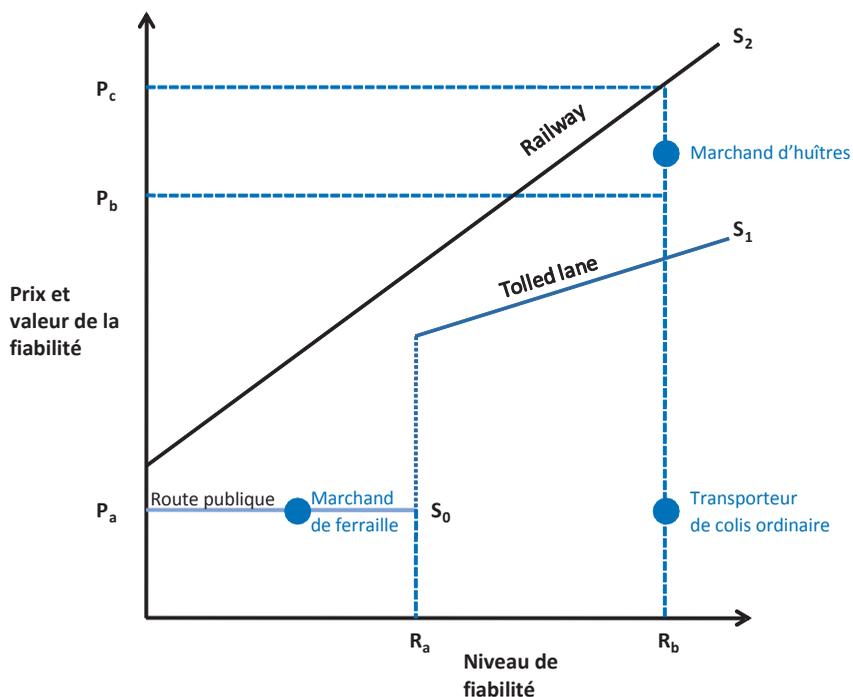
Toutefois, dans la pratique, le choix des niveaux de fiabilité par les chargeurs sera limité, d'abord par le nombre de modes disponibles entre des couples origine-destination donnés, puis par la mesure dans laquelle un prestataire de services donné peut contrôler cette fiabilité. Il existe plusieurs facteurs influant sur la fiabilité, dont certains relèvent du prestataire de services.

Lorsque le prestataire de services peut raisonnablement contrôler la fiabilité, la question est de savoir si l'offre d'une telle fiabilité ou des différents niveaux de fiabilité présentera un intérêt suffisant. Ainsi, un responsable de réseau ferré pourrait accroître la capacité pour réduire la probabilité de retards liés à la congestion, pour une marchandise déterminée, mais il est possible que cette opération ne soit pas rentable et que le responsable du réseau en conclue que le chargeur n'est pas prêt à supporter le coût supplémentaire (voir, par exemple, l'encadré 1.4.).

Le résultat le plus courant est, notamment, que le chargeur dispose d'un seul mode et d'un seul niveau de fiabilité (soumis aux variations des temps de parcours). Le chargeur doit payer un tarif moyen pour un niveau de fiabilité « moyen ». Cet état de fait est insatisfaisant pour les personnes qui seraient prêtes à payer plus pour un niveau de fiabilité plus élevé, mais aussi pour les personnes qui préféreraient payer moins pour un niveau de fiabilité moins élevé. C'est ce que montre la figure 6.3., où le prix de la

fiabilité reste constant sur la route publique (sans limitation d'accès), tandis que le prix de la fiabilité varie, pouvant atteindre au maximum la valeur R_a . Tous les usagers supportent le même prix P_a , avec une ligne d'offre S_0 , de fiabilité ; et pour un quelconque point dans le temps, le niveau de fiabilité sera situé entre 0 et R_a .

Figure 6.3. Marchés illustratifs de la fiabilité



Traduction : Railway = Train
 Tolled lane = Voie à péage

Même le niveau de fiabilité pure et la différenciation des prix peuvent être importants pour les chargeurs. L'ajout d'une voie à péage offre la possibilité pour des chargeurs spécifiques de bénéficier de niveaux plus élevés de fiabilité, qu'ils sont prêts à payer ; cette voie n'est pas encombrée parce que nombreux sont les usagers du réseau qui ne sont pas prêts à payer le supplément de prix (péage).

Que signifie cette combinaison prix-fiabilité pour les différents usagers du réseau ? La figure montre trois types de clients, un marchand de ferraille, un transporteur de colis ordinaires et un marchand d'huîtres, présentant différents degrés de consentement à payer en échange de fiabilité.

Le marchand de ferraille n'a pas de produits sensibles au temps et, par conséquent, accorde une faible valeur monétaire à la fiabilité, équivalente sur la figure au coût d'utilisation de la route.

Certains chargeurs sont prêts à payer pour un niveau de fiabilité plus élevé que le maximum offert par le marché (à F_a), tandis que d'autres pourraient apprécier un niveau de fiabilité élevé, mais ne sont pas prêts à payer plus que le prix actuellement fixé P_a . (comme le transporteur de colis ordinaires).

Le marchand d'huîtres souhaite un niveau de fiabilité élevé pour répondre aux exigences du marché (aliments très périssables). Il est prêt à payer un prix élevé pour cette fiabilité, en fait plus que nécessaire si la route à péage est disponible. Dans ce cas, le niveau de fiabilité R_b peut être atteint au prix P_b .

Dans cet exemple, le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire peut aussi offrir des niveaux de fiabilité variables N_2 . Dans ce cas, le prix d'une fiabilité donnée sur le réseau ferré dépasse le prix qui peut être atteint sur la route ou la voie à péage (S_1), ainsi que le prix que le chargeur d'huitres est prêt à payer.

Cependant, sur la plupart des réseaux routiers, il n'y a pas de route à péage alternative, ni une offre de train constituant une solution de remplacement proche. Dans ces situations, les usagers du réseau n'ont d'autre choix que la fiabilité disponible. Ceci dit, comme indiqué plus haut, ils peuvent améliorer la fiabilité en circulant à des heures moins encombrées.

Ainsi, en l'absence de signaux liés à une tarification directe, indiquant combien d'usagers apprécient la fiabilité, les responsables de réseaux (généralement, des organismes publics) doivent donc décider du niveau de fiabilité qu'ils doivent offrir (avec l'aide d'outils de planification, comme l'analyse coûts-avantages). Et, mis à part les questions de temps, ils n'offriront qu'un seul niveau de fiabilité ; les usagers ne pourront pas choisir différents niveaux de fiabilité.

6.2 Obstacles à l'obtention de différents niveaux de fiabilité

Étant donné que différents acteurs du marché exigent différents niveaux de fiabilité, la question essentielle est la suivante : quels facteurs déterminent s'il est techniquement *et* économiquement faisable de segmenter le marché ? En somme, quelles questions sont soulevées par l'offre de niveaux de fiabilité donnés et l'application d'une tarification différenciée aux usagers qui apprécient ces niveaux de fiabilité ?

Bien que les coûts de segmentation du marché varient selon les modes, le coût de segmentation des performances routières et de tarification est généralement élevé. La difficulté fondamentale dans le contrôle de la fiabilité routière est liée au fait que l'accès au réseau est généralement « ouvert ». Il devient donc difficile et coûteux d'influer sur le niveau de fiabilité qui peut être atteint en influant sur les niveaux de demande. Il y a très peu d'exemples dans lesquels la demande ayant été limitée et des suppléments de prix ayant été appliqués, le degré de différenciation de la fiabilité reste faible.

Le réseau ferré a différentes caractéristiques et, d'un certain point de vue, se prête plus facilement que le réseau routier à l'offre d'un marché segmenté de la fiabilité. La nature physique de l'exploitation ferroviaire exclut l'utilisation « ouverte » et « aléatoire » du réseau, comme dans le cas des transports routiers. Les trains ne peuvent tout simplement pas entrer sur le réseau depuis une voie privée. Par nécessité, il existe un « régulateur de trains » qui attribue des « sillons ». Le réseau est géré en fonction de l'ensemble de ces sillons, qui sont organisés en horaires. Cette programmation est facilitée par le fait que le nombre de parties souhaitant accéder au réseau ferré est généralement très faible (traditionnellement, il n'y en a qu'une seule). Bien que la programmation horaire soit coûteuse, elle est essentielle pour l'exploitation ferroviaire (y compris pour la sécurité) et, par conséquent, peut être intégrée dans les coûts fixes de fonctionnement du réseau.

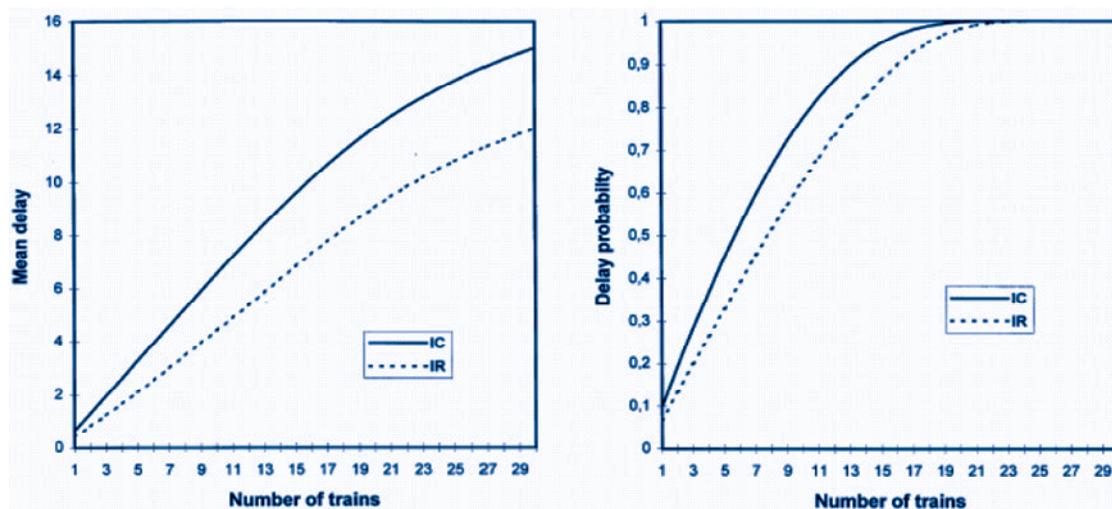
La fixation d'horaires n'est pas propre au secteur ferroviaire ; elle est pratiquée dans de nombreuses professions (dentiste, avocat, médecin). Elle peut aussi exister dans la chaîne logistique du fret, par exemple dans les mouvements de conteneurs, aux ports. C'est le cas pour PierPASS, système de programmation et réservation de mouvements de conteneurs, utilisé sur les ports de Los Angeles et de Long Beach³. Une différence importante entre ces systèmes et les horaires de trains est que le coût de gestion (de l'opération) peut dépasser les avantages apportés en termes de fiabilité. Toutefois, si les systèmes de réservation ne sont pas obligatoires, le mouvement du conteneur ne sera pas réservé. Dans le cas des trains, la réservation (programmation) du sillon est essentielle pour des raisons de sécurité : les

avantages de la programmation (qui constituent aussi des avantages en termes de fiabilité) sont toujours supérieurs aux coûts d'opération.

La fiabilité dans le secteur ferroviaire peut donc être affinée pour faciliter l'exploitation des trains suivant des horaires rigides, mais prévisibles. En outre, le contrôle « en temps réel » des mouvements de chaque train sur le réseau donne au gestionnaire de l'infrastructure la possibilité de réagir face à des événements imprévus (sur le plan de l'offre et de la demande), afin d'effectuer des changements « en temps réel » dans l'ordre de circulation des différents trains.⁴ Cela signifie qu'en cas d'incident perturbant le flux de trafic, un train transportant des marchandises sensibles au temps pourra être prioritaire sur les autres mouvements et pourra dépasser les autres trains.

De plus, les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires peuvent influencer sur le niveau de fiabilité qu'ils atteignent en contrôlant le nombre de trains sur le réseau. Comme dans le secteur routier, il existe un rapport important entre le nombre de véhicules autorisés sur le réseau et l'impact de l'interaction des véhicules sur la capacité à maintenir la ponctualité. La figure 6.4 montre ce rapport. Toutes choses égales par ailleurs, si le nombre de trains autorisés sur le réseau ferré augmente, la probabilité d'un retard et la longueur moyenne du retard augmenteront aussi. Bien que des considérations financières encouragent une forte utilisation du réseau, en contrepartie la fiabilité sera réduite.

Figure 6.4. **Rapport entre la fiabilité et l'utilisation de la capacité dans le secteur ferroviaire**



Traduction : Mean delay = Retard Moyen Number of trains = nombre de trains Delay probability = Probabilité de retard
 IU =trains interurbains, IR=trains interrégionaux. Source : Huisman et Boucherie (2001).

Cet avantage évident du train sur la route peut toutefois s'annuler, soit parce que les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires ont d'autres problèmes importants de fiabilité, soit parce que le coût de l'offre d'une fiabilité élevée est trop « élevé ». Ainsi, en ce qui concerne le train, des niveaux élevés de fiabilité peuvent être atteints en introduisant des systèmes plus sophistiqués pour gérer les trains ou en réduisant le nombre de trains qui utilisent le réseau⁵. Pour justifier ces actions, les coûts de fiabilité supplémentaires doivent être inférieurs à la valeur accordée par les chargeurs à la fiabilité obtenue. Dans le secteur ferroviaire, la difficulté de la gestion est de déterminer l'ensemble des caractéristiques de service exigées par les clients, y compris la fiabilité, maximisant les bénéfices nets du gestionnaire d'infrastructure ferroviaire. Ainsi, comme le montre la figure 6.3, pour le niveau de fiabilité R_b , même le marchand d'huîtres très sensible au temps estime que la fiabilité du train a un coût trop élevé. Il ne serait pas prêt à payer le prix P_c . Compte tenu de l'économie sous-jacente, notamment l'absence de chargeurs

prêts à payer des tarifs très élevés pour la fiabilité, il est possible que les gestionnaires ne cherchent pas à assurer les niveaux de fiabilité les plus élevés.

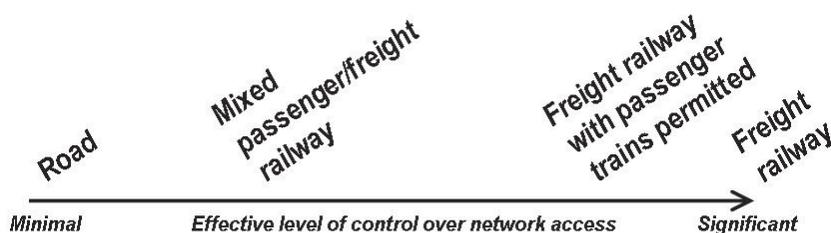
En bref, bien que la préférence pour des niveaux de fiabilité plus élevés puisse être facilement comprise, les exploitants d'infrastructures ne s'efforceront d'offrir ces niveaux de fiabilité que si cette préférence se traduit par un consentement à payer. L'offre commerciale de niveaux de fiabilité plus élevés ou simplement différents dépend essentiellement de son coût et de sa rentabilité. Cette limitation des options disponibles est commune à tous les marchés. Ainsi, bien qu'il existe un grand nombre de véhicules à moteur et de biens d'équipement disponibles à la vente, il y aura toujours quelques clients qui ne pourront pas acheter leurs produits préférés et devront faire des compromis.

Nous pouvons tirer quelques conclusions sur les obstacles à l'obtention de niveaux de fiabilité donnés et à l'offre de différents niveaux de fiabilité. Le traitement de la fiabilité sur le marché et l'importance du rôle des prix nous permettent de formuler les observations suivantes :

- La fiabilité doit être considérée comme une caractéristique normale du service et, en conséquence, faire l'objet des règles habituelles de l'offre et de la demande.
- Parce que la demande de fiabilité varie en fonction du produit, de l'utilisateur et du temps, les prix peuvent constituer un moyen important de communiquer ces préférences.
- Si les coûts de segmentation du marché sont extrêmement élevés, il peut être impossible d'offrir des services de transport avec différents niveaux de fiabilité.
- En principe, il est plus difficile de segmenter le marché routier que le marché ferroviaire, où les coûts du contrôle d'accès sont déjà supportés pour des raisons d'exploitation et où un ordre de priorité peut être fixé.
- Néanmoins, pour les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, les coûts liés à l'offre d'une fiabilité plus élevée (en termes d'utilisation de la capacité prévisible) peuvent expliquer que la segmentation du marché à ce niveau ne soit pas rentable.

La figure 6.5 présente une gamme de niveaux de contrôle d'accès au réseau. La route apparaît à l'extrémité inférieure, puisque l'accès est généralement ouvert, sans contrôle des flux. Le train apparaît à l'extrémité supérieure, puisque le gestionnaire du réseau a un contrôle total de l'accès sur des lignes allouées pour fixer un ordre de priorité du fret.

Figure 6.5. **Contrôle effectif du réseau sur le niveau de fiabilité**



Traduction : Effective level of control over network access = Niveau effectif de contrôle sur l'accès au réseau
 Mixed passenger/freight railway = Réseau ferré mixte voyageurs/marchandises ; Road = Réseau routier
 Freight railway with passenger trains permitted = Réseau ferré de marchandises, autorisé aux trains de voyageurs
 Freight railway = Réseau ferré de marchandises; Minimal = Faible ; Significant = Élevé

6.3 Application de la tarification à la fiabilité des réseaux

Cet exposé montre les difficultés liées à l'application d'une tarification de la fiabilité aux réseaux de transport. Tel est particulièrement le cas pour le réseau routier, dont l'accès est généralement ouvert à tous les usagers qui ont payé les taxes d'immatriculation et les droits d'accise sur les carburants. Voici maintenant quelques exemples de situations dans lesquelles la fiabilité a été améliorée par l'utilisation d'une tarification pour modérer la demande et où différents niveaux de fiabilité sont offerts.

6.3.1 *Gestion de la fiabilité par modulation de la demande*

Certains réseaux routiers utilisent les prix et les régulations pour contrôler l'accès aux routes, ce qui peut modérer généralement les volumes de trafic. Les systèmes de péage urbain à Stockholm et à Londres montrent comment le prix peut servir à modérer la demande.

Cependant, seules quelques routes dans le monde ont une tarification suffisamment dynamique pour s'adapter aux différents volumes de trafic. Dans ce cas, la condition essentielle est que l'accès à la route ne soit pas ouvert : l'entrée à la route est subordonnée au paiement d'un montant supplémentaire. Le responsable du réseau peut alors fixer un tarif d'accès influant sur les flux de trafic et, par conséquent, sur le niveau de fiabilité. La route inter-États I-15, dans la banlieue de San Diego, et les voies MnPASS à Minneapolis sont d'importants exemples d'application de ce principe. Les voies de la route inter-États I-680, dans le comté d'Alameda en Californie, actuellement en construction, en seront un troisième exemple.

Les routes ou les réseaux routiers à péage (comme dans le centre de Londres) ne sont pas rares. Cependant, ces péages sont soit fixes sur l'ensemble d'une période, soit soumis à des niveaux de tarification prédéterminés.

Les voies à péage allouées sur le corridor routier I-15 sont soumises à une « tarification dynamique ». Les prix sont fixés entre deux limites inférieure et supérieure. Cependant, le niveau de tarification appliqué à une heure donnée est déterminé par le volume de trafic. Les péages sont réajustés par intervalles de 6 minutes ; leur niveau est fixé de manière à attirer un niveau de demande pouvant assurer une vitesse constante. Le principal avantage du projet a été la fiabilité sur la ponctualité des usagers à l'arrivée.

Ces exemples montrent que la tarification peut servir à modérer la demande pour atteindre un niveau de fiabilité donné ou, au moins, supprimer le manque de fiabilité lié à un trafic « excessif ». Il convient encore de se demander s'il est possible d'appliquer cette méthode de tarification plus généralement sur l'ensemble du réseau. La réponse la plus probable pour le réseau routier, avec la technologie actuelle, est « non ». Les coûts de la technologie et autres coûts d'opération occasionnés par l'utilisation de ce système risquent d'être supérieurs aux avantages.⁶ Néanmoins, les exemples indiquent que dans certains cas, cette tarification peut être appliquée, mais pas sur l'ensemble du réseau.

