

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

Base méthodologique

pour la définition

de critères communs concernant
les goulets d'étranglement, les liaisons
manquantes et la qualité de service
sur les réseaux d'infrastructure



NATIONS UNIES

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

BASE MÉTHODOLOGIQUE

POUR LA DÉFINITION

**DE CRITÈRES COMMUNS CONCERNANT
LES GOULETS D'ÉTRANGLEMENT,
LES LIAISONS MANQUANTES ET LA QUALITÉ
DE SERVICE SUR LES RÉSEAUX
D'INFRASTRUCTURE**



NATIONS UNIES

New York et Genève, 2009

NOTE

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été établi par le professeur Alan Pearman, de l'Université de Leeds (Royaume-Uni). L'auteur souhaiterait exprimer ses remerciements à tous les membres du Groupe de travail informel de la CEE qui ont participé à la première phase de cet exercice, qui vise à faire le point sur l'évolution de la question depuis 1994 et la mise en évidence des éléments de base qui doivent être examinés dans le cadre de la révision du document TRANS/WP.5/R.60.

ECE/TRANS/205

AVANT-PROPOS

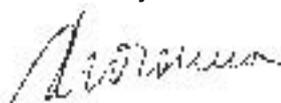
La Commission économique pour l'Europe de l'ONU (CEE) œuvre à la mise en place de réseaux d'infrastructures de transport cohérents dans la région paneuropéenne depuis sa création en 1947. La valeur des activités qu'elle mène dans ce domaine est reconnue à l'échelle internationale, notamment en ce qui concerne l'élaboration des grands accords internationaux relatifs aux infrastructures, qui définissent les principaux itinéraires de transport paneuropéens. L'élaboration de méthodologies largement acceptées concernant les transports, dont la présente publication est un exemple, est un élément important pour tous les pays de la CEE.

Cette publication, intitulée « **Base méthodologique pour la définition de critères communs concernant les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et la qualité de service sur les réseaux d'infrastructure** », se situe dans le prolongement des activités qui ont été menées précédemment pour le compte du Comité des transports intérieurs de la CEE et qui sont mentionnées dans les pages suivantes. Elle vise à établir une méthode qui permettra d'établir un tableau objectif des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes dans la région paneuropéenne.

Comme suite aux discussions sur la nécessité d'actualiser les méthodes appliquées pour recenser les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes, adoptées par le Comité des transports intérieurs au début des années 90, les représentants des gouvernements au sein du Groupe de travail de la CEE chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports ont décidé de commander un nouveau rapport sur cette question. Un groupe informel d'experts, appuyé par le secrétariat de la CEE, a aidé M. Alan Pearman, professeur à l'Université de Leeds, à établir ce rapport, que le Groupe de travail de la CEE chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports a adopté à sa vingt et unième session (9 et 10 septembre 2008).

La version révisée de la méthodologie pour faire le point sur les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et la qualité de service dans les réseaux d'infrastructure facilitera l'évaluation et la sélection sur une base cohérente des projets d'infrastructure de transport d'importance internationale dans l'ensemble de la région de la CEE.

Genève, janvier 2009



L'Administrateur responsable de la
Commission économique des Nations Unies
pour l'Europe
Paolo Garonna

PRÉFACE

Pourquoi le Comité des transports intérieurs de la CEE a entrepris cette étude

1. Depuis quelques années, la planification et la coordination internationales des initiatives concernant les infrastructures de transport suscitent un intérêt croissant en Europe. L'évolution de la situation géopolitique dans les années 90, la croissance de l'Union européenne et l'importance grandissante des liens commerciaux avec l'Asie sont autant de facteurs qui ont contribué à susciter cet intérêt.
2. La planification des transports à une telle échelle n'est pas une tâche simple. Tant techniquement que politiquement, il importe d'avoir une vision commune des concepts clefs, qui viennent soutenir les efforts de coordination.
3. Deux concepts particuliers sont régulièrement mentionnés au cours des débats : *goulets d'étranglement et liaisons manquantes*. La planification des infrastructures à un haut niveau est souvent présentée comme un exercice consistant essentiellement à mettre en évidence les problèmes dus aux goulets d'étranglement et aux liaisons manquantes dans les systèmes existants et à essayer ensuite d'y remédier.
4. Or les définitions formelles de ces deux termes sont moins claires qu'il y paraît, d'où le risque de malentendus et de manque de cohérence lors des débats de fond. La présente étude a été commandée afin d'examiner les différentes manières dont les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes ont été définis, et de recommander, pour chacun des principaux modes de transport intérieur, de quelle manière on pourrait s'efforcer d'unifier les définitions.