Bien que les principes de tarification du réseau routier s'appliquent de la même manière au réseau ferré, l'utilisation du réseau ferré diffère fondamentalement, par nature, de celle du réseau routier. La tarification explicite des infrastructures ferroviaires n'a été adoptée que ces dernières années, et la tarification de *l'utilisation des infrastructures* n'est pas souvent appliquée pour modérer la demande. Il est vrai que la demande sur le réseau ferré est limitée, mais généralement par le fait d'une décision et jamais par le prix. Les décisions du responsable du réseau portent habituellement sur l'accès préférentiel des trains de voyageurs par rapport aux trains de marchandises.⁷

Encadré 6.2. Voies à péage sur la route I-15 et voies MnPASS (États-Unis)

Dans le cas étudié, la croissance du trafic routier avait réduit la fiabilité du réseau, en raison de l'augmentation des encombrements.

Une tarification destinée à offrir des temps de parcours fiables a été appliquée à des voies réservées. Les tarifs sont ajustés de façon à maintenir le niveau de fiabilité sur les voies à péage. Dans ce cas, la vitesse du trafic est une valeur de remplacement de la « fiabilité ». Le principe a été appliqué aux voies réservées sur la route I-15 reliant San Diego à ses banlieues satellites nord, et sur les voies MnPASS à Minneapolis (Minnesota). Troisième exemple, les voies réservées de la route I-680 dans le comté d'Alameda en Californie, en cours de construction, seront mises en service en 2010.

Le péage routier destiné à offrir un niveau de fiabilité donné est appelé « tarification dynamique ». Les tarifs varient en fonction des volumes de trafic sur la route avec un prix croissant pour dissuader d'utiliser, dans une certaine mesure, les voies à péage. Dans le cas de l'I-15, les tarifs sont réajustés par intervalles de 6 minutes ; leur niveau est fixé de manière à attirer un niveau de demande pouvant assurer une vitesse constante. Ces tarifs ont, indirectement, une vertu d'information auprès des usagers, avant l'accès à la section tarifée de la route : en particulier, s'ils sont relativement élevés, le trafic sera vraisemblablement très important sur les voies non tarifées (Brownstone et Small 2005, p. 281).

L'objectif de MnPASS au Minnesota est de « maintenir les flux de trafic et d'atténuer les encombrements. Si vous roulez seul et que vous voulez voyager plus confortablement et sans mauvaises surprises, ouvrez un compte MnPASS... » (MnPASS, non daté). Dans ce cas, il est évident que la tarification vise à offrir un temps de parcours constant en ajustant les tarifs dynamiquement, en fonction des volumes de trafic. Remarquons que la tarification est destinée à atténuer les encombrements, qui ne seront peut-être pas supprimés, mais dont on peut supposer qu'ils n'allongeront pas sensiblement les temps de parcours.

Les trois exemples présentés, l'I-15, le MnPASS et l'I-680, portent sur des voies de circulation. Mais cette « tarification dynamique » peut aussi être appliquée à des routes (à péage) séparées. L'étude de cas est un exemple de la relation étroite entre la tarification de la fiabilité et la tarification de la congestion. Un tarif appliqué à une route ou à un tronçon routier spécifique a nécessairement beaucoup plus de chances d'offrir un niveau de fiabilité donné qu'une tarification zonale (cordon ou section), s'appliquant à tout un réseau routier.

Le point essentiel de cette étude de cas est donc la réservation d'une partie de l'espace routier aux personnes prêtes à payer pour y avoir accès, ainsi que la variation des tarifs afin de maintenir une certaine vitesse de circulation ou un certain temps de parcours sur l'ensemble de la liaison routière.

Sources : 680 Smart Lane (non daté), « Frequently asked questions about the southbound I-680 Express Lane », site Web de la voie express I-680 : www.680smartlane.org/faq.html ; Brownstone et Small (2005) ; MnPASS (non daté), « MnPASS. What is it? How does it work », site Web du MnPASS : www.mnpass.org.

Les niveaux élevés de fiabilité des trains de voyageurs conduisent souvent à empêcher l'exploitation des trains de marchandises ou à limiter sévèrement le nombre de sillons. L'encadré 6.3 ci-dessous montre que les autorités aux Pays-Bas et en Australie ont choisi, au contraire, de construire des lignes ferroviaires réservées aux marchandises (ligne de la Betuwe et ligne de fret de Sydney sud, respectivement), au lieu de rechercher un accès souvent peu fiable sur une voie ferrée où les trains de voyageurs bénéficient d'une priorité (non tarifée) et d'une fiabilité élevée.

Encadré 6.3. Lignes ferroviaires réservées au fret (Pays-Bas et Australie)

Le fret ferroviaire avait des difficultés d'accès aux terminaux. L'interface entre les trains de marchandises et de voyageurs, en particulier, entraînait des problèmes dans l'allocation des sillons et dans l'exploitation des trains, qui se manifestaient par des retards.

Aux Pays-Bas et en Australie, les pouvoirs publics ont augmenté la capacité ferroviaire. Toutefois, dans les exemples ci-dessous, la capacité a été allouée exclusivement au trafic de fret. Comme dans les exemples des « voies réservées aux véhicules lents » pour le fret routier, la séparation des trains de marchandises et des trains de voyageurs vise à améliorer les performances du réseau par une consolidation des trains aux caractéristiques semblables.

En 2007, la ligne ferroviaire à deux voies de la Betuwe, longue de 160 km et réservée au fret, a été ouverte. Elle assure une desserte courte entre le port de Rotterdam et l'Allemagne, ainsi qu'une capacité supplémentaire. La principale caractéristique de l'investissement est que la ligne, financée par les pouvoirs publics, est « ...exclusivement destinée aux trains de marchandises, ce qui pour un prestataire de services logistiques ou un chargeur signifie des délais d'attente plus courts, un nombre d'arrêts moins important, ainsi qu'une plus grande disponibilité, ponctualité et, par conséquent, fiabilité » (Rail Cargo, non daté).

La ligne de fret de Sydney sud, longue de 36 km, et financée par le secteur public, s'appuie sur une philosophie similaire. Elle permettra l'exploitation des trains de marchandises sur le corridor interurbain sud jusqu'à Sydney, indépendamment des trains de voyageurs. Actuellement, les trains de marchandises ne traversent pas cette zone pendant les heures de migrations pendulaires, ce qui cause un goulet d'étranglement dans les flux de fret. La fiabilité des trains de marchandises peut être maintenue sur la liaison de 1 000 km entre Sydney et Melbourne, mais la qualité de service peut être réduite, en raison des perturbations dues aux trains de voyageurs, dans la région de Sydney. Les avantages liés à la suppression des empêchements occasionnés aux trains de marchandises sur ce corridor comprennent l'amélioration de la fiabilité des trains de marchandises et la réduction des retards pour les trains de voyageurs, dus au conflit entre les deux types de trains (Australian Rail Track Corporation, non daté, p. 1).

Ces deux exemples d'investissements dans les infrastructures diffèrent des autres améliorations de la capacité, car ils impliquent la séparation des trains de marchandises et des trains de voyageurs. En substance, cette séparation assure la solidité des services de trains spécifiques aux voyageurs et aux marchandises, les performances des premiers influant uniquement sur les trains de voyageurs, et des deuxièmes sur les trains de marchandises. Comme pour les voies réservées aux véhicules lents sur la route, le principe est que la séparation physique entre les marchandises et les voyageurs présentera des avantages en termes de fiabilité. Les caractéristiques opérationnelles (longueur du train, modes de vitesse, d'accélération et d'arrêt) des deux types de trains se distinguent nettement ; c'est pourquoi la séparation vise à apporter des avantages en termes de performances, en réduisant le conflit potentiel dans les vitesses de trains occasionnant les retards.

Cependant, contrairement aux voies à péage pour véhicules lents, il n'y a pas de supplément de prix explicite imposé aux usagers des lignes réservées au fret. Cela signifie que l'amélioration de la fiabilité est assurée pour tous les opérateurs de fret. Comme le fait remarquer Badcock (2007), à 1.15 EUR par kilomètre-train, la tarification de l'accès est identique sur la nouvelle ligne et sur le reste du réseau néerlandais.

Comme pour les voies routières réservées aux véhicules lents, les voies ferroviaires réservées aux marchandises ne sont pas un remède à tous les problèmes de congestion. Dans les deux cas, il existe des avantages potentiels en termes de fiabilité, liés au supplément de capacité. Ce dernier doit encore être soumis aux évaluations financières et économiques habituelles.

Sources : Australian Rail Track Corporation, Badcock (2007), Rail Cargo Netherland.

Des exemples d'infrastructures pour véhicules lents existent aux Pays-Bas, où des voies réservées aux poids lourds et aux autocars ont été aménagées sur des sections de 5.3 km et 3.4 km de la route de contournement de Rotterdam A16/A20. Les résultats des évaluations montrent qu'en cas d'encombrements, les poids lourds et les autocars bénéficient d'un gain de temps moyen de 3.5 minutes (Rijkswaterstaat 2004). Une approche similaire est envisagée aux États-Unis, où des voies à péage pour véhicules lents ont été proposées ; ces voies seraient destinées, contre paiement d'un péage, à l'usage exclusif des poids lourds.

Dans le secteur ferroviaire, le contrôle de l'accès et la hiérarchisation du trafic peuvent offrir des moyens d'action monétaires supplémentaires en matière de fiabilité. Le contrôle peut notamment assurer l'exploitation des trains en fonction des créneaux (sillons) alloués aux usagers du réseau. Les solutions disponibles aux responsables de réseaux ferrés sont les suivantes :

- **Régime de performance.** Les opérateurs de trains peuvent être financièrement pénalisés en cas d'un retard dont ils sont responsables (comme dans les « régimes de performance » britanniques). Sur les réseaux ferrés très encombrés, en particulier, les retards influent sur la fiabilité des autres trains. Par conséquent, l'application de pénalités incite l'opérateur à exploiter ses trains dans son créneau horaire et à traiter les causes de non-fiabilité⁸. Les régimes de performance peuvent aussi être appliqués au responsable du réseau, afin de donner la priorité nécessaire aux opérateurs de trains tiers. Ainsi, il existe des régimes de performance entre Amtrak (opérateur de trains de voyageurs nationaux longue distance aux États-Unis) et les propriétaires et gestionnaires d'infrastructures ferroviaires de fret, soumis à un régime de primes et de pénalités pour l'exploitation des trains Amtrak en fonction des horaires fixés.⁹
- **Attribution de sillons prioritaires.** En Australie, le responsable du réseau ferré national propose des sillons horaires prioritaires, plus chers (« super premium »). Le principe de ce régime prioritaire est que les trains en question seront également prioritaires sur les autres trains, en cas de retard. En somme, les sillons prioritaires peuvent aussi inclure des niveaux de fiabilité plus élevés. Comme le montre la figure 6.4, il convient d'attribuer des sillons largement prioritaires aux services premium, pour assurer une fiabilité élevée, ce qui peut impliquer l'intégration d'une capacité (essentiellement) excédentaire. Le régulateur de trains donne en fait une priorité en temps réel à ces services. Contrairement aux réseaux routiers, un gestionnaire d'infrastructure ferroviaire peut abandonner ou abaisser la qualité de service ou en dissuader la clientèle, sur une activité à faible marge, en baissant le prix si les exigences des usagers du réseau ne s'avèrent pas rentables.

Il existe des exemples de plans d'incitation semblables, mais indirectement monétaires par nature. Les opérateurs peuvent être pénalisés sur le plan de l'exploitation par une reprogrammation des trains en retard. Ainsi, le nouveau tunnel du Lötschberg en Suisse utilisera jusqu'à 97 % de sa capacité. En conséquence, le retard d'un train aura un effet de vague immédiat sur la fiabilité des trains suivants. Pour résoudre ce problème, les trains en retard seront reprogrammés : si un train a plus de cinq à sept minutes de retard, il perdra son sillon et devra attendre le prochain sillon libre pour pénétrer dans le tunnel (International Railway Journal 2007).

Encadré 6.4. Voies pour véhicules lents, gratuites ou à péage (États-Unis)

Les voies pour véhicules lents ont été et sont envisagées dans plusieurs États américains. Une proposition plus large consisterait à aménager des voies pour véhicules lents sur la route I-70, qui traverse plusieurs États d'est en ouest. La politique des voies *pour* véhicules lents contraste avec la contre-politique *limitant* la circulation des poids lourds à une voie (généralement), laquelle reste une voie de circulation générale. C'est le cas, par exemple, de la Floride qui a appliqué une « limitation des voies accessibles aux poids lourds » sur certaines parties de la route inter-États I-95 (Florida Department of Transportation Research, 2008, n.p.). Cette pratique a également été adoptée sur certaines routes, dans les États de l'Alabama, du Delaware, de la Géorgie et du New Jersey. L'objectif principal des limitations de voies est la sécurité, notamment la sécurité des voitures particulières, qui est recherchée par l'affectation des poids lourds à des voies spécifiques. L'objectif secondaire est d'améliorer les performances d'exploitation du réseau, notamment pour les *voitures*. Il n'est donc pas surprenant qu'une conséquence reconnue de ces limitations soit le *ralentissement* des déplacements de poids lourds (voir notamment Moses 2007, passim).

Deux solutions importantes sont étudiées actuellement à travers les États-Unis : les voies pour véhicules lents (TOL) et les voies à péage pour véhicules lents (TOT). Les TOL impliquent qu'aucune tarification directe pour l'accès aux infrastructures ne sera imposée aux usagers. Le financement sera donc plus difficile.

L'objectif des TOT est de faciliter le financement des voies et d'influer sur les modes d'utilisation et, de cette façon, sur le niveau de fiabilité. Malgré les recherches, une étude des TOT, réalisée en 2005 dans l'État de Géorgie a conclu que « la fiabilité du déplacement est un avantage potentiel important des TOT qui ne peut pas être facilement mesuré » (SRTA 2005, réunion du comité de pilotage du 25 mars 2005). Une autre étude, réalisée ultérieurement par le ministère des Transports de Géorgie, a défini la fiabilité des délais de livraison des marchandises comme un des principaux objectifs de performance des TOL. Elle a recommandé la construction de voies, sans préciser leur nature (TOL ou TOT), sur l'I-75 au nord et au sud d'Atlanta, sur l'I-20 à l'ouest d'Atlanta et sur une partie de l'I-285 à l'ouest d'Atlanta. Elle a indiqué que ces voies nécessiteraient un financement public « majeur » et que « d'autres » financements pourraient être envisagés, mais « probablement sous certaines conditions ». Le résumé de l'étude ne mentionne pas les avantages liés à la fiabilité (Georgia Department of Transportation, 2008, passim).

En 2007, le ministère américain des Transports a déclaré « corridors du futur » six itinéraires interétatiques qui pourraient être utilisés pour développer des moyens « innovants » de traiter la congestion, comme la construction de voies pour véhicules lents. Les études de l'I-15 et de l'I-95 portaient spécifiquement sur l'amélioration de la fiabilité. La fiabilité du fret peut être influencée par la séparation des voies, mais elle l'est davantage par l'application de péages variables. Dans le cas de l'autorité chargée des routes gratuites et à péage de Géorgie (SRTA), la stratégie de tarification des voies pour le fret consisterait à définir « un coût au kilomètre qui maintienne un niveau de service sur les voies TOT assurant une plus grande fiabilité des transports » (SRTA 2005, p. v).

L'analyse soulève la question de savoir si les transporteurs de marchandises seraient tenus d'utiliser les voies à péage. L'étude de 2005 à Atlanta supposait que les opérateurs ne seraient pas tenus d'utiliser les voies (SRTA 2005, p. 3). Comme l'a fait remarquer Saporta, il existe des désaccords à ce sujet. Les entreprises de transport prônaient la liberté de choix, tandis que les bailleurs de fonds potentiels souhaitaient que les poids lourds soient tenus d'utiliser les voies, afin d'obtenir des recettes suffisantes pour financer ces dernières (Saporta 2008). À l'heure actuelle, il n'existe pas d'exemple d'exploitation de voies à péage pour véhicules lents. Il est probable que l'aménagement a posteriori de voies pour véhicules lents sur les routes existantes soit très coûteux. C'est ce que les planificateurs en Géorgie ont reconnu. En tout état de cause, pour évaluer l'intérêt de ces projets en termes de fiabilité, il convient de faire une distinction entre les avantages liés à une augmentation de la capacité et les avantages liés à la séparation des transports de marchandises et des transports de personnes.

L'intérêt des voies pour véhicules lents dans l'optimisation de la fiabilité doit être apprécié en fonction des conditions d'accès à cette capacité. La fiabilité ne peut être influencée, si la capacité est fournie aux usagers du fret sans tarification directe. Si ces voies deviennent très fréquentées, l'absence d'un mécanisme de tarification ne permettra pas le maintien des niveaux de fiabilité. Les voies pour véhicules lents ne sont pas un remède à tous les problèmes de congestion. Elles présentent des avantages en termes de fiabilité, parce qu'elles assurent une capacité supplémentaire et qu'elles offrent aux usagers du fret la possibilité de payer pour un niveau de fiabilité plus élevé.

Sources : Florida Department of Transportation Research (2008), Georgia Department of Transportation (2008), Moses (2007), Saporta (2008), State Road & Tollway Authority (2005), US Department of Transportation (2007).

6.3.2 Offre de différents niveaux de fiabilité

La fiabilité du réseau peut être améliorée par une tarification de l'infrastructure visant à limiter la demande, comme sur l'I-15, qui offre un niveau de fiabilité donné. Les responsables de réseaux routiers peuvent aussi utiliser la tarification pour offrir différents niveaux de service, bien que la tarification ne soit pas, en général, directement adaptée à la fiabilité. Les routes à péage parallèles aux routes publiques (par exemple, la route à péage M6, longeant l'autoroute publique M6 dans les Midlands au Royaume-Uni) offrent la possibilité aux voyageurs et aux usagers du fret de payer pour obtenir (probablement) une fiabilité plus élevée. C'est une forme simple grâce à laquelle la tarification peut permettre d'offrir différents niveaux de fiabilité. Cette « simplicité » peut néanmoins être optimale, dans la mesure où les coûts d'opération liés à ce niveau de fiabilité supplémentaire (particulièrement élevé) peuvent être très élevés.

L'efficacité technique de la tarification des routes et des réseaux routiers dépend de la possibilité de fixer une tarification satisfaisant la demande de fiabilité des usagers du réseau et de supporter des coûts liés à l'application du système très modestes par rapport aux avantages obtenus.

L'accès et l'utilisation des voies ferrées étant limités, l'offre (et la tarification) d'une fiabilité différenciée est plus aisée. Ceci dit, il convient de se rappeler qu'il est probablement impossible pour les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires, d'un point de vue économique, d'offrir le niveau de service *le plus élevé* (temps de parcours et fiabilité). Les gestionnaires peuvent considérer que leur activité consiste à assurer « un juste milieu » en termes de fiabilité, en offrant une gamme de services intermédiaires entre un service relativement fiable et lent et un service généralement fiable et rapide. Par exemple, bien que les gestionnaires américains aient des volumes d'activité importants correspondant aux services sensibles au temps de la société UPS, ils n'assurent pas l'ensemble du marché UPS. Cette entreprise utilise énormément le train aux États-Unis mais, en 2007 par exemple, elle a adopté la route pour une partie de ses activités, les services express « Fast Lane », parce que le train ne pouvait pas lui offrir la rapidité nécessaire.¹⁰ On peut imaginer que les réseaux ferrés auraient pu atteindre les niveaux exigés pour ce service, en donnant la priorité aux trains UPS. Mais cela n'aurait été possible qu'en échange d'une part considérable de la capacité ferroviaire, c'est-à-dire en interdisant la circulation de nombreux autres trains ou en construisant une importante capacité supplémentaire.

Dans ce contexte, remarquons que le train ne tente pas d'offrir les niveaux de fiabilité les plus élevés. Bryan *et al.* concluent que les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires américains ne cherchent pas à atteindre la meilleure qualité de service :

« ...la capacité ferroviaire intermodale semble s'être orientée vers le marché international de conteneurs, où la demande de service est généralement moins élevée [que dans les transports nationaux de conteneurs à priorité élevée] » (Bryan *et al.* 2007, p. 7).