Ce que l'étude de la CEE a permis de trouver

5. Autant il est relativement facile de parvenir à une vision intuitive largement partagée des termes « goulets d'étranglement » et « liaisons manquantes », autant il est difficile d'établir, sur le plan technique, une définition communément admise de chacun de ces termes.
6. L'accent étant mis principalement sur le trafic international, la présente étude visait à établir des définitions de ces deux termes, qui reposent sur des bases théoriques solides, claires et précises, compréhensibles par les diverses parties prenantes et pouvant donner lieu à des applications concrètes. Toutefois, ces objectifs n'ont pas tous été atteints. En effet, il s'est avéré difficile d'établir des définitions rigoureuses sur le plan technique et, dans certains domaines, l'absence de données a constitué un obstacle important à la poursuite des objectifs susmentionnés.
7. L'étude a permis de recenser un nombre croissant de recherches sur les goulets d'étranglement dans les réseaux de transport international. Toutefois, la manière de définir les goulets d'étranglement fait l'objet d'un consensus limité et les définitions varient d'un mode de transport à l'autre. La plupart des protagonistes interprètent d'une manière plus ou moins explicite les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes comme étant des manifestations de la qualité insuffisante du service de transport. Cette interprétation peut découler d'une évaluation de la situation à l'aune des normes techniques, d'une comparaison du volume du trafic avec la capacité ou encore d'une analyse fondée sur les résultats comparés aux indicateurs de performance attendus déterminés en fonction de choix politiques.

8. Au-delà d'un point donné, la qualité du service se dégrade plus ou moins continûment au fur et à mesure que le volume du trafic augmente mais il n'existe pas de point unique, qui puisse être déterminé sans ambiguïté et à partir duquel, d'acceptable, la qualité du service deviendrait inacceptable. Parler de «goulet d'étranglement» dans telle ou telle situation est donc affaire d'appréciation. À cet égard, une liaison manquante peut être considérée simplement comme un cas extrême de goulet d'étranglement, dans lequel la qualité du service sur la liaison concernée est extrêmement basse.

9. Si l'élaboration d'une politique des réseaux de transport par le biais de l'identification des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement ne saurait certes remplacer une planification des transports rigoureuse et modélisée, une telle méthode a toutefois un rôle à jouer à condition qu'on l'applique avec soin, par exemple en veillant à ce que soient établies des hypothèses de prévisions communes qui couvrent l'ensemble des pays et des modes de transport. La présente étude propose une voie à suivre élaborée dans cette perspective, qui prévoit de procéder à des analyses séparées pour chacun des modes, en mettant en œuvre des procédures fondées sur les meilleures pratiques recensées et en développant ces procédures.

10. Il est évident qu'une telle démarche peut être un moyen utile de stimuler les débats et l'émergence d'idées novatrices concernant le développement des réseaux à l'échelle internationale. Toutefois, pour concevoir des réseaux, il ne suffit pas de procéder à l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes. Il faut aussi procéder à une évaluation des projets rigoureuse sur la base de modèles.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
AVANT-PROPOS.....	iii
PRÉFACE	v
I. INTRODUCTION: POURQUOI ÉTUDIER CES QUESTIONS ?.....	1
A. Pourquoi devrions-nous avoir une meilleure compréhension des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes ?	1
B. Idées initiales sur les définitions	3
II. CONTEXTE POLITIQUE ET HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS.....	5
A. Jusqu'ici, les travaux de la CEE n'ont pas débouché sur des définitions parfaitement rigoureuses	5
B. L'Union internationale des chemins de fer a entrepris des travaux importants concernant la capacité du réseau ferroviaire	6
C. La question des goulets d'étranglement a également été examinée dans le cadre d'études menées sous l'égide de la Conférence européenne des ministres des transports (CEMT) et de la Commission européenne.....	7
D. Mais des suggestions ont été formulées concernant le recours excessif à une méthode trop simpliste.....	9
E. La CEE a réalisé un ensemble complet d'études axées sur l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes	10
F. Applications aux routes.....	14
G. Applications au rail.....	15
H. Applications aux voies navigables	15
III. PERSPECTIVES.....	16
A. La planification des transports internationaux suscite de plus en plus d'intérêt.....	16
B. Une analyse théorique fondée sur une approche est cependant insuffisante à elle seule.....	18
C. Les approches suivies par la CEE offrent des perspectives prometteuses	20
IV. RECOMMANDATIONS	23
A. Mettre au point pour chacun des modes principaux des procédures fiables qui soient réalistes en ce qui concerne les besoins en données.....	23
B. Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement dans les réseaux routiers	25
C. Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et goulets d'étranglement dans les réseaux ferroviaires	26

D.	Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement dans les réseaux de voies navigables intérieures.....	26
E.	Analyse distincte pour le transport multimodal	27

ANNEXES

I.	Contexte dans lequel a été prise la décision de faire réaliser la présente étude ...	28
A.	Contexte immédiat.....	28
B.	Rapport de juillet 1993 (TRANS/WP.5/R.44)	28
C.	Additif no 1 au rapport de juillet 1993 (TRANS/WP.5/R.44/ADD.1)	29
D.	Rapport de juillet 1994 (TRANS/WP.5/R.60)	29
II.	Méthodologie relative à la détermination des goulets d'étranglement des réseaux routiers et ferroviaires présentée dans le rapport sur l'axe Nord	31
A.	Route	32
B.	Rail	32
III.	Goulets d'étranglement dans les transports par voie navigable	33
A.	Principaux goulets d'étranglement dans le réseau des voies navigables E....	33
B.	Mesures prises par les pouvoirs publics	33
C.	Définitions	34

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Représentation des niveaux de service sur une autoroute à deux voies.....	14
Figure 2.	Choix de méthodes de gestion des encombrements tendant à accroître la capacité et à influencer sur le comportement des conducteurs et la demande	20

RÉFÉRENCES	35
------------	-------	----

I. INTRODUCTION : POURQUOI ÉTUDIER CES QUESTIONS ?

A. Pourquoi devrions-nous avoir une meilleure compréhension des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes ?

1. Le terme « goulet d'étranglement » est couramment utilisé lorsque l'on parle de l'expérience quotidienne d'utilisateurs des réseaux de transport. L'Oxford English Dictionary donne du terme « bottlenecks » la définition suivante :

- a) Une entrée étroite menant à une route ou un tronçon étroit de route, comparable à un goulot de bouteille pour ce qui est de la forme ; un espace étroit ou confiné ou des embouteillages peuvent se produire ; ou
- b) Tout élément entravant le flux régulier de la production, etc., ou ralentissant le cours d'une activité, etc.

2. De même, on peut saisir intuitivement le sens du terme « liaison manquante » sans difficulté, bien que ce terme ne soit pas aussi souvent utilisé dans la description des réseaux de transport, si ce n'est par des professionnels ou des personnes chargées d'établir le plan d'ensemble d'un réseau. L'Oxford English Dictionary définit le terme « liaison manquante » comme suit :

- a) Un élément qui manque pour compléter une série ou pour servir d'intermédiaire entre deux éléments, en particulier dans un processus évolutif et « liaison » comme suit :
- b) Le moyen de relier ou de faire communiquer.

3. Dans le document TRANS/WP.5/R.60 (p. 8)¹ de la CEE le terme « liaison manquante » est défini comme « ... une situation dans laquelle la qualité de service représente des valeurs extrêmement faibles du fait qu'il n'existe aucune liaison directe entre deux points ».

¹ Dans le présent rapport, les références obéissent aux règles de la Convention de Harvard, sauf en ce qui concerne les documents du Comité de transport intérieur de la CEE, qui sont cités au moyen de leurs cotes respectives ; celles-ci figurent dans la section des références de la présente étude accompagnées du titre et de la date de publication des documents en question.