Cette stratification des activités est courante dans le secteur ferroviaire :

« Les opérations intermodales haut de gamme et quelques autres opérations mises à part, les transports ferroviaires peuvent être plus lents, demander des délais plus longs et présenter une fiabilité moins élevée que les transports routiers. » (*Ibid.*, p. 208).

Le fait que le train offre des services plus lents et moins fiables, ainsi que des services plus rapides et très fiables peut, toutefois, refléter les besoins des chargeurs. Ces derniers préféreront des services plus fiables, mais ne sont peut-être pas prêts à payer pour une telle fiabilité.

Sur les réseaux ferrés très fréquentés, il ne serait probablement pas rentable d'offrir des services à fiabilité élevée. De fait, dans la seconde moitié du XX^e siècle, les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires américains ont complètement abandonné les services horaires, afin d'améliorer leurs performances financières ; les trains partent lorsqu'ils atteignent une certaine longueur. Cependant, depuis le début du siècle, les chargeurs sont de plus en plus disposés à payer pour une certitude plus élevée concernant les livraisons (demandée sur les services ferroviaires intermodaux en forte croissance). Ce phénomène a conduit les gestionnaires nord-américains à s'engager dans un vaste projet de réadoption des services horaires pour certaines marchandises.¹¹

Les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires américains ont également adapté leurs niveaux de fiabilité d'autres manières pour répondre aux besoins des clients. En particulier, ils ont aménagé les transports de charbon depuis les mines, pour satisfaire les besoins des centrales électriques : ils se sont engagés à livrer un volume donné de charbon dans un délai donné, et non de garantir l'heure d'arrivée d'un train donné.

Certains produits des gestionnaires d'infrastructures ferroviaires nord-américains intégrés offrent des exemples d'application directe de la tarification pour une offre de fiabilité différenciée :

- Le produit ferroviaire conjoint Union Pacific-CSX, Express Lane, est un service de fret rapide pour les chargeurs souhaitant transporter des denrées périssables entre la Californie et la côte Pacifique nord-ouest d'une part, et la côte nord-est et la Floride, d'autre part. Les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires encourrent une pénalité si les marchandises arrivent en retard (voir encadré 6.5.).
- Comme indiqué au chapitre précédent, Union Pacific et CSX, conjointement avec Railex, exploitent des trains de produits frais entre l'État de Washington et l'État de New York, en garantissant une livraison dans un délai d'à peine 5 jours. Ce service est à comparer avec la seule option existant auparavant, un délai non garanti de 12-14 jours. Le contrat garantit aux agriculteurs que les produits arriveront sur le marché sans dommage et dans un état commercialisable (voir encadré 6.5.).
- BNSF Railway offre une garantie de ponctualité de 100 % sur ses services BNSF Premium et Expedited contre un supplément de 15 %.¹²
- Norfolk Southern et Union Pacific proposent un service haut de gamme Los Angeles-Atlanta, Blue Streak, offrant différents niveaux de fiabilité. Le produit « Standard » offre un accès aux trains Blue Streak, en fonction des disponibilités. Le produit « Premium » offre aux chargeurs un créneau prioritaire, un suivi du fret et une amélioration des délais de livraison et de mise à disposition. Le produit « SuperFlyer » garantit la disponibilité du matériel et la ponctualité des livraisons. Si un chargement SuperFlyer ne peut pas être enlevé à l'heure prévue, le transport n'est pas facturé au chargeur.

Encadré 6.5. Offre de services de trains fiables– Le service Express Lane d’UP/CSX (États-Unis)

Cette étude de cas montre un service proposant différents niveaux de fiabilité. Avec le produit Express Lane, le gestionnaire d’infrastructure ferroviaire fait en sorte que la probabilité d’arrivée des marchandises dans un créneau horaire donné soit élevée. Le service est tarifé et commercialisé comme un produit haut de gamme, bénéficiant de garanties de délai de livraison et de remboursement.

Les Express Lane d’Union Pacific/CSX assurent le transport de denrées périssables à travers les États-Unis dans des trains de marchandises classiques. Les wagons sont attachés et détachés. La manutention supplémentaire des marchandises augmente donc implicitement les risques de retard par rapport aux trains unitaires.

Les temps de parcours d’Express Lane par rapport à Railex (encadré 5.9) reflètent cette manutention supplémentaire. Toutefois, dans les deux cas, le gestionnaire d’infrastructure ferroviaire offre une garantie de délai de livraison maximal. Les trains Railex garantissent une livraison dans les 5 jours et les trains Express Lane garantissent une livraison comprise entre 5 et 10 jours (selon la destination sur la côte est). L’équipement de suivi et les capteurs embarqués offrent aux gestionnaires et aux chargeurs les informations facilitant l’acheminement du train et la planification logistique, lorsque les marchandises arrivent à destination.

La caractéristique principale de ce service est qu’un prix supplémentaire est facturé pour garantir la fiabilité ; de leur côté, les gestionnaires d’infrastructures ferroviaires sont incités à respecter leur garantie en raison de l’indemnité pécuniaire à verser en cas de non-respect d’un niveau de service donné. Ainsi, les chargeurs disposent d’un marché en matière de fiabilité du niveau de service, et le mécanisme d’indemnisation incite les gestionnaires d’infrastructures ferroviaires à offrir le niveau convenu.

Pour le produit Express Lane, Union Pacific et CSX garantissent la fiabilité du service et remboursent le chargeur si les marchandises n’arrivent pas à l’heure à destination. BNSF Railway offre une garantie de remboursement semblable pour une gamme de services et de marchandises. Par exemple, les services spécifiques « BNSF Premium » et « BNSF Expedited » sont proposés aux chargeurs contre un supplément de 15 % sur les tarifs de fret ordinaires.

Cette étude de cas montre qu’un marché de la fiabilité est possible. Ce dernier dépend toutefois de la capacité d’offrir différents niveaux de fiabilité. Il est possible d’offrir un certain degré de fiabilité différenciée. Il en est ainsi lorsque les opérateurs (même lorsqu’ils sont gestionnaires d’infrastructures) peuvent fixer des priorités de circulation des trains ou payer pour une hiérarchisation des trains (en cas de séparation verticale entre l’exploitation des trains et la gestion des infrastructures).

Les nouveaux services prioritaires ferroviaires et intermodaux sont relativement récents aux États-Unis. Le développement et l’extension de ces services indiquent qu’il existe bien un marché pour ces niveaux de qualité plus élevés. Cependant, il serait relativement limité et, de fait, ce que les clients demandent est la ponctualité, et non les garanties de remboursement :

« La demande de ces services, même si elle s’améliore, n’est pas nécessairement large. Un usager des chemins de fer a suggéré que les chargeurs ne voulaient pas de garanties de remboursement, mais que leur fret arrive à une destination déterminée, à une heure déterminée. Un autre a indiqué que le marché de ces services rapides n’était pas encore bien développé. » (Progressive Railroading 2003).

Cependant, si la garantie de remboursement peut donc être considérée comme un faible dédommagement contre le manque de fiabilité, elle présente l’intérêt d’inciter fortement les opérateurs de trains à offrir un service fiable, notamment parce que les chargeurs payent pour cette qualité.

Source : Entrepreneur.com (2007), Progressive Railroading (2003).

Un domaine connexe dans lequel différents niveaux de fiabilité peuvent être assurés est l’atténuation du manque de fiabilité. Comme indiqué au chapitre suivant, les personnes qui accordent une grande valeur à la fiabilité (c’est-à-dire celles qui sont prêtes à payer pour une fiabilité plus élevée),

peuvent souvent avoir accès à des services d'information de grande qualité, sur abonnement. Ainsi, pour s'orienter, les usagers peuvent utiliser une simple carte routière ou un système de suivi GPS payant. De même, ils peuvent disposer de systèmes d'information « en direct » payants, qui fournissent des informations actualisées plus utiles que les systèmes gratuits. Ainsi, le choix de différents niveaux de fiabilité peut être limité, mais le choix de différents niveaux de systèmes d'*atténuation* de la non-fiabilité peut être vaste.

6.4 Conclusions

Les principes et les applications de la tarification de la fiabilité des transports ont été examinés. Lorsque le manque de fiabilité est lié aux flux de trafic (essentiellement sur les liaisons encombrées), la tarification peut, en principe, servir à modérer la demande, en fonction nécessairement de la possibilité de limiter l'accès. Il existe peu de situations réelles dans lesquelles l'accès a été limité et cette tarification sensible à la fiabilité a été appliquée. La « tarification dynamique » sur l'I-15 en est un des rares exemples. Grâce à ce système de tarification, les automobilistes ont de fortes chances, sur cette route, d'avoir des temps de parcours fiables (dans la mesure où la fiabilité peut être offerte en plafonnant les volumes de trafic). Le système dépend de la capacité de la tarification à exercer un effet approprié sur le comportement de transport. Si les prix sont limités à la hausse, un accroissement important du trafic pourrait, en définitive, réduire la fiabilité.

En principe, grâce au contrôle d'accès et à la tarification, les chemins de fer sont mieux à même d'utiliser la tarification pour offrir un niveau de fiabilité constant. Dans la pratique, c'est leur contrôle de l'accès au réseau, plutôt que le prix, qui sert à limiter la demande. Ce pouvoir de décision sur l'accès permet de construire des horaires assez souples pour ne pas réduire sensiblement la fiabilité. Néanmoins, il y aura toujours un équilibre nécessaire entre l'ajout de trains supplémentaires et l'effet que ces trains auront sur la fiabilité du réseau.

Les régimes de performance et les incitations sur le plan de l'exploitation sont des exemples d'utilisation de la tarification, dans le secteur ferroviaire, comme mécanisme pour offrir un niveau de fiabilité. Les régimes de performance incitent commercialement les usagers et les responsables de réseaux à gérer le manque de fiabilité qu'ils peuvent maîtriser ; ces sources du manque de fiabilité ont un impact sur les autres usagers.

Il existe des exemples dans lesquels différents niveaux de fiabilité sont offerts sur le réseau routier. Une personne qui paye pour emprunter une route à péage s'attend à bénéficier d'un temps de parcours plus court *et* d'une fiabilité plus élevée que sur la route publique parallèle, qui est gratuite. Mais les opportunités d'offre de routes à péage sont limitées ; les possibilités d'offrir différents niveaux de fiabilité pour constituer des réseaux à fiabilité élevée et des réseaux à fiabilité faible seront toujours relativement limitées.

La nécessité de reconnaître l'hétérogénéité des usagers du réseau est une question essentielle pour offrir une fiabilité optimale. Comme le montre le secteur énergétique, les solutions politiques doivent prendre en compte la diversité des souhaits des usagers en matière de fiabilité. Le coût des coupures (et donc la valeur de la fiabilité) varie très largement entre les usagers. Une solution de tarification utilisant un produit moyen et un prix moyen laisseront d'importants usagers insatisfaits.

Les réseaux de transport sont de moins en moins fiables, à mesure que la capacité est de plus en plus utilisée. Il est peu probable que les besoins des différents usagers soient satisfaits, à moins qu'une distinction entre les usagers puisse être réalisée de façon rentable. Ceci dit, les solutions politiques pour optimiser la fiabilité par la tarification ne sont réalistes que s'il est rentable de différencier les produits en

fonction des usagers. Si les coûts liés à la différenciation des usagers sont importants, la tarification risque de ne pas offrir une solution politique viable.

NOTES

1. Les horaires d'ouverture pour la réception et la livraison dans les terminaux portuaires de Brisbane (Australie) en sont un exemple. Les importateurs et exportateurs se sont plaints des longues files d'attente aux terminaux. Les services de chargement et de déchargement ont réagi en allongeant les horaires d'ouverture de nuit, mais « mais les enlèvements et les opérations avant livraison ont été peu nombreux la nuit, les armateurs préférant opérer pendant les horaires d'ouverture habituels ». Australasian Freight Logistics (2009), pp. 10-11.
2. Il est très probable qu'un chargeur ne dispose que d'un mode de transport. La figure montre l'ensemble du marché et non les options disponibles pour chaque chargeur.
3. Voir, par exemple, le site Web de PierPASS : www.pierpass.org/about_pierpass.
4. Ou, tout au moins, le gestionnaire d'infrastructure peut offrir une fiabilité différenciée, lorsqu'il peut la maîtriser. Certaines sources de non-fiabilité ne peuvent pas être totalement maîtrisées, comme l'effet du mauvais temps, même si le gestionnaire peut, dans une certaine mesure, influencer sur le niveau de vulnérabilité à ces événements.
5. Comme indiqué sur la figure 6.4, le niveau d'utilisation de la capacité influe sur la ponctualité du train.
6. Cela n'exclut pas, cependant, l'utilisation d'autres méthodes rentables pour améliorer la fiabilité.
7. Cette priorité n'est pas souvent reflétée dans le tarif d'accès. Remarquons également que tous les gestionnaires d'infrastructures ferroviaires ne donnent pas la priorité aux trains de voyageurs, même s'ils peuvent recevoir des incitations financières complémentaires de la part des opérateurs pour donner la priorité aux trains de voyageurs. Voir, par exemple, les modalités convenues entre Amtrak, opérateur américain de trains de voyageurs longue distance, et les réseaux ferrés de fret, p. 145. Voir aussi l'étude de cas américaine sur les voies réservées aux véhicules lents où, encore une fois, les décisions des pouvoirs publics visent à limiter les poids lourds à certaines voies de circulation, afin d'améliorer les performances dans l'exploitation du trafic de voitures particulières.
8. Lorsqu'un gestionnaire d'infrastructure ferroviaire est intégré et n'a pas d'opérateurs tiers sur son réseau, l'impact d'un retard est internalisé au sein de la société : il n'y a pas d'impact externe et, par conséquent, il n'y a pas d'intérêt à appliquer un système de pénalités sur l'exploitation des trains.
9. Bureau of Transport and Regional Economics (2003) fait remarquer : « Il existe un régime de performance fondé sur la ponctualité entre l'opérateur de trains de voyageurs américain Amtrak et les propriétaires d'infrastructures de fret, dans la mesure où les propriétaires d'infrastructures de fret sont récompensés ou pénalisés selon les variations par rapport au niveau convenu de ponctualité. » (p. 142).
10. Committee on Transportation and Infrastructure (2006).
11. Ainsi, en 1998, Canadian National a adopté des services horaires ; en 2003, Norfolk Southern a introduit progressivement son « plan d'exploitation optimal », qui comprend l'adoption de services horaires et le suivi des marchandises en temps réel.
12. Voir Thuermer (2003).

PRINCIPAUX MESSAGES

- La demande de fiabilité varie en fonction du produit, de l'utilisateur et du temps, de sorte que les prix peuvent constituer un moyen important de communiquer ces préférences.
- Les responsables des réseaux de transport de surface n'identifient généralement pas la fiabilité comme une caractéristique de service spécifique ; aucun prix n'est appliqué à la fiabilité et, plus généralement, il n'existe pas de marché de la fiabilité.
- En l'absence d'un système de tarification, il manque des indications capitales sur les niveaux qu'il convient de fixer pour le réseau.
- L'optimisation de la fiabilité ne signifie pas la maximisation de la fiabilité : même s'il était possible d'obtenir une fiabilité à 100 %, les coûts seraient supérieurs aux avantages.
- Les coûts d'opération élevés, liés à la différenciation de la fiabilité entre les usagers, peuvent aussi dépasser les avantages. Il s'ensuit que toutes les exigences des usagers en matière de fiabilité ne seront pas satisfaites.
- Pour les réseaux routiers, l'utilisateur ne dispose généralement que d'un niveau de fiabilité ; il est possible qu'une route à péage parallèle offre le seul autre niveau de fiabilité disponible.
- Dans le secteur ferroviaire, l'accès des usagers au réseau est limité et la circulation sur le réseau est contrôlée. Il est donc possible d'offrir un niveau de fiabilité relativement constant aux clients souhaitant un niveau de service donné, bien qu'une offre de niveau de fiabilité très élevé ne soit probablement pas optimale.
- Dans la pratique, les possibilités d'utiliser les prix pour offrir différents niveaux de fiabilité répondant aux préférences des usagers du réseau sont donc limitées.

7. INFORMATION ET LIMITATION DES IMPACTS DE LA NON-FIABILITÉ

Ce chapitre porte sur le rôle de l'information pour atténuer les impacts négatifs de la non-fiabilité. La fiabilité du temps de parcours dépend des attentes de l'utilisateur concernant le temps de parcours. Ces attentes peuvent varier selon les informations disponibles. Grâce aux progrès techniques, l'offre d'informations en temps réel aux usagers du réseau peut être de plus en plus rentable. Les informations sur la circulation peuvent aider les usagers à adapter rapidement leur comportement.

Les gestionnaires d'infrastructures peuvent faciliter l'utilisation du réseau et réduire l'impact de la non-fiabilité en informant les usagers des conditions de circulation existantes. Les informations n'empêchent pas la survenue d'un incident, mais réduisent les coûts liés à l'incident. Elles peuvent donc atténuer le manque de fiabilité et réduire « l'effet de vague » ou « l'effet boule de neige ».

7.1 Rôle de l'information

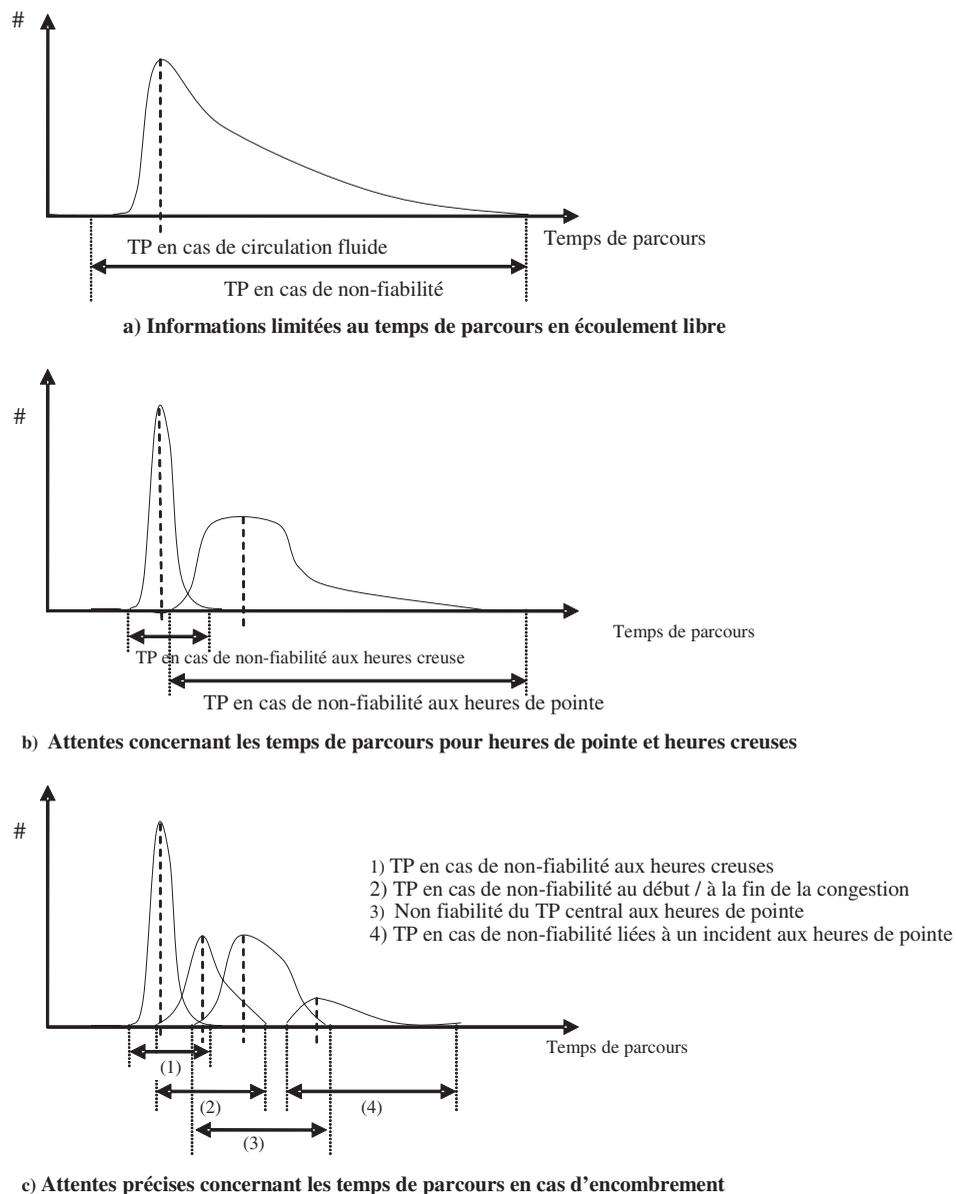
L'information joue un rôle important dans la gestion de la fiabilité. Concernant les temps de parcours, une question essentielle est de savoir si l'utilisateur du réseau subit des retards récurrents ou non récurrents. Si les retards sont récurrents et prévisibles, les usagers peuvent atténuer les effets les plus importants de ces retards en adaptant leur programme pour les prendre en compte. Un usager occasionnel ne sera pas au courant de ces retards récurrents, *sauf* s'il en est informé.