4. Jusqu'ici, pas de problème. Il est utile de disposer des termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » parce qu'ils facilitent les débats concernant les investissements ou les changements d'orientation en différents endroits d'un réseau d'infrastructure et qu'ils entrent en résonance avec la manière dont les gens perçoivent intuitivement leur propre expérience en matière de retards et d'embouteillages.
5. À ce stade, une mise en garde s'impose: dès lors que la description d'une situation, actuelle ou éventuelle, tend vers l'analyse d'un problème et des mesures ou politiques susceptibles d'y remédier, la précision en matière de définition et de terminologie compte davantage. Une communication claire et sans ambiguïté est importante.
6. Si se trouver dans un goulet d'étranglement est généralement une expérience désagréable ou frustrante, il semble aller de soi que la constatation d'un goulet d'étranglement dans un réseau appelle une réponse. De même, s'agissant d'une liaison manquante, lorsqu'on examine un réseau sous l'angle des flux de trafic entre les nœuds, il est facile de trouver des arguments en faveur de l'ajout d'une liaison qui permette de remplacer une connexion indirecte par une connexion directe, lorsque la première entraîne un détour important par rapport à la ligne droite et/ou que les flux sont importants.
7. Les termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » font désormais partie du vocabulaire courant des pouvoirs publics et des professionnels. Ils sont fréquemment utilisés dans les discussions sur la planification des réseaux de transport, conformément à l'idée, bien arrêtée quoique généralement implicite, selon laquelle la mise en évidence de goulets d'étranglement est une étape importante du processus de détermination des stratégies d'investissement dans les réseaux et/ou de la gestion des réseaux. Cela vaut également, mais dans une moindre mesure, pour les « liaisons manquantes ». Il importe également de prendre en considération toute une série de facteurs externes pertinents qui façonnent et modifient les idées concernant la fourniture d'infrastructures de transport, par exemple l'explosion du trafic de conteneurs, en particulier en direction et à partir de l'Asie de l'Est, les préoccupations croissantes que suscite l'impact des transports sur l'environnement et les changements importants en matière de déréglementation du secteur des transports et de tarification de l'infrastructure ainsi que les conséquences qui en découlent pour la demande.
8. Ces deux termes, bien que séduisants au premier abord, ne sont pas faciles à définir avec précision sur le plan technique. Qu'entend-on précisément par « goulet d'étranglement » dans le domaine de la planification et de l'ingénierie des transports? Quand un goulet d'étranglement existe-t-il et quand n'existe-t-il pas? Qu'est-ce qu'une liaison manquante? En réalité, la grande majorité des liaisons directes manquent dans les réseaux d'infrastructure. Dans un réseau de n nœuds, sur les $n(n + 1)/2$ liaisons qui pourraient exister, ce réseau, un réseau routier, par exemple, comptera seulement dans un cas typique environ $1,5 n$ liaisons dans un pays développé (Chorley et Haggett, 1969, chap. 1).

B. Idées initiales sur les définitions

9. L'idée qui sous-tend le présent document est tout simplement que si les termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » sont couramment utilisés dans les débats de fond et deviennent de ce fait des concepts qui commencent à influencer sur des décisions importantes, cela implique ce qui suit :

- a) Ils devraient être fondés sur une base théorique, clairement définis et compris en des termes avec lesquels les principaux protagonistes se sentent à l'aise ;
- b) Il devrait être clair que dans des circonstances normales, ils doivent déboucher sur des applications concrètes, en particulier en ce qui concerne la disponibilité des données ;
- c) Les professionnels doivent s'assurer que les termes sont suffisamment en adéquation avec la sélection des priorités correctement analysées relatives aux investissements et/ou à la modification des politiques, de sorte qu'orienter les débats sur les politiques en utilisant les deux concepts aide à mettre en place des politiques des transports élaborées rationnellement en fonction des besoins et des priorités déclarés des principaux protagonistes.

10. Mais peut-être est-ce là trop demander. En particulier, si les définitions complètes ne sont pas disponibles ou si faute de temps ou de données il n'est pas possible de procéder à une analyse totalement rigoureuse, l'incapacité à réaliser pleinement a) et/ou b) ne signifie pas nécessairement que l'ensemble du processus doit être abandonné. Même si l'on ne parvient pas à adopter des définitions rigoureuses et fondées en théorie, il reste qu'il peut être utile d'échanger des vues sur la manière de donner une application pratique à ces deux concepts, de sorte que la communication au sujet de la planification des réseaux puisse être plus claire et plus cohérente.

11. La présente étude découle des travaux menés pour le compte du Comité des transports intérieurs de la CEE, notamment les rapports TRANS/WP.5/R.44 et TRANS/WP.5/R.60 et le **Plan directeur des projets d'autoroute transeuropéenne (TEM) et de chemin de fer transeuropéen (TER) de 2005**. (CEE, 2005a)². Il porte sur les flux internationaux au niveau paneuropéen mais les flux en direction des principaux partenaires commerciaux extraeuropéens font également l'objet d'une attention particulière. Il ne porte pas sur les réseaux ou les embouteillages urbains sauf lorsque les agglomérations urbaines ont une incidence sur les mouvements internationaux du fait des déplacements domicile-travail de leurs habitants ou de flux similaires. Il traite essentiellement des trois principaux modes de transport intérieur (route, rail et voies navigables) mais reconnaît aussi l'importance croissante du transport multimodal et prête donc à cette question une certaine attention.

² Ce dernier était également mentionné dans les travaux recensés par Tsamboulas (2007).

12. La présente étude a pour objet de tirer parti de cette précédente expérience pour proposer une démarche qui permette d'avoir une vue d'ensemble des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement existants, en se fondant sur les mécanismes nationaux de planification tout en inscrivant la réflexion dans le cadre paneuropéen. Cette démarche doit être réaliste et aider les décideurs et les professionnels à concentrer leur attention sur les parties du réseau où les investissements et les changements d'orientation auront l'effet global le plus bénéfique. Elle propose des procédures qui aideront à prendre des décisions qui seront validées en fin de compte par le biais d'autres processus. Elle ne propose pas de trancher catégoriquement la question de savoir si des investissements devraient ou non être faits ici ou là, ou encore si les procédures administratives devraient ou non être modifiées dans tel ou tel domaine.

13. Le présent document est structuré comme suit: la section 2 résume brièvement le contexte politique afin de donner une vue d'ensemble plus complète de la question. La section 3 traite, dans un premier temps, des fondements théoriques de la tâche de recenser les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes puis, dans une large mesure sur la base d'un examen des efforts faits actuellement pour définir des méthodes à cette fin, cherche à déterminer ce qui peut être fait dans la pratique. La section 4 propose des approches que le Comité des transports intérieurs de la CEE pourrait suivre pour aller de l'avant dans ce domaine.

II. CONTEXTE POLITIQUE ET HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

A. Jusqu'ici, les travaux de la CEE n'ont pas débouché sur des définitions parfaitement rigoureuses

14. Le Comité des transports intérieurs de la CEE s'intéresse aux liaisons manquantes et aux goulets d'étranglement du réseau d'infrastructure depuis au moins 1992 (TRANS/WP.5/R.44), en grande partie dans le cadre des travaux visant à mettre en place des réseaux de transport transeuropéens efficaces et efficaces. Ainsi, par exemple :

« Le Groupe de travail a considéré qu'avant d'entreprendre une autre phase d'activité qui porterait sur :

La définition des priorités d'investissement sur les grands itinéraires de transport internationaux ;

L'établissement d'un calendrier pour la mise en œuvre des investissements dans l'infrastructure ;

L'évaluation des coûts de la modernisation de cette infrastructure et l'adoption de dispositions financières appropriées ;

Il convenait d'analyser plus en détail le processus de définition de termes tels que goulets d'étranglement, liaisons manquantes et qualité du service de transport des réseaux d'infrastructure. » (TRANS/WP.5/R.60, p. 6).

15. Toutefois, les travaux menés pour établir le document TRANS/WP.5/R.60 constituent une très précieuse contribution en raison à la fois de l'accent mis sur les problèmes pratiques et de la clarté avec laquelle sont définis un certain nombre de termes pertinents importants (voir en particulier l'annexe 3 de ce rapport).

16. La référence explicite à la qualité du service est tirée du mandat officiel donné à l'auteur du présent document et constitue un rappel d'un fait important : la réponse à la question de savoir s'il existe ou non un goulet d'étranglement ou une liaison manquante dépend enfin de compte du jugement que l'on porte sur la qualité du service – réelle, escomptée ou perçue – offerte par un réseau s'efforçant de répondre à une demande de déplacement.