L'offre d'informations permet à l'utilisateur du réseau d'adapter son comportement de transport (horaires et itinéraires) et d'atténuer les conséquences d'une arrivée en retard à destination. Par exemple, un retard sur un itinéraire peut être inévitable, s'il n'existe pas d'itinéraires bis ou s'il est trop tard pour changer d'itinéraire, mais dans ce cas, l'information peut au moins rassurer l'utilisateur sur l'ampleur du retard ; elle permet aussi à l'utilisateur d'avertir ses interlocuteurs sur le lieu de destination qu'il sera en retard, facilitant ainsi la reprogrammation des activités à destination.

La figure 7.1 montre le rôle de l'information. Mieux l'utilisateur (dans le cas présent, un automobiliste) est informé, plus le temps de parcours *prévu* se rapproche du temps de parcours réel et, par conséquent, plus la fiabilité du temps de parcours est élevée. Si les gestionnaires d'infrastructures peuvent indiquer la variabilité du temps de parcours à différentes heures de la journée, le manque de fiabilité peut être réduit.

Lorsque le gestionnaire d'infrastructure n'a pas donné d'informations sur les temps de parcours au conducteur, il est probable que les connaissances de l'utilisateur seront limitées au temps de parcours en cas de circulation fluide, qui peut être déduit de la *vitesse moyenne prévue* selon le type de route et la distance. Dans ce cas, la fiabilité des temps de parcours est très faible, si l'on se déplace dans une zone encombrée. Une faible fiabilité est liée à une distribution de la fréquence des temps de parcours très large, avec une vaste gamme de temps de parcours possibles. Si le conducteur est informé sur les temps de parcours aux heures de pointe ou aux heures creuses, et sur les attentes liées aux retards (c'est-à-dire, s'il est informé des retards récurrents), le manque de fiabilité des temps de parcours sera réduit. Enfin, les conducteurs ayant une bonne connaissance des conditions de circulation qu'ils sont susceptibles de rencontrer (migrateurs pendulaires ou usagers disposant d'informations très précises sur les temps de parcours d'une autoroute) peuvent prédire les temps de parcours avec une fiabilité relativement élevée.

Figure 7.1. **Variation du manque de fiabilité des temps de parcours en fonction de l'information des conducteurs sur une autoroute à plusieurs voies**



Source : Soriguera et Robusté (2008).

Dans ce cadre, la relation entre la variabilité du temps de parcours et la fiabilité n'est pas directe, puisqu'une route supportant un trafic lourd aux heures de pointe et présentant des variations importantes des temps de parcours en fonction de l'heure de la journée, pourrait aussi être fiable, si des informations précises étaient fournies au conducteur et s'il existait un système de gestion des incidents performant. À l'opposé, une route soumise à une moindre variabilité du temps de parcours pourrait être très peu fiable pour un conducteur qui ne serait pas informé.

Encadré 7.1. Valeur de l'information

De nombreux éléments montrent que les voyageurs accordent une valeur élevée aux informations sur les temps de parcours. Les pilotes de ligne informent généralement les passagers sur l'heure d'arrivée prévue et sur tout retard attendu. Dans une étude sur les préférences des automobilistes, Harder *et al.* (2005) ont constaté que les voyageurs étaient prêts à payer jusqu'à 1 USD par déplacement pour obtenir des prévisions fiables et précises sur les temps de parcours, par exemple lorsque le trafic est ralenti et que des itinéraires bis seraient plus rapides. La valeur de ces informations est plus élevée dans le cas de migrations pendulaires, de déplacements pour un événement particulier et d'encombres importants.

Les études des impacts sur le bien-être liés à l'offre de différents types d'information aux usagers de la route ont montré que (dans certains scénarios), l'offre d'informations parfaites et imparfaites conduisait à une amélioration de Pareto stricte (voir, par exemple, Emmerink *et al.* 1998). Leurs résultats suggèrent qu'il est toujours plus utile (sur le plan du bien-être économique) de fournir des informations, même incomplètes, que de ne pas en donner.

Ainsi, les informations sur les temps de parcours constituent un élément clé dans la gestion de la fiabilité. La variable fondamentale à offrir aux usagers du réseau est l'information sur le temps de parcours. Plusieurs études ont confirmé que le temps de parcours constituait l'information la plus précieuse du point de vue de l'utilisateur, car elle lui permettait de déterminer à l'avance l'heure de départ et l'itinéraire les plus appropriés, ou de modifier ses projets en cours de déplacement.

7.2 Diffusion de l'information sur les temps de parcours

7.2.1 Moyens de diffusion

Les moyens de diffusion peuvent être divisés en deux grandes catégories : l'information avant le voyage et l'information pendant le voyage. Les deux peuvent réduire les effets de vague ou boule de neige des retards sur les coûts. Toutefois, l'information avant le voyage permet la planification du déplacement (pour éviter totalement, si possible, le manque de fiabilité), tandis que l'information pendant le voyage permet la modification (si possible) du projet initial, en fonction des conditions de circulation. Les usagers pourront optimiser leur choix de l'itinéraire et leur gestion du temps de parcours sur le moment, tandis que les informations concernant les itinéraires bis leur permettront de maintenir leur programme plus facilement.

Pour être efficaces, les informations sur la circulation doivent être brèves, concises, quantifiées et spécifiquement destinées à l'utilisateur du réseau. Les informations sur les temps de parcours remplissent les trois premières conditions, et les moyens de diffusion doivent remplir la dernière. En somme, les informations sur les temps de parcours à communiquer doivent être d'un intérêt spécifique pour le conducteur.

Il existe différents moyens de diffusion des informations sur les temps de parcours, chacun lié à une technologie particulière. Leurs caractéristiques sont détaillées sur le tableau 7.1.

Le financement des infrastructures d'information constitue un défi, qu'il soit pris en charge par le secteur public ou répercuté sur les usagers du réseau. Une difficulté pour les gestionnaires est d'intégrer les nouvelles technologies de communication, à mesure qu'elles apparaissent, tout en assurant une homogénéité suffisante pour les maintenir (Janin 2003). Les informations sur la circulation sont souvent organisées par l'État pour les routes nationales, par les concessionnaires pour les autoroutes à péage, et par les régions et les villes pour les réseaux routiers locaux. Les équipements d'information sont généralement financés par les différentes autorités chargées de leurs propres réseaux. La question du

financement devient plus complexe pour les systèmes visant à fournir des informations intégrées sur les transports, concernant la route et le train, pour l'ensemble des infrastructures d'une zone géographique. Il n'existe pas alors de bailleur de fonds « naturel » et des organismes spécifiques doivent être mis en place pour ces nouveaux services.

Tableau 7.1. Moyens de diffusion des informations sur les temps de parcours

Moyens	Caractéristiques
Presse	<ul style="list-style-type: none"> • Information avant le voyage, uniquement • Pas de distinction entre usagers • Temps de parcours ponctuels
Internet	<ul style="list-style-type: none"> • Information avant le voyage (et pendant le voyage, sur téléphone mobile) • Service à la demande : les usagers doivent se connecter et demander un itinéraire spécifique
Télévision	<ul style="list-style-type: none"> • Information avant le voyage, uniquement • Pas de distinction entre usagers • Temps de parcours ponctuels
Points d'information	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion de tous types d'informations et distinction entre usagers. L'accessibilité est toutefois très faible, car le conducteur doit s'arrêter à l'aire de service pour s'informer.
Radio	<ul style="list-style-type: none"> • Bulletins d'information sur la circulation • Diffusion d'informations avant le voyage et pendant le voyage • Pas de distinction entre usagers : chaque conducteur doit écouter attentivement l'ensemble du bulletin et choisir les informations qui l'intéressent • Horaires d'information ponctuels, en fonction de bulletins programmés • Dans le cas d'un signal dédié à courte portée, les deux dernières limitations peuvent être contournées
Centre d'appels	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion d'informations avant le voyage et pendant le voyage, limitée aux appels téléphoniques en cours de déplacement • Service à la demande : le conducteur doit demander et généralement payer les informations, d'où une limitation d'accès
Panneaux à messages variables	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion d'informations avant le voyage et pendant le voyage • S'adressent spécifiquement au conducteur, puisqu'ils sont implantés au-dessus des voies de circulation • Information continue et très accessible
Navigateur automobile (signal radio RDS-TMC)	<ul style="list-style-type: none"> • Diffusion d'informations avant le voyage et pendant le voyage • S'adresse spécifiquement au conducteur (GPS/GSM/UMTS) • Information continue et très accessible
Téléphone mobile (messages textuels)	<ul style="list-style-type: none"> • Équivalent au centre d'appels, avec la possibilité supplémentaire de s'abonner sur un corridor particulier et de recevoir les informations sans les demander à chaque fois

Source : Soriguera et Robusté (2008). Remarque : le GPS (système de localisation mondial) fournit des informations sur le positionnement et l'itinéraire ; le RDS (service de radiodiffusion de données) transmet des informations sur la circulation en temps réel ; les réseaux de téléphonie mobile transmettent des informations sur la circulation en temps réel et calculent l'état du trafic, tout en fournissant des données sur la circulation en temps réel.

Pour leur part, les usagers se sont habitués à penser que les informations devaient être fournies à titre gratuit. Les besoins d'information sur la circulation sont énormes, mais les usagers ne voient souvent pas pourquoi ils devraient payer pour accéder à ces informations. Néanmoins, pour ceux qui accordent une grande valeur à la fiabilité (c'est-à-dire, ceux qui sont prêts à payer pour une fiabilité plus élevée), il existe souvent des services haut de gamme, disponibles sur abonnement. Par exemple, pour s'orienter, les usagers peuvent utiliser une simple carte routière ou un système de suivi GPS payant. En somme, l'amélioration de la fiabilité peut avoir un prix.

L'ensemble de solutions politiques mentionnées ci-dessus exige des outils pour suivre la fiabilité et informer les exploitants et les usagers en temps réel sur la localisation précise des événements. Le financement et l'espace nécessaires pour la construction de vastes infrastructures sont de plus en plus rares ; c'est pourquoi les pouvoirs publics, les exploitants d'infrastructures et les autorités publiques *pourraient* estimer que les nouvelles technologies comme les systèmes de transport intelligents (STI) sont rentables. Ces technologies comprennent le contrôle d'accès, la détection du trafic et des incidents, ainsi que les panneaux à messages variables. Ces investissements doivent, évidemment, faire l'objet d'une analyse coûts-avantages.

Il est important de remarquer que les technologies STI peuvent s'appliquer à un grand nombre d'objectifs : atténuation de la congestion, fourniture de données pour les systèmes de gestion et de tarification, amélioration de la sécurité et de la fiabilité. Certaines visent plus particulièrement la congestion (comme le contrôle d'accès) ou la fiabilité (comme la détection des incidents), tandis que d'autres ont plusieurs objectifs (comme les panneaux à messages variables ou la vidéosurveillance). Les avantages peuvent aussi être nombreux. Les usagers de la route peuvent bénéficier d'une plus grande sécurité des transports, de flux de trafic optimisés et de temps de parcours plus courts et plus fiables. L'économie nationale peut bénéficier d'une réduction des coûts liés aux accidents et à la congestion. Enfin, les administrations des réseaux de surface peuvent bénéficier d'une meilleure planification de l'entretien, d'une utilisation plus efficace du réseau et par conséquent, d'un report des coûts liés à la construction et à la reconstruction.

7.2.2 Information avant le voyage

L'information sur les temps de parcours avant le voyage permet à l'utilisateur de décider de l'heure de départ et du mode de transport, voire d'annuler son déplacement. Elle peut réduire le risque de livrer les marchandises en retard ou d'arriver en retard à destination.

Il existe de nombreuses solutions pour diffuser les informations avant le voyage. Jusqu'à présent, la presse et la radio ont été des moyens d'information sur la circulation, notamment dans le cas d'événements programmés, comme les manifestations sportives ou les festivals. Ces types d'informations avertissent essentiellement les usagers du réseau sur les retards possibles et les informent de l'ampleur des perturbations sur le réseau. Même si ces moyens classiques peuvent être considérés comme trop statiques, ils peuvent fournir des informations précieuses aux usagers et atténuer les impacts éventuels sur la fiabilité, s'ils sont bien ciblés (voir, par exemple, l'encadré 7.2).

Encadré 7.2. Informations pour se rendre aux courses du Grand National (Royaume-Uni)

Les turfistes sont invités à prendre les transports en commun pour se rendre à Liverpool, lors de la 161^e édition des courses du Grand National Festival, à l'hippodrome d'Aintree.

Environ 150 000 personnes sont attendues à cet événement de trois jours et cette zone, selon les indications de la police, sera très encombrée.

Il est recommandé d'emprunter le train, le taxi ou les parkings-relais pour éviter les encombrements.

Le steeplechase du Grand National se tiendra samedi, le dernier jour.

« La police de Merseyside invite les turfistes à utiliser autant que possible les transports en commun, ce qui leur évitera les embouteillages et les problèmes de stationnement », a indiqué Mark Matthews, commissaire de police.

« Je vous remercie d'avance pour votre coopération à cet événement, qui promet d'être aussi mémorable qu'agréable. »

Source : BBC News.

Les services de gestion du trafic et d'information sur la circulation font souvent l'objet d'une stratégie déterminante. Il existe de nombreux exemples sur ce type de service, notamment pour l'information avant le voyage. La plupart sont aujourd'hui disponibles sur Internet, mais certains fournissent également des informations actualisées sur téléphones mobiles. Certaines sociétés de services proposent le calcul des temps de parcours ou une information sur les déplacements à valeur ajoutée. Les premiers sites Internet sont apparus dans le milieu des années 1990. La majorité d'entre eux offraient initialement des informations sur la circulation dans une région déterminée, mais se sont depuis étendus à des réseaux entiers. S'adressant auparavant au grand public, ils offrent maintenant des systèmes conçus sur mesure pour des usagers ciblés aux besoins de fiabilité spécifiques.

Bison Futé, par exemple, est un site Web français, géré directement par le ministère des Transports. Il a été créé dans les années 1970, à une période d'encombrements routiers importants sur les principaux axes empruntés par les vacanciers. À l'origine, ses informations étaient diffusées par les moyens classiques (télévision, radio et presse), mais sont aujourd'hui consultables sur son site Web, très utilisé.

Encadré 7.3. Bison Futé (France)

Bison Futé est géré par le Ministère français des transports. Son site Web interactif offre des informations sur les conditions de circulation en France, des conseils de sécurité, ainsi que des renseignements sur les travaux et la météo. Bison Futé diffuse également des informations sur les conditions de circulation pour le week-end, tous les jeudis et vendredis soir, après le journal télévisé, à 20 h 40, heure de plus grande écoute.

Source : www.bison-fute.equipement.gouv.fr.

Les caméras sur ligne de rive et en bord de route peuvent informer les personnes qui souhaitent prendre la route sur les performances du réseau, notamment la fiabilité. De nombreuses administrations routières les utilisent pour faciliter la gestion du trafic. La plupart des exploitants de réseaux peuvent orienter ces caméras de façon à surveiller et à identifier les incidents ou les encombrements. Ces

dernières années ont connu une croissance de la demande d'images des caméras de surveillance du trafic par différents acteurs, tels que les sociétés de services d'information routière et, plus important encore, le grand public. Les caméras peuvent aussi fournir des informations sur les conditions météo, qui peuvent être très utiles aux usagers, qui veulent être sûrs d'arriver à l'heure à destination. L'encadré 7.4 montre un exemple en Finlande, où le climat peut avoir une grande influence sur les temps de parcours estimés (notamment en hiver).

Encadré 7.4. Caméra météo fournie par l'organisme finlandais chargé des transports

L'image Web ci-dessous montre l'utilisation des images d'une caméra en bord de route par l'organisme finlandais chargé des transports pour informer les usagers de l'impact de la météo sur les conditions de circulation. Ce site Web offre aussi des informations sur la température de l'air et des chaussées, et autres renseignements importants sur l'état des routes.

Photo. Image de Webcam



Source : www.liikennevirasto.fi.

Dans l'exemple britannique de l'encadré 7.5, le site Web de la direction des routes utilise une carte interactive pour informer les usagers sur les événements prévus et les conditions de circulation en temps réel. Des icônes pointent sur les incidents et les travaux. Les informations affichées sur les panneaux à messages variables peuvent aussi être consultées sur le site Web (pour en savoir plus, se reporter aux informations sur l'atténuation du manque de fiabilité pendant le déplacement). À l'aide de la fonction de recherche « Disruption search », on obtient toutes les informations disponibles sur les événements *prévus*. L'état du trafic en temps réel, constamment mis à jour, est indiqué par un code couleur, le vert ou le bleu représentant une circulation fluide sur les routes et autoroutes, le jaune des ralentissements de 15 à 30 minutes, et le rouge des ralentissements de plus de 30 minutes.

Encadré 7.5. Traffic England

Traffic England est un nouveau service de la direction britannique des routes qui offre des informations sur la circulation en temps réel, émanant du centre national de contrôle du trafic. Ce service est également disponible sous forme d'une application de bureau téléchargeable et d'informations radio diffusées en temps réel sur les téléphones mobiles et les PDA compatibles.

Source : www.highways.gov.uk/traffic/traffic.aspx.

En 1999, le ministère américain des Transports a demandé à la Commission fédérale des communications (FCC) de créer un numéro de téléphone national à trois chiffres pour l'information aux voyageurs. Cette demande a été soutenue officiellement par 17 ministères des Transports, 32 opérateurs de transport et 23 organismes locaux chargés de la planification. En 2000, la FCC a créé le « 511 », numéro de téléphone unique d'information sur la circulation, disponible dans tous les États et territoires du pays. Il est intéressant de remarquer que le numéro est national, mais que les informations sont locales.

Encadré 7.6. Le 511, numéro de téléphone d'information sur la circulation (États-Unis)

Le 511 est un système national d'information sur la circulation offrant un numéro de téléphone facile à mémoriser, quel que soit l'endroit où se trouve l'utilisateur. Il propose plusieurs choix, comme l'heure, le mode de transport et l'itinéraire.

Il n'existe pas d'exigences ni d'obligations de paiement, au niveau fédéral, relatives au 511. Le ministère américain des Transports et la Commission fédérale des communications s'attendent néanmoins à un déploiement national. En 2005, la commission a examiné l'état d'avancement du 511.

Bien que la souplesse prévue par la décision de la commission soit tout à fait souhaitable, elle soulève aussi des difficultés. S'il n'est pas conçu avec soin, le 511 risque de se transformer en un ensemble de services hétérogènes variant largement en type, qualité et coût. La mise en place du 511 dans tous les États-Unis présente un grand intérêt. Il est prévu que les appels au 511 soient nombreux, au moins dans certaines régions des États-Unis, de la part des ministères des Transports, des organismes de transport régionaux et locaux, ainsi que des prestataires de services privés proposant la mise en œuvre de services 511 payants.