17. Depuis la publication du document TRANS/WP.5/R.60 en 1994, diverses tentatives ont été faites pour mettre en évidence les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes mais elles ont fréquemment buté sur des problèmes concernant la définition et la méthodologie. Une action récente, mais importante et ambitieuse, mentionnée plus haut et menée dans le cadre de la CEE, a consisté à élaborer des plans directeurs pour le projet d'autoroute transeuropéenne (TEM) et le projet de chemin de fer transeuropéen (TER) en utilisant, entre autres choses, les interprétations pratiques des concepts de goulet d'étranglement et de liaison manquante, sur la base du document TRANS/WP.5/R.60 (CEE, 2005a).

18. Dans l'étude de 2005, une attention particulière est accordée à la mise en évidence des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes en relation avec les principaux flux internationaux. Conformément à l'approche exposée dans le document TRANS/WP.5/R.60, pour le projet d'autoroute transeuropéenne (TEM), des goulets d'étranglement ont été recensés grâce à une méthode qui met en rapport les flux de trafic prévus (ajustés pour tenir compte de l'éventail des véhicules et du type de terrain) et la capacité nominale effective d'une route du type en place. Pour le réseau ferroviaire transeuropéen (RTE), on a estimé qu'il n'était pas possible, vu le temps et les ressources alloués au projet, de recenser les goulets d'étranglement au moyen d'une méthode rigoureuse et fondée sur des éléments factuels. L'analyse a été limitée au recensement des liaisons manquantes effectué sur la base d'avis d'experts.

19. Une étude menée par la suite (TEM, 2005) a permis de recenser les sections du réseau d'autoroute transeuropéen susceptible de devenir des goulets d'étranglement d'ici à 2020. Reconnaisant explicitement qu'il n'existe pas de définition des goulets d'étranglement uniforme et généralement admise, les auteurs de l'étude ont procédé à ce recensement en se fondant sur le **Highway Capacity Manual** des États-Unis d'Amérique (Manuel sur la capacité des routes) (voir TRANS/WP.5/R.60) et sur les travaux de la Conférence des Directeurs des routes d'Europe de l'Ouest (DREO, 2004).

20. Si les activités concernant le **Plan directeur des projets TEM et TER** concernaient uniquement la route et le rail, d'autres activités (voir notamment les documents TRANS/WP.5/R.44 et TRANS/WP.5/R.60) concernaient également les voies navigables. Par exemple, le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports, qui relève du Comité des transports intérieurs, a examiné, à sa dix-neuvième session, en septembre 2006, des informations faisant état de goulets d'étranglement concernant les trois modes de transport terrestre et a reçu, en 2005, un rapport intitulé « **Inventaire des principaux goulets d'étranglement et liaisons manquantes sur le réseau des voies navigables E** » (CEE, 2006b), dans lequel ceux-ci étaient recensés sur les réseaux de voies navigables d'un grand nombre de pays (voir aussi les documents TRANS/SC.3/159 et TRANS/WP.5/2006/2).

B. L'Union internationale des chemins de fer a entrepris des travaux importants concernant la capacité du réseau ferroviaire

21. L'examen par l'Union internationale des chemins de fer (UIC) de la capacité de l'infrastructure ferroviaire constitue une autre ligne d'approche, portant sur un seul mode de transport. La brochure 406 (UIC, 2004b) propose une méthode pour estimer la capacité des liaisons ferroviaires, estimations qui peuvent ensuite être mises en rapport avec les estimations de la demande en vue de mettre en évidence les goulets d'étranglement (voir par exemple le rapport d'EURAILINFRA sur l'analyse de la capacité et l'estimation des goulets d'étranglement – UIC (2004a) et le compte rendu succinct sur la **gestion de la capacité** (UIC, 2004c). Cette méthodologie est relativement exigeante en ce qui concerne les données et le temps de traitement car elle repose sur des simulations concernant des tronçons de lignes. Plus récemment, l'UIC a élaboré une méthodologie plus simple et l'a appliquée dans le rapport sur le Plan directeur de l'infrastructure ferroviaire européenne (ERIM) (UIC, 2008). Elle est utilisée pour l'évaluation des voies courantes et offre une bonne vue d'ensemble quoique moins précise que celle obtenue au moyen de l'analyse complète exposée dans la brochure susmentionnée (Leaflet 406). Cette méthode a été appliquée pour produire une liste des

sections des principaux corridors ferroviaires susceptibles d'avoir une capacité insuffisante à l'horizon 2020.