Source : <http://www.fhwa.dot.gov/trafficinfo/511.htm>.

Des outils d'information sont également disponibles pour les usagers des trains. Les données actualisées sur les arrivées et des départs de trains dans chaque gare sont utiles pour organiser un voyage. La compagnie de chemins de fer finlandaise VR offre un site Web où les voyageurs peuvent s'informer sur les départs et les arrivées à destination ou en provenance d'une gare déterminée, ou encore consulter les données sur la ponctualité de chaque train, en comparant les heures d'arrivée et de départ, par rapport aux horaires fixés. Le site comprend également des informations sur l'heure de départ ou d'arrivée d'un train à une gare et l'heure d'arrivée estimée à la prochaine gare. Il fournit des informations complémentaires en cas d'annulation ou de retard du train. Les mêmes données sont accessibles par téléphone mobile. Un exemple similaire existe à Melbourne, où l'opérateur de trains de voyageurs transmet des messages textuels au client, lorsque le service sur une ligne déterminée est retardé (ou perturbé) de plus de 15 minutes¹.

Encadré 7.7. Informations actualisées sur les trains (Finlande)

La compagnie de chemins de fer finlandaise VR offre des informations actualisées sur chaque train, comprenant les heures prévues de départ et d'arrivée, les temps réellement constatés, ainsi que les causes de retards possibles. Pour les voyageurs, ces informations peuvent être utiles lorsqu'ils organisent leur voyage ou doivent aller chercher un voyageur à la gare, ce qui réduit les marges de sécurité nécessaires.

Source : www.vr.fi.

Un outil Internet spécifique pour gérer le manque de fiabilité est mis à disposition par le ministère des Transports de l'État de Washington. Il utilise des données sur les temps de parcours pour offrir une approximation raisonnable du « pire » scénario. En effet, il indique la marge de sécurité nécessaire, si l'utilisateur souhaite avoir une probabilité élevée d'arriver « à l'heure ». Le calculateur Web indique le temps que prendra le déplacement et l'heure à laquelle l'utilisateur devra partir pour arriver à l'heure, dans 19 cas sur 20 (c'est-à-dire dans 95 % des cas). Il n'utilise pas de données en temps réel, mais des données sur les temps de parcours depuis 2006. Il ne peut pas être considéré comme un outil totalement précis en termes de mesures de la fiabilité. Cependant, c'est un exemple intéressant d'offre d'informations au public.

Encadré 7.8. Calculateur Web du ministère des Transports de l'État de Washington

Le ministère des Transports de l'État de Washington propose un site Web qui calcule les temps de parcours au 95^e centile sur certains itinéraires, essentiellement en zone urbaine, et qui détermine l'heure à laquelle une personne doit partir pour arriver à l'heure dans 19 cas sur 20, soit avec une fiabilité de 95 %. L'utilisateur doit saisir les informations sur sa provenance et sa destination, ainsi que l'heure d'arrivée souhaitée.

Le calculateur indique le temps de parcours et l'heure de départ nécessaire pour arriver à destination, avec une approximation raisonnable du pire scénario en termes de temps de parcours.

Source : www.wsdot.wa.gov/Traffic/Seattle/TravelTimes/reliability/

Pour résumer, l'information avant le voyage permet aux usagers du réseau d'améliorer leur fiabilité et d'atténuer les effets négatifs d'une arrivée en retard à destination. Les informations en temps réel sur les performances du réseau, les incidents, les conditions météo et les retards éventuels aident à organiser le voyage. Il convient de reconnaître que bien souvent, les mêmes informations avant le voyage sont maintenant disponibles pendant le voyage par l'intermédiaire, notamment, des téléphones mobiles. Ainsi, la distinction entre l'information avant le voyage et pendant le voyage s'est estompée ces dernières années.

7.2.3 Information pendant le voyage

L'information pendant le voyage permet d'atténuer les impacts indésirables des incidents sur le réseau. Une fois renseignés, les usagers peuvent décider de changer leur itinéraire, si une autre solution est disponible. Ils peuvent aussi réduire les effets d'un retard en modifiant l'heure de leur livraison ou de leur rendez-vous et, par conséquent, réduire l'effet de vague ou boule de neige sur cette activité ou sur les activités ultérieures. Même lorsque les usagers ne peuvent pas prendre d'autres mesures en cours de

déplacement ou à l'arrivée, l'information sur l'ampleur du retard peut réduire l'inquiétude concernant la durée du retard.

Les panneaux routiers servent de plus en plus à donner des informations en temps réel aux usagers du réseau. Les panneaux électroniques sont maintenant d'usage courant sur les réseaux autoroutiers et routiers principaux du monde entier. Ils avertissent les conducteurs en cas d'urgence, d'incidents et de travaux. Le terme « panneau à messages variables » est souvent utilisé pour les désigner.

Les PMV ont pour principal objectif de communiquer des informations et des conseils aux conducteurs concernant les situations d'urgence, les incidents et la gestion du réseau, afin d'améliorer la sécurité et de réduire l'impact des encombrements. Les messages affichés sont souvent limités aux informations susceptibles d'aider les conducteurs à effectuer leurs déplacements en toute sécurité et efficacité. Il existe plusieurs types de PMV utilisés dans le monde. Ils offrent la possibilité d'afficher un grand nombre d'avertissements, de messages et autres informations sur la circulation.

Encadré 7.9. Panneaux à messages variables (Royaume-Uni)

La direction britannique des routes indique les temps de parcours et les ralentissements sur des panneaux à messages variables en bord de route. Ce service est disponible sur la majorité des autoroutes et sur quelques routes express. Les messages avertissent les conducteurs sur l'état des routes, pour leur permettre de prendre des décisions avisées pendant leurs déplacements.

Une enquête clients sur les essais de PMV avant une introduction générale a montré que 89 % des personnes interrogées estimaient que la présence de messages sur les temps de parcours et les ralentissements dans tout le pays serait une bonne chose. Plus de la moitié ont déclaré qu'elles pourraient envisager de changer d'itinéraire, si un message leur indiquait les durées de ralentissement. Le service compare les données historiques sur un itinéraire avec les conditions de circulation pour indiquer les temps de parcours estimés. Les messages sont mis à jour, après un nouveau calcul des temps de parcours, toutes les cinq minutes. Si un incident, comme une collision, occasionne un ralentissement supérieur à un seuil convenu, le message sur le temps de parcours est automatiquement remplacé par un message sur la durée de ralentissement estimée. Le service est géré par le centre national de contrôle du trafic.

Source : <http://www.highways.gov.uk/knowledge/knowledge.aspx>

Certaines applications sont commercialisées sur le marché. De nombreux modèles de navigateurs automobiles, par exemple, offrent déjà des informations en temps réel sur les incidents, les conditions météo et la circulation. Ils calculent les temps de parcours estimés et prennent en compte les incidents pour améliorer les estimations. Toutefois, leur capacité à prendre en compte l'évolution des conditions de circulation en fonction des informations en temps réel est souvent limitée. Les réseaux de téléphonie mobile peuvent permettre de collecter des données sur les conditions de circulation. Le récepteur GPS est la base de tous les systèmes de navigation personnels. Tout dispositif équipé d'un récepteur GPS, ainsi que des technologies GSM/UMTS peut servir de capteur pour transmettre des données sur la circulation en temps réel. Des systèmes exploitant cette possibilité sont actuellement lancés par différents prestataires de services de navigation.

Encadré 7.10. « Dash », un système de navigation automobile intégrant des informations en temps réel

« Dash » est un système de navigation automobile proposant jusqu'à trois itinéraires différents par destination, qui utilise les informations sur la circulation pour calculer l'heure d'arrivée estimée selon chaque itinéraire. Des heures d'arrivée calculées en fonction du trafic devraient être plus précises et permettre donc aux usagers de choisir le meilleur itinéraire. Une fois l'itinéraire choisi, Dash avertit automatiquement les usagers lorsque les conditions de circulation évoluent sensiblement. Chaque dispositif embarqué Dash transmet anonymement et automatiquement sa position et sa vitesse aux serveurs implantés dans le centre d'exploitation du réseau Dash. Les serveurs Dash indiquent alors les vitesses de circulation à tous les dispositifs Dash situés dans la zone. Le système utilise les informations en temps réel sur les itinéraires transmises automatiquement aux serveurs centraux Dash par chaque dispositif Dash embarqué. Il communique ainsi aux usagers des informations spécifiques sur les itinéraires et la circulation, pour leur faire bénéficier des informations offertes par les autres usagers Dash situés en amont. Des systèmes semblables sont actuellement lancés par d'autres fournisseurs, comme TomTom et Navigon.

Dans ce cas, les avantages offerts par l'intégration des données de trafic dépendent évidemment des informations retransmises à Dash. Il faut donc un nombre minimum d'usagers pour qu'ils puissent servir à l'usage prévu.

Source : www.dash.net.

De nombreux systèmes de transport en commun offrent maintenant des informations en temps réel (voir, par exemple, l'encadré 7.11, qui décrit deux des systèmes utilisés à Londres). Cette information présente de nombreux avantages (Turnbull et Pratt 2003). Elle réduit l'inquiétude liée à l'attente et permet aux voyageurs de mieux utiliser leur temps et organiser leurs activités. Par exemple, si un voyageur connaît l'heure de passage du prochain bus, il saura s'il peut faire une course rapide dans un magasin, s'il arrivera à destination à l'heure dite ou s'il doit utiliser un autre mode de transport, comme le taxi. Lorsque plusieurs itinéraires sont possibles, les voyageurs peuvent prendre des décisions en cours de déplacement. Les réactions des usagers à cette innovation ont été favorables.

Encadré 7.11. L'information réduit le stress : les déplacements en métro et en bus à Londres

En 1984, des panneaux offrant des informations en temps réel sur les services du métro londonien ont été testés sur plusieurs quais de la ligne Northern (Turnbull et Pratt 2003). Les enquêtes auprès des voyageurs ont montré que le système d'information avait permis une réduction modeste, mais significative du stress. Les voyageurs, informés ou non, ont tendance à surestimer les temps d'attente réels. Mais, s'ils sont informés, leur surestimation est réduite de 0.68 minute en moyenne. Les panneaux sur les quais donnent des informations sur les heures d'arrivée des trois prochains trains, les itinéraires et les stations de destination, si nécessaire, ainsi que le nombre de minutes d'attente. Les réactions des voyageurs face à ce nouveau système sont très favorables : 95 % des personnes interrogées ont indiqué qu'il était utile et 65 % ont déclaré qu'il aidait à réduire l'incertitude pendant l'attente.

Ces dernières années, Transport for London a étendu ce service d'information aux bus, un transport en commun dans lequel l'incertitude quant aux heures d'arrivée et aux retards a toujours été particulièrement importante. Le système « de compte à rebours » Countdown estime les heures d'arrivée des bus en temps réel, à l'aide de la technologie GPS pour localiser chaque bus par rapport à chaque arrêt de bus. L'affichage électronique à l'arrêt de bus indique le nombre probable de minutes qui séparent le bus de l'arrêt. Les panneaux Countdown indiquent les heures d'arrivée des prochains bus, les destinations et le nombre de minutes d'attente. Ils peuvent également afficher des informations sur les conditions de circulation et les consignes de sécurité. Les observations visuelles montrent que 90 % des voyageurs aux arrêts équipés regardent au moins une fois le panneau pendant qu'ils attendent le bus. Le temps d'attente moyen perçu a diminué de 11.9 minutes avant l'essai à 8.6 minutes avec le système Countdown, alors qu'il ne s'était produit aucun changement réel dans la fréquence des bus. 83 % des personnes interrogées ont été d'accord avec l'affirmation « si vous savez que le bus va arriver, le temps semble passer plus vite » et 89 % ont indiqué que les panneaux rendaient l'attente plus supportable. Le consentement à payer des personnes interrogées pour bénéficier de ce système s'est avéré modeste.

Sources : Turnbull et Bratt (2003),

<http://www.tfl.gov.uk/corporate/projectsandschemes/technologyandequipment/7204.aspx>.

7.3 Conclusions

Ce chapitre a présenté quelques études de cas sur les technologies de l'information utilisées pour atténuer l'impact négatif de la non-fiabilité. Il montre que l'offre d'informations avant et pendant le voyage peut être un moyen rentable d'améliorer la fiabilité et de réduire les coûts liés au manque de fiabilité. En particulier, l'information facilite la reprogrammation des activités et réduit les perturbations en chaîne des emplois du temps que pourrait entraîner le manque de fiabilité.

Cependant, le financement des infrastructures d'information constitue un défi, qui doit être soumis à une analyse coûts-avantages. Dans le même temps, de nombreux systèmes privés sont développés et commercialisés auprès des usagers de la route qui accordent une grande valeur à l'information et à la réduction du manque de fiabilité.

Même si les usagers du réseau peuvent atténuer les impacts négatifs de la non-fiabilité, le rôle des exploitants de réseaux reste important. L'information sur les temps de parcours n'est pas seulement utile au conducteur, mais aussi à l'exploitant du réseau, car elle est essentielle à la gestion et à la planification du réseau. La prévision des temps de parcours permet à l'exploitant de planifier les réponses aux incidents et aux problèmes liés à l'exploitation, tandis que l'information en temps réel offre un suivi efficace de l'évolution des incidents.

Les exploitants de réseaux doivent examiner la rentabilité de l'offre d'informations avant et pendant le voyage sur la variation des temps de parcours. La diffusion des temps de parcours prévus (à partir des modèles de temps de parcours) est la première étape, mais en plus de la valeur moyenne, la variance des temps de parcours doit aussi être indiquée. Cela permet aux conducteurs de prévoir des marges de sécurité et réduit leur anxiété. Même si certaines informations (sur les accidents, par exemple) ne peuvent pas être fournies à l'avance, les informations sur les incidents, au moment de leur survenue, réduisent aussi les coûts liés au manque de fiabilité.

NOTE

1 Voir : <http://www.metlinkmelbourne.com.au/using-public-transport/sms-services#1>

PRINCIPAUX MESSAGES

- L'information des usagers sur les temps de parcours et la variabilité est une solution politique essentielle pour la gestion de la fiabilité. Elle peut permettre aux usagers de fixer des marges de sécurité appropriées et faciliter l'atténuation des conséquences néfastes des retards.
- Plus d'informations sont fournies aux usagers du réseau, plus proche est le temps de parcours prévu du temps de parcours réel, et plus élevée est la fiabilité du service.
- L'information avant le voyage peut aider l'utilisateur du réseau à déterminer son temps de parcours et son mode de transport, ou même à annuler son déplacement. Elle réduit le risque d'une livraison des marchandises en retard ou d'une arrivée à destination en retard, de manière générale.
- L'information pendant le voyage atténue les impacts indésirables. Une fois renseignés, les usagers du réseau peuvent décider de changer leur itinéraire ou réduire les effets d'un retard en modifiant l'heure de leur livraison et de leur rendez-vous. Même lorsqu'aucune mesure d'atténuation ne peut être prise, l'information peut réduire l'inquiétude concernant la durée du retard et aider à diminuer l'impact du retard en aval.

8. CONCLUSIONS

Pourquoi se pencher sur la fiabilité ?

Les tendances dans les transports suggèrent la nécessité d'une politique plus axée sur la fiabilité :

- Le manque de fiabilité dans les transports influe sur les activités personnelles et commerciales, dont les modalités d'organisation dépendent de plus en plus du respect des calendriers.
- Ces dernières années, les économies ont tiré d'importants bénéfices des activités basées sur la spécialisation de la production, la centralisation des stockages et l'allongement des lignes de distribution, mais ces bénéfices s'appuient sur une programmation solide.

L'évolution du revenu disponible, du temps de loisirs et de la structure géographique des activités commerciales a accru les attentes quant à la fiabilité des réseaux de transport. La restructuration commerciale a permis d'augmenter les gains de productivité, mais a rendu les entreprises généralement plus vulnérables aux perturbations. Le coût de ces dernières tend à être plus élevé pour un réseau fondé sur l'hypothèse d'un niveau de fiabilité élevé.

Il est important de pouvoir faire la distinction entre congestion et non-fiabilité. La congestion tend à augmenter la probabilité d'un service peu fiable, mais elle peut influencer sur les temps de parcours selon des modèles prévisibles ; sur les itinéraires encombrés en permanence, les temps de parcours peuvent être plus longs, mais présenter une faible variabilité. Il est donc possible que le traitement de la congestion n'améliore pas la fiabilité. Il existe généralement une gamme plus large d'outils de politique publique pour traiter la non-fiabilité.

Par conséquent, la fiabilité doit faire l'objet d'une attention politique plus importante, comme c'est traditionnellement le cas de la congestion.

Le défi politique

Le défi politique essentiel est de créer des régimes d'incitation encourageant le choix de la solution de fiabilité la plus rentable, c'est-à-dire, celle qui permet d'obtenir une amélioration donnée de la fiabilité au moindre coût. L'objectif est qu'elle soit choisie à la place des solutions moins rentables, indépendamment du fait que la responsabilité de ce choix revienne au responsable du réseau ou à l'utilisateur.

Pour les décideurs, le défi à relever se situe sur deux plans. Le premier consiste à élaborer des mécanismes institutionnels influant sur le marché de la fiabilité. En effet, un cadre législatif destiné à prévenir les discriminations entre les usagers du système de transport pourrait empêcher une différenciation des services en termes de fiabilité. Le deuxième consiste à prendre en compte la fiabilité dans l'évaluation des projets publics d'infrastructures de transport. Le rôle des pouvoirs publics est double : favoriser un marché de la fiabilité et intégrer la fiabilité dans l'évaluation des projets d'infrastructures de transport.

La détermination des niveaux de fiabilité *appropriés* est une question essentielle. En effet, il n'existe généralement pas de marché de prix permettant aux usagers du réseau de choisir des niveaux de fiabilité en fonction de leurs besoins. Il est habituellement difficile d'offrir une qualité de réseau différenciée aux usagers qui seraient prêts à payer plus pour un niveau de fiabilité plus élevé. En général, les usagers prennent des mesures pour se prémunir contre le manque de fiabilité du réseau ; il peut être plus rentable pour eux de réduire leur exposition au manque de fiabilité ou de réorganiser leurs activités que d'investir dans une augmentation de la capacité ou de rendre, d'une autre façon, le réseau plus résistant. Tel est particulièrement le cas lorsque les usagers ne payent pas directement la fiabilité des services.

Les pouvoirs publics sont généralement responsables des principaux réseaux routiers et ferroviaires. La fixation de niveaux de fiabilité appropriés est donc implicitement ou explicitement une question politique et, de fait, un défi politique. Les pouvoirs publics sont confrontés à une tâche considérable, celle d'établir un niveau de qualité approprié pour leurs réseaux. Lorsque les usagers ne payent pas directement pour obtenir ce niveau, ils sont tentés de réclamer la meilleure qualité aux pouvoirs publics, même si la solution la plus rentable ou au moindre coût pour améliorer la fiabilité serait de modifier leur comportement.

Pour les réseaux routiers en particulier, il est courant qu'un seul niveau de fiabilité soit offert. Il n'existe que de rares exemples de sections routières sur lesquelles les usagers du réseau peuvent choisir un niveau de fiabilité plus élevé, grâce au péage variable, ou pour lesquelles une route à péage, adjacente à la route publique, offre aux conducteurs un niveau de fiabilité différencié (dans la mesure où la variabilité du temps de parcours est liée aux volumes de trafic, plutôt qu'à des événements non récurrents).

Ces approches étant rares, les responsables d'infrastructures routières doivent, en particulier, utiliser des analyses coûts-avantages pour estimer le principal niveau de fiabilité. En l'absence d'informations liées à une tarification directe, les responsables de réseaux s'appuient sur l'analyse coûts-avantages pour justifier des niveaux donnés de qualité des infrastructures.

Jusqu'à présent, l'analyse coûts-avantages ne mesurait pas explicitement la fiabilité. Compte tenu des tendances dans les transports personnels et commerciaux, une attention accrue doit être portée à la détermination de la valeur des solutions de fiabilité, au sein des analyses coûts-avantages.

L'évaluation des besoins de fiabilité prenant en compte la diversité des usagers

La valeur accordée à la fiabilité varie énormément entre les différents usagers du réseau. Par conséquent, l'intégration de la diversité ou « granularité » dans les évaluations de la fiabilité est importante, lorsqu'une analyse coûts-avantages est effectuée pour évaluer la fiabilité. En d'autres termes, une analyse coûts-avantages avec un seul groupe d'usagers défini (c'est-à-dire avec une seule valeur du temps), ignorant la diversité dans les évaluations des usagers, peut introduire des erreurs importantes dans le calcul des avantages pour les usagers.

La valeur des réseaux fiables est liée au lieu, au moment et à l'utilisateur, et n'est généralement pas transposable d'une situation à l'autre. En raison de la grande variation des valeurs que les usagers accordent à la fiabilité, il n'est pas recommandé de tenter de prendre en compte la fiabilité dans les évaluations coûts-avantages en appliquant un coefficient de hausse pour les gains de temps moyens. Cela pourrait entraîner une surestimation ou une sous-estimation importante des avantages. Les valeurs de la fiabilité ne doivent être transposées d'une situation à l'autre que si celles-ci sont suffisamment semblables en termes d'utilisateurs, de modèles d'utilisation, de niveaux de congestion, etc.

Pour être intégrée dans une analyse coûts-avantages, la fiabilité doit être exprimée en valeurs appropriées (en termes plus techniques, des estimations de l'équivalence de la non-fiabilité en temps de parcours s'avèrent nécessaires). La plupart de ces valeurs sont basées sur l'écart type des temps de parcours par rapport au temps de parcours moyen. Un exemple est la marge de sécurité, que l'utilisateur doit ajouter au temps de parcours pour être sûr d'arriver à l'heure avec un certain degré de probabilité.

Suivi de la fiabilité

Le suivi de la fiabilité est un outil essentiel pour orienter la politique. En premier lieu, il convient évidemment de définir la fiabilité. Le présent rapport définit la fiabilité comme la capacité du système de transport à offrir la qualité de service escomptée, en fonction de laquelle les usagers ont organisé leurs activités.

Les indicateurs de performance se répartissent clairement en deux catégories groupant, pour l'une, les indicateurs qui mesurent la qualité des *responsables* de réseaux (niveau de la planification et de l'offre, résistance du réseau aux perturbations) et, pour l'autre, les indicateurs qui révèlent les perceptions des *usagers* (réactions face à l'état du réseau). Il est extrêmement important de tenir compte tant du point de vue du responsable du réseau que de l'utilisateur, car chacun a des implications différentes en termes d'action. La présentation de ces deux types d'indicateurs facilitera également le débat politique entre les usagers, les exploitants et les décideurs.

Le suivi de la fiabilité est utile dans deux domaines importants. Premièrement, il aide les usagers du réseau à organiser leurs déplacements et à pallier les conséquences les plus désastreuses du manque de fiabilité. Il est également utile pour l'orientation politique. Ces dernières années, par exemple, les autorités des transports en commun ont introduit plusieurs données de performance, indiquant la qualité de l'offre de services. Les pouvoirs publics peuvent utiliser des indicateurs de qualité « cibles » pour mesurer les performances des prestataires de services et « encourager » les améliorations. Cependant, il convient de souligner que ces objectifs doivent être déterminés avec soin, pour que les prestataires de services ne modifient pas leur comportement uniquement dans l'intention d'atteindre les objectifs (par exemple, la réduction du nombre de trains circulant sur un itinéraire peut améliorer la fiabilité au prix d'une forte dégradation du service dans son ensemble).

Quatre principaux instruments politiques

Le manque de fiabilité a des causes multiples dont chacune exige un traitement particulier. Les principales sources du manque de fiabilité du réseau d'infrastructures de transport s'articulent autour de deux axes :

- Événements imprévus au niveau de la demande :
 - interactions imprévisibles entre les usagers (congestion).
- Événements imprévus au niveau de l'offre :
 - incidents de circulation (accidents ou pannes de véhicules) ;
 - phénomènes naturels (inondations ou tremblements de terre) ;
 - entretien du réseau (à l'origine d'une réduction provisoire de l'offre) ;
 - mauvaise gestion de l'offre d'infrastructures, y compris inadéquation éventuelle des programmes d'entretien.

De nombreux instruments et techniques existants peuvent être utilisés, séparément ou en association, pour améliorer la fiabilité du réseau de transport. Les quatre principales solutions politiques de gestion de la fiabilité sont les suivantes :

- Augmentation physique de la capacité.
- Amélioration de la gestion de la capacité.
- Élaboration de mécanismes de tarification pour mettre en place un marché de la fiabilité.
- Mise en œuvre de systèmes d'information destinés à atténuer les conséquences néfastes du manque de fiabilité (c'est-à-dire à réduire ses coûts), plutôt qu'à réduire sa fréquence.

En principe, l'augmentation de la capacité peut permettre une amélioration de la fiabilité, notamment si le manque de fiabilité est lié à des volumes de trafic élevés. Elle réduit aussi la vulnérabilité du réseau en cas d'incident, s'il existe des liaisons de délestage. Cependant, l'extension de la capacité n'est pas nécessairement l'approche la plus rentable pour optimiser la fiabilité et la solution de construction seule présente des limitations évidentes.

Il est aussi possible de bâtir des infrastructures selon des normes qui réduisent les besoins d'entretien ou améliorent la solidité de la capacité. Ainsi, l'offre d'une capacité avec des matériaux à longue durée de vie et à faibles besoins d'entretien peut réduire la congestion non récurrente, liée à la dégradation et à la remise en état des infrastructures. Les perspectives d'événements climatiques extrêmes encore plus importants ont des implications sur l'offre et l'entretien des infrastructures. Ces dernières doivent être planifiées, conçues et entretenues de manière à assurer un niveau de résistance approprié.

Ainsi, les bénéfices obtenus par l'amélioration de la gestion des réseaux et des services peuvent être bien plus rentables pour offrir une fiabilité plus élevée, notamment par rapport à l'extension de la capacité. Une gestion proactive du réseau par une intégration des objectifs de solidité dans les modèles de planification du réseau permet une évaluation de la vulnérabilité du réseau.

Une gestion dynamique, comprenant une surveillance intense de l'utilisation du réseau, permet de réagir plus rapidement aux perturbations et, par conséquent, d'améliorer la fiabilité. Une gestion plus dynamique des incidents peut présenter des avantages importants en termes de fiabilité. L'exploitation de la capacité de la bande d'arrêt d'urgence de l'autoroute est un exemple de gestion dynamique. L'utilisation de systèmes de gestion des incidents permet, à son tour, une réaction plus rapide des prestataires de services de transport aux perturbations, ce qui réduit la durée et la gravité des événements. Il pourrait également être opportun de privilégier les interfaces, notamment les points de franchissement des frontières ou les liaisons entre les ports et leur arrière-pays, où un manque de fiabilité risque de se produire.

La tarification directe de la fiabilité par l'imposition de droits ou de redevances d'utilisation des infrastructures et des services variant en fonction du niveau de fiabilité pourrait assurer un niveau de fiabilité approprié. Depuis quelque temps, des routes à péage dynamique ont été mises en service aux États-Unis ; la tarification variable des routes peut être utilisée pour modifier les volumes de trafic qui, à leur tour, influent sur la fiabilité (dans la mesure où la modification des volumes de trafic influe sur la fiabilité).

Cependant, étant donné que l'accès aux routes est généralement ouvert et que l'offre de différents niveaux de fiabilité est peu rentable, il existe peu de situations dans lesquelles le prix peut permettre d'offrir des niveaux de fiabilité élevés. Les chemins de fer sont mieux à même d'utiliser des moyens tarifaires pour maintenir la fiabilité à un niveau constant, car leur pleine maîtrise de l'accès au réseau leur permet de tarifier l'accès à ce réseau ou à certaines de ses lignes.

L'offre d'informations avant et pendant le voyage peut être un moyen rentable d'améliorer la fiabilité et de réduire les coûts liés au manque de fiabilité. En particulier, l'information facilite la reprogrammation des activités et réduit les perturbations en chaîne des emplois du temps que pourrait entraîner le manque de fiabilité.

Les informations peuvent être utilisées de différentes manières pour améliorer la fiabilité, selon que le voyageur a déjà quitté son lieu de départ, peut emprunter un autre itinéraire ou, dans le cas contraire, peut réduire l'effet de vague (conséquences). Différents outils permettent de diffuser ces informations, notamment les panneaux à messages variables, les systèmes de navigation automobile, l'Internet et les messages textuels sur téléphone mobile.

La fiabilité des temps de parcours dépend, dans une certaine mesure, des attentes de l'utilisateur concernant la prévisibilité des temps de parcours, lesquelles peuvent évoluer en fonction des informations disponibles. Les responsables de réseaux peuvent faciliter l'utilisation du réseau et réduire l'impact des incidents en informant les usagers des conditions de circulation existantes. Même si la diffusion de ces informations n'empêche pas les incidents de survenir, elle peut réduire les coûts qui en résultent.

Une question de politique essentielle reliant ces quatre instruments politiques est d'assurer l'application, en premier lieu, des solutions les plus rentables, indépendamment du fait que la responsabilité en revienne au responsable du réseau ou à l'utilisateur. L'analyse coûts-avantages est la procédure fondamentale pour atteindre cet objectif. Le présent rapport a suggéré des moyens par lesquels cette analyse pouvait être modifiée pour intégrer la fiabilité.

Évaluation de la fiabilité

Quelques pays seulement ont réalisé jusqu'à présent des analyses coûts-avantages de projets destinés à améliorer la fiabilité, avec des techniques insatisfaisantes à de nombreux égards. Le présent rapport fait largement progresser la définition de la méthode à suivre pour intégrer la valeur de la fiabilité dans l'évaluation des projets et des politiques, et recense par ailleurs les écueils à éviter.

L'intégration de la fiabilité dans l'évaluation des projets exige une scission des gains de temps en réduction du temps de parcours pur (gains de temps moyens) et en amélioration de la fiabilité (réduction de la variabilité du temps de parcours). Dans cet objectif, les modèles de transport et de trafic actuellement utilisés pour la planification des transports doivent être affinés. Les avantages liés à la fiabilité doivent être monétisés séparément des gains de temps moyens ; plusieurs techniques statistiques ont été mises au point pour produire des valeurs de fiabilité solides. L'évaluation de la fiabilité exige également, pour le calcul des avantages, une ventilation importante en différentes catégories d'utilisateurs, car les valeurs accordées à la fiabilité tendent à varier énormément entre groupes d'utilisateurs.

En raison de cette grande variation des valeurs, le principal écueil à éviter dans les évaluations est de transposer les valeurs de la fiabilité d'un lieu ou d'une situation à l'autre, sans démontrer que les cas sont suffisamment semblables. L'application d'un coefficient de hausse uniforme aux gains de temps moyens, pour tenter de refléter l'importance croissante de la fiabilité aux yeux des utilisateurs du réseau de transport, peut produire des résultats extrêmement trompeurs.

Des évaluations solides et cohérentes de la fiabilité peuvent être réalisées. Il est important d'y recourir pour prendre des décisions éclairées sur l'optimisation de la fiabilité des réseaux de transport de surface, ainsi que pour sélectionner des politiques et des projets rentables améliorant les services de transport. Les évaluations coûts-avantages sont les seuls moyens de déterminer les solutions d'amélioration de la fiabilité les plus rentables et de choisir entre les investissements publics en matière de capacité, de gestion du réseau et de systèmes d'information, d'une part, et les réponses des usagers par une modification des modèles de déplacement et l'organisation logistique des entreprises, d'autre part.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-Aty M., Kitamura R. et Jovanis P. (1995), Investigating Effects of Travel Time Variability on Route Choice using Repeated-Measurement Stated Preference Data, *Transportation Research*, 1493, pp. 39-45.
- Accent et HCG (1996), The Value of Travel Time in UK Roads – 1994, Final report, Report for the Department for Transport, Accent and Hague Consulting Group.
- Affleck F. (2005), Coal Railway Infrastructure in Queensland and NSW Hunter Valley, ACCC 2005 Competition Conference, Gold Coast, Australie, juillet 2005, www.accc.gov.au/content/item.phtml?itemId=658141&nodeId=def2448c97ba44180fa0746a3b57c396&fn=Rail%20session%20-%20Fred%20Affleck.pdf.
- Ahuja S., Van Vuren T., Porter S. et Fearon J. (2002), Assessing Measures which Reduce Incident Related Delays and Travel Time Variability, *Proceedings of the European Transport Conference*, 9-11 septembre 2002, Homerton College Cambridge, Royaume-Uni.
- Ansari A. et Heckel J. (1987), JIT Purchasing: Impact on Freight and Inventory Costs, *Journal of Purchasing and Materials Management*, vol. 23, n° 2.
- Arvis J.-F., Raballand G. et Marteau J.-F. (2007), *The Cost of Being Landlocked: Logistic Costs and Supply Chain Reliability*, World Bank Policy Research Working Paper n° 4258.
- Asakura Y. (1996), Reliability Measures of an Origin and Destination Pair in a Deteriorated Road Network with Variable Flows, *Proceedings of the 4th Meeting of the EURO Working Group in Transportation*.
- Asakura Y. et Kashiwadani M. (1991), Road Network Reliability Caused by Daily Fluctuation of Traffic Flow, *Proceedings of the 19th PTRC Summer Annual Meeting (Seminar G)*, Brighton, pp.73-84.
- Asensio J. et Matas A. (2007), Valoración del tiempo y la fiabilidad: la C-32 en Barcelona, *Estudios de construcción y transportes*, n° 107, pp. 105-124.
- Australasian Freight Logistics (2009), *The Network of Knowledge*, 16, mars-avril 2009.
- Australian Rail Track Corporation (non daté), *Southern Sydney Freight Line Project. Macarthur to Sefton*, www.ssfl.artc.com.au/docs/SSFL_180505.pdf.
- Avineri E. et Bovy P. (2007), Practical Aspects in Applying Prospect Theory Approach in Modelling Travellers' Responses to Network Uncertainties, *Proceedings of the Third International Symposium on Transportation Network Reliability*, 19-20 juillet 2007, Pays-Bas.
- AVV (2003), *Klantenbarometer Openbaar Vervoer: Het meten van belang*, AVV, Rotterdam, Pays-Bas.

- Aymerich O. et Robusté F. (1990), Fiabilidad de redes de transporte bajo condiciones excepcionales, *Revista del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones*, n° 42, pp. 25-37.
- Badcock P. (2007), Betuwe Route Opens for Business, *Railway Gazette International*, www.railwaygazette.com/features_view/article/2007/07/7581/betuwe_route_opens_for_business.html.
- BAH et ITS (2004), Freight User Benefits Study, 2004, Final Report for Strategic Rail Authority, *Booz Allen Hamilton and Institute for Transport Studies*, University of Leeds, Royaume-Uni, www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_railways/documents/page/dft_railways_611117.pdf.
- Baniak J. (2002), A Decade of Partnership, Evolution and Growth: the I-95 Corridor Coalition, *9th World Congress on Intelligent Transport Systems*, Chicago, 14-17 octobre 2002.
- Bartley R. (2007), Marginal Valuations of Travel Time and Scheduling, and the Travel Time Premium, *Transportation Research E*, 43 (4). pp. 387-408.
- Bates J., Polak J., Jones P. et Cook A. (2001), The Valuation of Reliability for Personal Travel, *Transportation Research Part E (Logistics and Transportation Review)*, 37-2/3, pp. 191-229.
- Beuthe M. et Bouffieux C. (2008), Analysing Qualitative Attributes of Freight Transport from Stated Orders of Reference Experiment, *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 42, Part 1, pp. 105-128.
- Becket H. (2007), Competition Drives Rail Freight Renaissance, *Railway Gazette International*, décembre 2007.
- Beddow M. (2007), Private Practice, *Containerisation International*, août 2007, pp. 49.
- Bell M. (1999), Measuring Network Reliability: a Game Theoretic Approach, *Journal of Advanced Transportation*, 33 (2), pp. 125-134.
- Bell M. et Iida Y. (1997), *Transportation Network Analysis*, J. Wiley, Chichester, New York, États-Unis.
- Bertini R. et Lyman K. (2007), Developing Improved Travel Time Reliability Measures for Real-Time and Archived ITS Data Applications, article présenté à ITS Europe, 20 juin 2007, Aalborg, Danemark.
- Bhouri N. et Haj-Selam H. (2009), Improving Travel Time Reliability Using Ramp Metering: Field Assessment Results on the A6W Motorway in Paris, *12th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems*, 2-4 septembre 2009, Renodo Beach, Californie, États-Unis.
- Bhouri N. et Haj-Selam H. (2009), Motorway Ramp Metering as a Tool for Improving the Travel Time Reliability, EWGT 2009, *13th Euro Working Group on Transportation Meeting*, 23-25 septembre 2009, Padoue, Italie.
- Black I. et Towriss J. (1993), *Demand Effects of Travel Time Reliability*, Centre for Logistics and Transportation, Cranfield Institute of Technology.
- Blanchard Company (non daté), *How Union Pacific Measures Train Performance*, www.rblanchard.com/resources/texts/unionpacificperf.html.

- Blumenhagen D. (1981), Containerisation and Hinterland Traffic, *Maritime Policy and Management*, 8 (3), 197-206.
- Bogers E. et Van Lint H. (2007), Traveler's Perception of Reliability: How to Measure and how to Influence? *Proceedings of the Third international Symposium on Transportation Network Reliability*, 19-20 juillet 2007, Pays-Bas.
- Bogers E. et Van Zuylen H. (2004), The Importance of Reliability in Route Choice in Freight Transport for Various Actors on Various Levels, *Proceedings of the European Transport Conference*, 4-6 octobre 2004, Strasbourg, France.
- Bogers E., Viti F. et Hoogendoorn S. (2005), Joint Modeling of ATIS, Habit and Learning Impacts on Route Choice by Laboratory Simulator Experiments, *Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 9-13 janvier 2005, Washington, États-Unis.
- Brooks M. (2000), *Sea Change in Liner Shipping*, Oxford, Pergamon.
- Brooks M. et Cullinane K. (2007), Introduction, in Brooks M.R., Cullinane K. (eds), *Devolution, Port Governance and Port Performance, Research in Transportation Economics*, vol. 17, Elsevier, pp. 3-28.
- Brownstone K. et Small K. (2002), *Valuing Time and Reliability: Assessing Evidence from Road Pricing Demonstrations*, University of California, Irvine, États-Unis.
- Brownstone K. et Small K. (2005), Valuing Time and Reliability: Assessing the Evidence from Road Pricing Demonstrations, *Transportation Research Part A*, 39, pp. 279-293.
- Bruzelius N. (2001), *The Valuation of Logistics improvements in CBA of Transport Investments – A Survey*, SAMPLAN, SIKÅ, Suède.
- Bryan J., Weisbrod G., Martland C. (2007), *Rail Freight Solutions to Roadway Congestion – Final Report and Guidebook*, National Cooperative Highway Research Program Report 586, Transportation Research Board, Washington, États-Unis.
- BSL (2008), *Survey on Price and Demand Elasticity in Terms of Reliability in Freight Railway Services*, BSL Management Consultants GmbH & Co., www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html.
- Bureau of Transport and Communication Economics (1996), *Quality of Rail Freight Service: the Customer Perspective*, BTCE, Working Paper 96, Australian Government Publishing Service.
- Bureau of Transport and Regional Economics (2003), *Rail Infrastructure Pricing: Principles and Practice*, BTRE, Report 109, Canberra, Australie, www.btre.gov.au/publications/61/Files/btre_r109.pdf.
- Burns R. (2004), Electricity Reliability: How Much, by What Means, at What Cost?, *International Association for Energy Economics Conference*, juillet 2004, Washington, États-Unis, www.iaee.org/documents/washington/Robert_Burns.pdf.

- Cambridge Systematics (2006), *Traffic Congestion and Reliability: Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation*, Final report prepared for Federal Highway Administration, http://ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/congestion_report_05.pdf.
- Cassir C., Yang H., Ka Kan L., Tang W. et Bell M. (2001), Travel Time Versus Capacity Reliability of a Road Network, *Reliability of Transport Networks*, Research Studies Press Ltd., Royaume-Uni.
- Chen A., Yang H., Lo H. et Tang W. (1999), A Capacity Related Reliability for Transportation Networks, *Journal of Advanced Transportation*, 2 (vol. 33) pp. 183-200.
- City of Chicago Department of Transportation (2003), Freight Rail Futures Report (annexes et bibliographie), http://egov.cityofchicago.org/webportal/COCWebPortal/COC_EDITORIAL/3appendices.pdf.
- Clark S. et Watling D. (2005), Modelling Network Travel Time Reliability under Stochastic Demand, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2 (vol. 39) pp. 119-140.
- Cohen S. et Zhang M.Y. (2007), Tronc commun A4-A86. Utilisation dynamique de la voie auxiliaire : quel impact sur le trafic ?, *Revue générale des routes*, octobre 2007, pp. 44-48.
- Committee on Transportation and Infrastructure (2006), U.S. Rail Capacity Crunch, *109th Congress House Hearings*, Hearing before the subcommittee on railroads of the Committee on Transportation and Infrastructure, House of Representatives, http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=109_house_hearings&docid=f:28281.wais.
- Conférence européenne des ministres des Transports (2006a), *Voies navigables et protection de l'environnement*, CEMT, OCDE, Paris, France.
- Conférence européenne des ministres des Transports / Forum international des transports (2007), *La congestion : un défi global*, CEMT/FIT, OCDE, Paris, France.
- Copley G., Murphy P. et Pearce D. (2002), Understanding and Valuing Journey Time Variability, *European Transport Conference 2002*, Cambridge, Royaume-Uni.
- COWI (2005), Stratégieanalyse København-Ringsted, Samfundsøkonomisk analyse, Baggrundrapport.
- CRS (2007), *CRS Report for Congress, Rail Transportation of Coal to Power Plants: Reliability Issues*, Congressional Research Services. <http://ncseonline.org/NLE/CRSreports/07Oct/RL34186.pdf>.
- Cullinane K. et Song D-W. (Ed.) (2007), *Asian Container Ports. Development, Competition and Co-operation*, Palgrave Macmillan.
- CURE (2005), Rail Report, Consumers United for Rail Equity, Newsletter, août 2005, www.railcure.org/pdf/newsletter0805.pdf.
- Danielis R., Marcucci E. et Rotaris L. (2005), Logistics Managers' Stated Preference for Freight Service Attributes, *Transportation Research Part E 41*, pp. 201-215.
- Deardorff A. (2003), Importance du coût et du temps de transport pour le commerce international, article présenté à la Table ronde 127 « Le temps et les transports », CEMT, 4-5 décembre 2003, Paris, France.

- De Jong G., Daly A., Pieters M., Vellay C., Bradley M. et Hofman F. (2003), A Model for Time of Day and Mode Choice Using Error Components Logit, *Transportation Research E*, Logistics and Transportation Review, 39, pp. 245-268.
- De Jong G., Kroes E., Plasmeijer R., Sanders P. et Warffemius P. (2004), The Value of Reliability, *Proceedings of the European Transport Conference 2004*, 4-6 octobre 2004, Strasbourg, France.
- De Langen P. (2007), Stakeholders, Conflicting Interests and Governance in Port Clusters, in Brooks M.R. et Cullinane K. (eds), *Devolution, Port Governance and Port Performance*, Research in Transportation Economics, vol. 17, Elsevier, pp. 457-477.
- D'Este G. et Taylor M. (2003), Network Vulnerability: an Approach to Reliability Analysis at the Level of National Strategic Transport Networks, *The Network Reliability of Transport*, Bell M. et Iida Y. (Eds.), Pergamon, Oxford, Royaume-Uni, pp. 23-44.
- Department for Transport (1998), *A New Deal for Trunk Roads in England: Guidance on the New Approach to Appraisal*, Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni, www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/multimodal/aneudealfortrunkroadsinengla5491.
- Department for Transport (2002), *Multi-Modal Transport Appraisal Investment*, Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni, www.dft.gov.uk/162259/165223/multimodalappraisal.
- Department for Transport (2006), Journey Time Reliability on Motorways and Trunk Roads: Measure for PSA Target Published, Press Notice, 14 février 2006, Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni, www.gnn.gov.uk/environment/fullDetail.asp?ReleaseID=187497&NewsAreaID=2&NavigatedFromDepartment=True.
- Department for Transport (2007), *Delivering a Sustainable Railway*, White Paper CM 7176, Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni.
- Department for Transport (2008), *Roads – Delivering Choice and Reliability*, juillet 2008, Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni, www.dft.gov.uk/pgr/roads/introtoroads/roadcongestion/roadscommandpaper1.pdf.
- Department for Transport (2009), The Reliability Sub-Objective, TAG Unit 3.5.7., Ministère britannique des Transports, Royaume-Uni, http://www.dft.gov.uk/webtag/webdocuments/3_Expert/5_Economy_Objective/3.5.7.htm.
- Dobias G. (2003), *Vers la voiture automate, circulation et sécurité*, Odile Jacob (Éd.), mai 2003.
- Douglas Economics (2004), *Value of Rail Travel Time*, RailCorp, www.railcorp.info.
- Douglas Economics (2006), *Value and Demand Effect of Rail Service Attributes*, RailCorp, www.railcorp.info.
- Dziekian K. et Vermeulen A. (2006), Psychological Effects of and Design Preferences for Real-Time Information Displays, *Journal of Public Transportation*, vol. 9, n° 1 (www.nctr.usf.edu/jpt/jptv9n1.htm), pp. 71.

- Eliasson J. (2004), Car Drivers' Valuations of Travel Time Variability, Unexpected Delays and Queue Driving, *Proceedings of the European Transport Conference, 2004*.
- Eliasson J. (2006), Forecasting Travel Time Variability, Working Paper.
- Emmerink R., Verhoef E., Nijkamp P. et Rietveld P. (1998), Information Policy in Road Transport with Elastic Demand: Some Welfare Economic Considerations, *European Economic Review* 42 (1998), pp. 71-95.
- Entrepreneur.com (2007), Railroads Rebuilding Trust in Perishables Services, *Frozen Food Digest*, février-mars 2007, www.entrepreneur.com/tradejournals/article/162361506.html.
- European Conference of Ministers of Transport (2006b), *Strengthening Inland Waterway Transport, Pan-European Co-operation for Progress*, ECMT, OECD, Paris, France.
- Federal Highway Administration (2004), *Traffic Congestion and Reliability: Linking Solutions to Problems*, FHWA, Washington, États-Unis.
- Federal Highway Administration (2005), *Traffic Congestion and Reliability, Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation*, FHWA, Washington, États-Unis.
- Federal Highway Administration (2006), *Travel Time Reliability: Making it There on Time, all the Time*, FHWA, Washington, États-Unis.
- Finnish Ministry of Transport and Communications (2006), *Measures for Improving the Smoothness of Heavy Goods Traffic Flows at the Finnish–Russian Border*, Publications of the Finnish Ministry of Transport and Communications 55/2006, Finlande.
- Finnish Road Administration (2001), Winter Road Maintenance, Policy 2001, Administration finlandaise des routes, Finlande, http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/winter_road_mainten_policy_2001.pdf.
- Florida Department of Transportation Research (2008), Evaluating the Effectiveness of Various Truck Lane Restriction Practices in Florida: Phase II, États-Unis, www.dot.state.fl.us/research-center/Completed_Proj/Summary_TE/FDOT_BD543_10.pdf.
- Fosgerau M., Hjorth K, Brems C. et Fukuda D. (2008), Travel Time Variability – Definition and Valuation, Danish Department of Transport 1:2008, Danemark.
- Fosgerau M. et Karlström A. (2007), *The Value of Reliability*, MPRA.
- Fowkes A., Firmin P., Whiteing A. et Tweddle G. (2001), Freight Users Valuation of Three Different Aspects of Delay, *Proceedings of the European Transport Conference 2001*, Cambridge, Royaume-Uni.
- Fowkes A., Firmin P., Tweddle G. et Whiteing A. (2004), How Highly Does the Freight Transport Industry Value Journey Time Reliability –and for What Reasons?, *International Journal of Logistics*, Volume 7, Number 1, mars 2004, pp. 33-43(11).
- Freight Transport Association (2005), Memorandum by the Freight Transport Association, House of Commons Select Committee on Transport, Transport – Seventh Report, www.publications.parliament.uk/pa/cm200405/cmselect/cmtran/218/218we19.htm.

- Frémont A. et Soppé M. (2007), Northern European Range: Shipping Line Concentration and Port Hierarchy, in Wang J., Olivier D., Notteboom T. et Slack B. (Eds.), *Ports, Cities and Global Supply Chains*, Ashgate, 105-120.
- Frémont A. et Ducruet C. (2005), The Emergence of a Mega-Port – From the Global to the Local, the Case of Busan, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, vol. 96, n° 4, pp. 421-432.
- Frémont A., Franc P. et Slack B. (2007), Inland Waterways and Port Competition: a New Challenge for the French Ports, article présenté à la conférence de l'IAME (International Association of Maritime Economists), Grèce.
- Future Strategic Highway Research Program, Providing a Highway System with Reliable Times, document Web du F-SHRP, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/f-shrp/f-shrp_webdoc_3.pdf.
- Gamelyak I., Vyrozhemsky V., Krayushkina K. et Kishchynskiy S. (2008), Materials on Reliability of Motor Roads, document de référence du groupe de travail, consultable sur <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html>.
- Georgia Department of Transportation (2008), Statewide truck lane needs identification study, Ministère des Transports de Géorgie, États-Unis, www.atlantaregional.com/documents/Statewide_Truck_Lane_Study_TCC_Presentation_Jan_18.ppt.
- Giuliano G. (2004), Alameda Corridor: A Blueprint for the Future?, Summary and Observations, 10 février 2004, Davidson Conference Center, University of Southern California, États-Unis, www.usc.edu/schools/sppd/keston/pdf/alameda-corridor.pdf.
- Gouveral E., Debie J. et Slack B. (2005), Dynamics of Change in the Port System of the Western Mediterranean, *Maritime Policy Management*, vol. 32, n° 2, pp. 107-121.
- Hamer R., De Jong G. et Kroes E. (2005), The Value of Reliability in Transport – Provisional Values for the Netherlands Based on Expert Opinion, RAND Technical Report Series, TR-240-AVV, Pays-Bas.
- Harder K., Bloomfield J., Levinson D. et Zhang L. (2005), *Route Preferences and the Value of Travel-Time Information for Motorists Driving Real-World Routes*, University of Minnesota Department of Civil Engineering, États-Unis, www.lrrb.org/pdf/200520.pdf.
- HCG (1992a), De reistidjswaardering in het goederenvervoer, Rapport Hoofdonderzoek, Report 142-1 for Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, Hague Consulting Group, La Haye, Pays-Bas.
- HCG (1992b), Study into the Social Benefits of Goods Transport by Road – The Conjoint Analysis, Report HCG 170-2 for the International Road Transportation Union, Hague Consulting Group, La Haye, Pays-Bas.
- HEATCO (2005), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*, Deliverable 1, Current Practice in Project Appraisal in Europe, janvier 2005, <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>.

- HEATCO (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*, Deliverable 5, Proposal for Harmonized Guidelines, février 2006, <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>.
- Heaver T. (2002), The Evolving Roles of Shipping Lines in International Logistics, *International Journal of Maritime Economics*, (4): 210-230.
- Heaver T. (2005), Responding to Shippers' Supply Chain Requirements, in Leggate H., McConville J. et Morvillo A. (eds) *International Maritime Transport Perspectives*, Routledge, Londres et New York, pp. 202-214.
- Heaver T., Meersman H. et Van de Voorde E. (2001), Co-operation and Competition in International Container Transport: Strategies for Ports, *Maritime Policy and Management* 28 (3), pp. 293-305.
- Hollander Y. (2005), *The Attitudes of Bus Users to Travel Time Variability*, Association for European Transport and Contributors, 2005.
- Hopkin M. (2006), Hitting the rails, 20 octobre 2006, *RedOrbit Online Knowledge Network*, www.redorbit.com/news/business/700561/hitting_the_rails/index.html.
- Huisman T. et Boucherie R. (2001), Running Times on Railway Sections with Heterogeneous Train Traffic, *Transportation Research Part B* 35, pp. 271-292.
- Husdal J. (2004), Reliability and Vulnerability Versus Costs and Benefits, article présenté à l'European Transport Conference 2004, Strasbourg, 4-6 octobre 2004, http://husdal.typepad.com/blog/docs/etc2004_epr08ii_husdal_revised.pdf.
- Husdal J. (2005), The Vulnerability of Road Networks in a Cost-Benefit Perspective, *Proceedings of the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 9-13 janvier 2005, Washington, États-Unis.
- Immers L., Stada J., Yperman I. et Bleukx A. (2004), Robustness and Resilience of Transportation Networks, *Proceedings of the 9th International Scientific Conference MOBILITA*, 2004, Bratislava, République slovaque.
- Infopolis 2 Consortium (2000), Inventory: At-stop Display, Passenger Information on Public Transport, www.ul.ie/~infopolis et www.ul.ie/~infopolis/existing/stopdisp.html.
- International Railway Journal (2007), Lötschberg Tunnel Set for June Opening, *International Railway Journal*, juin 2007.
- InterVistas (2008), Value of Time and Reliability for Local Trips in Canada, Final Report, mars 2008.
- Janin J.-F. (2003), Des transports intelligents ? Comment y parvenir, *Les dossiers du CERTU*, n° 148, CERTU, France.
- Jones C. et Sedor J. (2006), Improving the Reliability of Freight Travel, *Public Roads*, juillet-août 2006.
- Joint Transport Research Centre (2008), Port Competition and Hinterland Connections, JTRC, Discussion Papers, n° 2008-19.

- Keisling L. (2004), Is Network Reliability a Public Good?, *International Association for Energy Economics Conference*, juillet 2004, Washington, États-Unis.
www.iaee.org/documents/washington/Lynne_Kiesling.pdf.
- Knoop V., Hoogendoorn S. et Van Zuylen H. (2007), Quantification of the Impact of Spillback Modeling in Assessing Network Reliability, *Proceedings of the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, CD-Rom version, Washington, États-Unis.
- Konings R. (2006), Hub and Spoke Networks in Container on Barge Transport, article présenté à la 85^e réunion annuelle du Transportation Research Board, TRB meeting, 2006, Washington, États-Unis.
- Kouwenhoven M., de Jong G. et Rietveld P. (2005), Reliability Ratio's voor het Goederenvervoer, Final report to AVV, RAND Technical Report Series, WR-274-AVV, Pays-Bas.
- Kouwenhoven M., van Grol R., Kroes E. et Schoemakers A. (2006), Development of a Tool to Assess the Reliability of Dutch Road Networks, *Proceedings of the European Transport Conference*, octobre 2006, Strasbourg, France.
- Kuipers B. et Rozemeijer S. (2006), *Strategies by Shippers and Transport Companies in Response of Decreasing Reliability of Travel Times*, TNO, Delft, Pays-Bas.
- Kummer S. et Nagl P. (2007), *Economic Benefits of Traffic Control Units*, Zentrum Transport Logistik GmbH, janvier 2007, Vienne, Autriche.
- Liikennevirasto (2000), *Tie- ja liikennetekniikka. Tietyömaiden liikennehaittojen arviointi*. Tielaitoksen selvityksiä 14/2000, Administration finlandaise des routes, Helsinki, Finlande.
- Linauer M., Schneider M. et Hainitz N. (2006), Travel Time Estimation based on Real-Time Toll Data, *13th World Congress on ITS*, 08.-12.10.2006, Londres, Royaume-Uni.
- Litman T. (2007), *Travel Time, Transportation Costs and Benefit Analysis*, Victoria Transport Policy Institute, www.vtpi.org.
- Lo H. (2002), Trip Travel Time Reliability in Degradable Transport Networks, *Proceedings of the 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (ISTTT)*, Adelaïde, Australie.
- Lomax T., Schrank D., Turner S. et Margiotta R. (2003), *Selecting Travel Reliability Measures*, Texas Transportation Institute Cambridge Systematics, Inc.
- M6 Toll After Study (2005), Post Opening Project Evaluation, M6 Toll After Study, Traffic and Safety Summary, www.highways.gov.uk/roads/documents/one_year_after_study.pdf.
- Mackie P., Nellthorp J., Laird J. et Ahmed F. (2003), *Toolkit for the Evaluation of World Bank Transport Projects*, The World Bank, Washington, États-Unis.
- Margiotta R. et Taylor R. (2006), Traffic Congestion and Reliability: Making the Connection with Operations, Part 1: Measuring and Tracking Reliability. *ITE Journal*, février 2006.
- Mattsson L.-G. (2004), Train Service Reliability. A Survey of Methods for Deriving Relationships for Train Delays, <http://users.du.se/~jen/Seminarieuppsatser/Forsening-tag-Mattsson.pdf>.

- McKinnon A. (2004), Benchmarking the Efficiency of Retail Deliveries in the UK, BRC Solutions, *British Retail Consortium Magazine*, Issue 5, 2004.
- McKinnon A. (2006), Road Transport Optimisation, in Waters, D. (Ed.), *Global Logistics and Distribution Planning* - 5th edition, Kogan Page, Londres, Royaume-Uni.
- McKinnon A., Palmer A., Edwards J. et Piecyk M. (2008), *Reliability of Road Transport from the Perspective of Logistics Managers and Freight Operators*, Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, Royaume-Uni, www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html.
- McKinnon A., Yongli G. et Duncan L. (2003), *Analysis of Transport Efficiency in the UK Food Supply Chain*, Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, avril 2003, Royaume-Uni.
- MDS Transmodal (2007), *Supply and Demand in the Container Trades, Global and Regional Trends and Forecasts*.
- MergeGlobal (2006), *Coping with Uncertainty, How Might Market Forces Create New Ocean Transport Products for Service-Sensitive Container Shipments?*
- Metropolitan Transportation Commission (2006), MTC Transit Connectivity Plan, MTC, www.mtc.ca.gov/planning/connectivity/Final_Connectivity_Study/finalsummary.pdf.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004a), Aanvulling leidraad OEI-directe effecten, Ministère néerlandais des Transports et des Voies d'Eau, La Haye, Pays-Bas.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2004b), Nota Mobiliteit, Ministère néerlandais des Transports et des Voies d'Eau, Pays-Bas, www.notamobiliteit.nl.
- Moses B. (2007), Evaluating the Effectiveness of Various Truck Lane Restriction Practices in Florida – Phase II, Volume 3 – Evaluation of Truck Lane Restriction in Non-Limited Access Urban Areas. Final Report, www.dot.state.fl.us/research%252Dcenter/Completed_Proj/Summary_TE/FDOT_BD543_10_rpt_v3.pdf.
- Mott MacDonald (2009), Development of INCA to Incorporate Single Carriageways and Managed Motorways, UK Department for Transport, Royaume-Uni, <http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/ttv/inca/inca.pdf>.
- MVA (2000), Étude de l'impact des phénomènes d'irrégularité des autobus – Analyse des résultats, MVA, Paris, France.
- Natarajan B., Duncan C. et Simpson D (2005), Strategic Innovations in North American Railroad Management, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n° 1924, pp. 146–152.
- National Cooperative Highway Research (2008), Cost-Effective Performance Measures for Travel Time Delay, Variation and Reliability, NCHRP Report 618, Transportation Research Board, Washington, États-Unis.

- Nes R., Marchau V., van Wee G. et Hansem I. (2007), Reliability and Robustness of Multimodal Transport Network Analysis and Planning: Towards a New Research Agenda, article présenté à la 3^e conférence INSTR, Rotterdam, Pays-Bas.
- Network Rail (2009), Train Performance Report, Period 2, 2009/10, www.networkrailmediacentre.co.uk/imagelibrary/downloadMedia.asp?MediaDetailsID=2361.
- New Zealand Transport Agency (2008), *Economic Evaluation Manual*, Volume 1, Amendment n° 2, septembre 2008, NZTA, www.nzta.govt.nz.
- Nicholson A. (2007), Road Network Unreliability: Impact Assessment and Mitigation, *International Journal of Critical Infrastructures*, vol. 3, n° 3-4.
- Nicholson A. et Dalziell E. (2001), Assessing and Mitigating the Impacts of Road Network Unreliability, article présenté au 1^{er} symposium INSTR.
- Notteboom T. et Konings R. (2004), Network Dynamics in Container Transport by Barge, *Belgéo*, 4, pp. 461-478.
- Notteboom T. et Rodrigue J.-P. (2007), Re-Assessing Port-Hinterland Relationships in the Context of Global Commodity Chains, in J. Wang J., Olivier D., Notteboom T. et Slack B. (Eds.), *Ports, Cities and Global Supply Chains*, Ashgate.
- Notteboom T. et Winkelmanns W. (1999), Spatial (De)concentration of Container Flows: the Development of Load Centre Ports and Inland Hubs in Europe, *Transport Modes and Systems*, 8th WCTR Proceedings, Pergamon, pp. 57- 71.
- Okutani T. (2008), Road Network Reliability in Japan, document de référence du groupe de travail, consultable sur <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html>.
- Organisation de coopération et de développement économiques (2005), *Évaluation économique des chaussées à longue durée de vie : Phase I*, 2005(3), OCDE, Paris, France.
- Organisation de coopération et de développement économiques / Conférence européenne des ministres des Transports (2007), *Gérer la congestion urbaine*, OCDE, Paris, France.
- Palen J. (1997), The Need for Surveillance in Intelligent Transportation Systems, *Intellimotion*, 6:1, pp. 1-10, University of California PATH, Berkeley, Californie, États-Unis.
- PDFC (2002), *Passenger Demand Forecasting Handbook*, Passenger Demand Forecasting Council, www.atoc.org/RPDFS/index.asp.
- Péan S. (2004), *Le déploiement des ITS en France. Réalisations et stratégies*, thèse professionnelle, maîtrise SIT, École nationale des Ponts et Chaussées, décembre 2004.
- Philp J. (2007), Shipper Success Story, Railex Produce Unit Train, SEARS Conference, 2 octobre 2007, www.railshippers.com/regional/southeast/philp_presentation.pdf.

- Progressive Railroading (2003), Container Volume is Growing, but Railroads' Intermodal Profit Margins are Marginal at Best, *Progressive Railroading*, 6 juin 2003, www.progressiverailroading.com/commentary/article.asp?id=13104.
- Rail Cargo Netherland (non daté), Betuwe Route: Freight Only, www.railcargo.nl/index.cfm/menuid/6/Product/418.
- RAND Europe, SEO et Veldkamp/NIPO (2004), Hoofdonderzoek naar de reistidwaardering in het goederenvervoer, Report for the Adviesdienst Verkeer en Vervoer, RAND Europe, Leiden.
- Rieser M., Nagel K., Beuck U., Balmer M. et Rügenapp J. (2007), Truly Agent Coupling of an Activity-Based Demand Generation with a Multi Agent Traffic Simulation, *Proceedings of WCTR'07*, World Conference on Transport Research, 2007, Berkeley, California, États-Unis.
- Rijkswaterstaat (2004), DZH, Evaluatie doelgroepvoorzieningen A16 en A20, novembre 2004, DHV Ruimte en Mobiliteit.
- Ritsema van Eck J., Snellen D. et Hilbers H. (2004), Travel Time Reliability: Methodology and Some Results for the Netherlands, article présenté à la WCTR 2004, Istanbul, Turquie.
- Robinson R. (2002), Ports as Elements in Value-Driven Chain Systems: the New Paradigm, *Maritime Policy and Management* 29 (3), pp. 241-255.
- SACTRA (1999), Transport and the Economy: Full Report, The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Department for Transport, Londres, Royaume-Uni.
- Santos B., Antunes A. et Miller E. (2007), Interurban Road Network Planning Model with Accessibility and Robustness, *Proceedings of the Third international Symposium on Transportation Network Reliability*, 19-20 juillet 2007, Pays-Bas.
- Saporta M. (2008), Freight Forecast Shows Shift to Trains Makes Sense, AJC.COM, 3 March, www.ajc.com/business/content/business/saporta/stories/2008/03/02/saporta_0303.html.
- Schrank D. et Lomax T. (2005), *The 2005 Urban Mobility Report*, Texas Transportation Institute, Texas, États-Unis.
- Schreuder M., Molenkamp L., Tamminga G. et Kraan M. (2007), Vulnerability of a National Road Network, Policy, Research Quick Scan & Model, *Proceedings of the Third international Symposium on Transportation Network Reliability*, 19-20 juillet 2007, Pays-Bas.
- Schrijver J., Meeuwissen H. et Hilbers H. (2003), Het voorspellen van betrouwbaarheid van reistijden met een vervoerprognosemodel: SMARA, Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2003, CVS, Rotterdam, Pays-Bas.
- Senna L. (1991), Risk of Delays, Uncertainty and Travellers' Valuation of Travel Time Variability, 19th PTRC Summer Annual Meeting, Brighton, Royaume-Uni.
- SIKA (2000), En hög transportkvalitet för näringslivet – Underlag om mål mätt och metoder. Rapport från arbetsgrupp inom SIKAs måluppdrag, 2000-01-31, www.sika-institute.se/Doclib/Import/105/sr_2000_1u7.pdf.

- SIKA (2008), Samhällsekonomiska principer ock kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 4, SIKA PM 2008:3.
- Slack B. (1993), Pawns in the Game: Ports in a Global Transportation System, *Growth and Change*, vol. 24, pp. 579-588.
- Slack B. (1999), Satellite Terminals: a Local Solution to Hub Congestion?, *Journal of Transport Geography*, pp. 7, 241-246.
- Slack B. (2007), The Terminalisation of Seaports, in Wang J., Olivier D., Notteboom T. et Slack B. (Eds.), *Ports, Cities and Global Supply Chains*, Ashgate.
- Slack B., Comtois C. et McCalla R. (2002), Strategic Alliances in the Container Shipping Industry: a Global Perspective, *Maritime Policy and Management* 29 (1), pp. 65-76.
- Small K (1982), The Scheduling of Consumer Activities: Work Trips, *American Economic Review*, 72, juin 1982, 467-479.
- Small K, Noland R., Chu X. et Lewis D. (1999), Valuation of Travel Time Savings and Predictability in Congested Conditions for Highway User-Cost Estimation, Report 431, National Cooperative Highway Research Program, Washington, États-Unis.
- Small K., Winston C. et Yan J. (2005a), Uncovering the Distribution of Motorists' Preferences for Travel Time and Reliability, *Econometrica*, vol. 73, issue 4, pp. 1367-1382.
- Small K., Winston C. et Yan J. (2006), Differentiated Road Pricing, Express Lanes, and Carpools: Exploiting Heterogeneous Preferences in Policy Design, *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*.
- Soriguera F. et Robusté F. (2008), Travel Time Reliability and Information Systems, document de référence du groupe de travail, consultable sur <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html>.
- Soriguera F., Thorson L. et Robusté F. (2007), Travel Time Measurement Using Toll Infrastructure, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, n° 2027, National Research Council, pp. 99-107, Washington, États-Unis.
- Soriguera F., Thorson L., Grau J. et Robusté F. (2006), Bases de un sistema de medición y previsión del tiempo de viaje por carretera en Cataluña, *Actas del VII Congreso de Ingeniería del Transporte*, Ciudad Real, Espagne.
- Steer Davies Gleave (2004), Effects of Road Congestion on Rail Demand: Technical Report, A report to the Association of Train Operating Companies (ATOC).
- Stopford M. (1997), *Maritime Economics*, Routledge, Londres, Royaume-Uni.
- Sumalee A. et Watling D. (2003), Travel Time Reliability in a Network with Dependent Link Modes and Partial Driver Response, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, pp. 1687-1701.

- Swenseth S. et Buffa F. (1990), Just-in-Time: Some Effects on the Logistics Function, *International Journal of Logistics Management*, vol. 1, n° 2, pp. 25-34.
- Takagi (2004), High-Speed Railways: the Last 10 Years, *Japan Railway & Transport Review* 40, pp. 4-7, http://www.jrtr.net/jrtr40/f04_tak.html.
- Taylor M. (2007), Using Accessibility Metrics for Road Transport Vulnerability Analysis and the Identification of Critical Infrastructure Locations, *Proceedings of the Third International Symposium on Transportation Network Reliability*, 19-20 juillet 2007, Pays-Bas.
- Taylor M. (2008), *A Longitudinal Study of Travel Time Variability on a Commuter Route*, Working Paper, août 2008, Institute for Sustainable Systems and technologies, University of South Australia, Adelaïde, Australie.
- Thuermer K. (2003), Laying Down Track. Intermodal Gains Favor with Shippers, *World Trade Magazine*, 1^{er} novembre 2003, www.worldtrademag.com/CDA/Articles/Rail/1aba8e96f8af7010VgnVCM100000f932a8c0.
- Tioga Group (2003), Project 99-130: Goods Movement Truck and Rail Study. Final Report, Report prepared for Southern California Association of Governments, États-Unis, www.scag.ca.gov/goodsmove/pdf/truckrail/ch5.pdf.
- Transek (2003b), Förseningar, restidsosäkerhet och trängsel i samhällsekonomiska kalkyler, Underlag till ASEK arbetet 2002, Transek 3 maj 2002.
- Transek (2006), Samhällsekonomiska kalkyler för Nord-sydliga förbindelser i Stockholm, 18:2006.
- TransFund (1998), *Project Evaluation Manual*, TransFund New Zealand, Nouvelle-Zélande, www.transfund.govt.nz.
- Transportation Research Board (1997), *Highway Capacity Manual*, TRB, Washington, États-Unis.
- Transportation Research Board (2008), The Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation, National Research Council of the National Academies, TRB Special Report 290, Washington, États-Unis.
- TranSystems Corporation (non daté), Multistate Transportation Operations Programs. Critical issues and opportunities, www.uppermidwestfreight.org/files/04-09-13_Summary_Report.pdf.
- Tseng Y.-Y. (2008), *Valuation of Travel Time Reliability in Passenger Transport*, PhD theses, Tinberger Institute.
- Turnbull K. et Pratt R. (2003), Transit Information and Promotion: Traveler Response to Transport System Changes, Chapter 11, TCRP 95, Transportation Research Board, http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_95c11.pdf.
- United Nations (2008), Joint Study on Developing Euro-Asian Transport Linkages, Prepared under the United Nations Development Account Project on “Capacity Building through Cooperation in Developing Land and Land-Sea Interregional Transport Linkages”, Nations Unies, New York et Genève.

- Van de Kaa E. (2008), *Extended Prospect Theory: Findings on Choice Behaviour from Economics and the Behavioural Sciences and their Relevance for Travel Behaviour*, Trail Research School, Pays-Bas,
http://www.narcis.info/dare/RecordID/oaitudelftnl381534/Language/nl/repository_id/tuddare/.
- Van Lint J. (2004), Freeway Travel Time Reliability Maps – Using the Shape of the Day-to-Day Travel Time Distribution, article présenté au 8th congrès TRAIL, 23 novembre 2004, Rotterdam, Pays-Bas.
- Van Lint J. et Van Zuylen H. (2005), Monitoring and Predicting Freeway Travel Time Reliability, *Transportation Research Record* 1917 (Data initiatives), pp. 54-62.
- Van Lint J., Zuylen H. et Tu H. (2008), Travel Time Reliability on Freeways: Different Why Measures Based on Variance Tell Only Half the Story, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 42, Issue 1, janvier 2008, pp. 258-277.
- Van Slobbe R. (2002), Larger Volumes, Increasing Scale, Environmental Aspects and Road Congestion Require Intermodal Solutions, communication non publiée, ITMMAPS Conference, Anvers, 18-20 avril 2002.
- Vickrey W. (1969), Congestion Theory and Transport Investment, *American Economic Review* (Papers and proceedings), 59, pp. 251-261.
- Vincent M. (2008), Measurement Valuation of Public Transport Reliability, Land Transport New Zealand Research Report 339, Nouvelle-Zélande, www.landtransport.govt.nz.
- Wakabayashi H. et Iida Y. (1992), Upper and Lower Bounds of Terminal Reliability of Road Networks: an Efficient Method with Boolean Algebra, *Journal of Natural Disaster Science* (vol. 14), pp. 29-44.
- Wardman M. (2001), A Review of British Evidence on Time and Service Quality Valuations, *Transportation Research Part E* 37, pp. 107-128, 285-316.
- Wardman M. (2004), Public Transport Values of Time, *Transport Policy* 11, pp. 363-377.
- Warffemius P. (2005), Using the Standard Deviation of the Travel Time Distribution as an Indicator for Valuing the Reliability of Travel Time, AVV Research Program Report, Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Pays-Bas.
- Washington State Transportation Committee (2006), *Statewide Rail Capacity and System, Needs Study*, Task 10.2 – Washington State Rail Investment Plan, Technical Memorandum, www.wstc.wa.gov/Rail/TM10_2_WashStateRailInvestPlan.pdf.
- Watling D., Sumalee A., Connors R. et Balijepalli C. (2004), *Advancing Methods for Evaluating Network Reliability*, Institute for Transport Studies, University of Leeds, Royaume-Uni.
- Woychick E. (2006), Capacity for the Energy-Only Market: Demand Response to Educate Customers, Hedge Market Power, and Ensure Revenue Adequacy.
http://speakuptexas.com/electric/projects/32853/Eric_Woychik_WP.doc.

- Yang H., Bell M. et Meng Q. (2000), Modeling the Capacity and Level of Service of Urban Transportation Networks, *Transportation Research Part B*, 34, p. 255-275.
- Ygnace J.-L. et De Banville E. (1999), Les systèmes de transport intelligent : un enjeu stratégique mondial, *La documentation française*, décembre 1999.
- Yuen-wah L. (2003), Evaluating the Urban Commute Experience: A Time Perception Approach, *Journal of Public Transportation*, vol. 6, n° 4, pp. 41-67, www.nctr.usf.edu/jpt/pdf/JPT%206-4%20Li.pdf.
- Ziha K. (2000), Event Oriented System Analysis, *Probabilistic Engineering Mechanics*, vol. 15, n° 3, Elsevier, pp. 261-75.
- Ziha K. (2000), Redundancy and Robustness of Systems of Events, *Probabilistic Engineering Mechanics*, 4 (vol. 15), pp. 347-357.

PARTICIPANTS AUX TRAVAUX

Président

Hans JEEKEL
Centre des infrastructures du ministère néerlandais des Transports
et des Voies d’Eau (Pays-Bas)

Membres du groupe de travail

Australie

Peter KAIN
Direction de l’Économie des Transports

Lyn MARTIN
Direction de l’Économie des Transports

Autriche

Florian MATIASEK
Ministère fédéral des Transports, de l’Innovation et de la
Technologie

Canada

Louis-Paul TARDIFF
Transports Canada

Danemark

Flemming CLAUSEN
Direction danoise des routes

Espagne

Francesc ROBUSTÉ
Université polytechnique de Catalogne (UPC)

Francesc SORIGUERA
Université polytechnique de Catalogne (UPC)

États-Unis

William HYMAN
Conseil de recherche sur les transports / 2^e Programme
stratégique de recherche routière (SHRP 2)

Ed WEINER
Ministère des Transports

Finlande

Juha PARANTAINEN
Ministère des Transports et des Communications

France	Neila BHOURI INRETS Xavier DELACHE Ministère du Développement durable Antoine FRÉMONT INRETS
Grèce	Matthew KARLAFTIS Université technique nationale
Japon	Tadashi OKUTANI Institut national de l'Aménagement du Territoire et des Infrastructures
Pays-Bas	Jan VAN DER WAARD Centre des transports et de la navigation (DVS) Pim WARFFEMIUS Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM)
Royaume-Uni	Prabhat VAZE Ministère des Transports
Ukraine	Sergiy KISHCHYNSKY Institut national de recherche sur les transports routiers Kateryna KRAYUSHKINA Institut national de recherche sur les transports routiers Valery VYROZHEMSKY Institut national de recherche sur les transports routiers
Centre conjoint de recherche sur les transports de l'OCDE et du FIT	Jari KAUPPILA Stephen PERKINS

Principaux relecteurs : Peter Kain et Jari Kauppila. Membres du comité de rédaction : Xavier Delache (France), Antoine Frémont (France), William Hyman (États-Unis / SHRP 2), Lyn Martin (Australie), Stephen Perkins (Secrétariat), Prabhat Vaze (Royaume-Uni), Jan van der Waard (Pays-Bas), Pim Warffemius (Pays-Bas) et Ed Weiner (États-Unis).

Les personnes suivantes ont révisé la version finale du rapport et ont permis, par leurs observations pertinentes, de l'améliorer sensiblement dans le fond et dans la forme :

Réviseurs

Professor Dr. Gerard de Jong, Significance, ITS Leeds et NEA

Bruno Jacques, Directeur de la division Analyse et recherches économiques et environnementales, Transports Canada

Autres commentateurs

Rose Anne Amourdon, Transports Canada

Malcolm Blair, Centre Vanderbilt de recherche sur les transports, États-Unis

Serge Le Cunff, Sétra/DREX, France

Professor Jonas Eliasson, Institut royal de technologie, Suède

Mogens Fosgerau, Institut des transports, Danemark

Joel Franklin, Institut royal de technologie, Suède

Paul Koster, Département d'économie spatiale, Université Vrije d'Amsterdam, Pays-Bas

Joanne Leung, Ministère des Transports, Nouvelle-Zélande

Alina Mustra, Banque mondiale

Professor Lauri Ojala, École supérieure des sciences économiques et commerciales de Turku, Finlande

Stefanie Peer, Département d'économie spatiale, Université Vrije d'Amsterdam, Pays-Bas

Hanne Samstad, Transportøkonomisk institutt (TØI), Norvège

Professor Michael Taylor, Université d'Australie du Sud, Australie

Professor Erik Verhoef, Département d'économie spatiale, Université Vrije d'Amsterdam, Pays-Bas

Matthew White, Chief Scientific Adviser's Unit, Ministère des Transports, Royaume-Uni

Le groupe de travail remercie également les membres du comité de coordination technique sur la fiabilité du 2^e Programme stratégique de recherche routière et du comité du Centre conjoint de recherche sur les transports, pour leurs précieux commentaires.

Les rapports de consultation suivants, élaborés pour servir de contributions au projet, sont disponibles dans leur intégralité sur le site Web du Centre britannique de recherche sur les transports (TRL) :

<http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/infrastructure/networks/documents.html>

McKinnon A., Palmer A., Edwards J. et Piecyk M. (2008), *Reliability of Road Transport from the Perspective of Logistics Managers and Freight Operators*, Logistics Research Centre, Heriot-Watt University.

BSL (2008), *Survey on Price and Demand Elasticity in Terms of Reliability in Freight Railway Services*, BSL Management Consultants GmbH & Co.

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 que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier 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, 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. La Commission 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.

AMÉLIORER LA FIABILITÉ DES RÉSEAUX DE TRANSPORT DE SURFACE

Tant les passagers que les chargeurs pour les transports de marchandises souhaitent disposer de services de transports fiables. Peu de recherches ont cependant été entreprises pour incorporer la fiabilité dans l'évaluation des projets de transports et ceci en dépit de l'importance croissante accordée à la synchronisation temporelle des activités économiques.

Ce rapport fournit aux décideurs politiques un cadre d'analyse pour appréhender la question de la fiabilité, pour l'incorporer dans l'évaluation des projets et pour élaborer des politiques à partir de cette notion. Il propose également tout un éventail d'indicateurs de performances en matière de fiabilité. Des études de cas au sein des pays de l'OCDE et du FIT fournissent des exemples de plusieurs instruments politiques fondamentaux qui peuvent être utilisés pour aboutir à des réseaux de transports plus fiables, et ce d'une manière économiquement efficiente.

Ce rapport accomplit des progrès significatifs pour identifier les méthodologies adéquates pour incorporer la fiabilité dans l'évaluation des politiques et projets et souligne les erreurs qui doivent être évitées dans ce domaine.



www.internationaltransportforum.org

éditions OCDE

www.oecd.org/editions

(77 2009 01 2 P1)

ISBN 978-92-821-0243-5



9 789282 102435