C. La question des goulets d'étranglement a également été examinée dans le cadre d'études menées sous l'égide de la Conférence européenne des ministres des transports (CEMT) et de la Commission européenne

22. La Conférence européenne des ministres des transports (devenue le Forum du transport international) s'est également intéressée pendant un certain temps à la planification des infrastructures de transport par rail, par route et par voie navigable au niveau paneuropéen. Elle ne semble pas avoir publié de définition des goulets d'étranglement ou des liaisons manquantes mais a rendu compte d'activités dans le cadre desquelles elle a mis en évidence des goulets d'étranglement dans tel ou tel pays et a organisé des conférences où les concepts « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » figuraient en bonne place parmi les éléments pris en considération pour déterminer les besoins en matière d'infrastructure, notamment les améliorations à apporter. En outre, il ressort clairement de ces travaux que le même type de langage et de concepts est couramment utilisé dans les décisions politiques des pouvoirs publics de pays tels que l'Allemagne, l'Italie, les États-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni par exemple.

23. Désormais, les termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » (« tronçons » de réseau) sont couramment utilisés dans les débats de la Commission européenne (CE) sur le développement du réseau d'infrastructure, en particulier dans le cadre de la mise en place des réseaux transeuropéens de transport (RTE-T). Les RTE-T ont été conceptualisés en 1996 pour faire face à des problèmes de transport au niveau européen et des orientations concernant le développement du RTE ont été promulguées (décision n° 1692/96/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 1996 sur les orientations communautaires pour le développement du réseau transeuropéen de transport, Journal officiel L 228, 09/09/1996 P. 0001 – 0104). Par la suite, les préoccupations suscitées par le rythme auquel avançaient les travaux ont conduit, en 2001, à une révision des orientations, qui s'est notamment traduite par un léger renforcement de l'attention accordée aux goulets d'étranglement et aux liaisons manquantes. Les orientations ont été révisées une nouvelle fois en 2004.

24. Dans ces travaux, il est certes fait référence à des documents traitant des problèmes de congestion attendus sur les réseaux européens (par exemple, dans le Livre blanc de 2001 sur la politique des transports en Europe (COM 2001/370), il était dit que 10 % du réseau routier étaient déjà quotidiennement touchés par des embouteillages en 2001 et que 20 % de réseau ferré est considéré comme représentant un goulet d'étranglement) mais aucune définition précise du terme n'est donnée et il est à peine question du concept de « liaison manquante ».

25. En 2006, la Direction générale de l'énergie et des transports (DG-TREN) a fait exécuter une étude pilote, **The Northern Transport Axis**, désignée ultérieurement, en décembre 2007, par le code WSP (2007). Cette étude, par contre, met un accent particulier sur le recensement des goulets d'étranglement et s'appuie sur une méthodologie relativement rigoureuse.

26. Dans les cas où, faute de données disponibles, ou à cause des insuffisances du modèle ou encore pour des raisons politiques, il n'a pas été possible d'élaborer une méthode multinationale d'ensemble basée sur un modèle, deux méthodes principales traditionnelles

ont alors généralement été utilisées pour mettre en évidence les goulets d'étranglement. La première repose sur l'application d'une **norme de conception**. Elle fixe simplement une norme de conception pour chaque liaison étudiée, compte tenu de sa classification ou d'un critère similaire, puis définit comme goulet d'étranglement tout tronçon ou endroit où la norme n'est pas respectée. La seconde est basée sur l'**analyse de la capacité**; elle compare le volume du trafic, sur une liaison ou à un nœud, à la capacité (actuelle ou future) et identifie comme goulets d'étranglements les endroits où la demande excède la capacité. La plupart des études mentionnées dans la présente section reposent sur l'une ou l'autre de ces méthodes.

27. **L'étude sur l'axe Nord Northern Transport Axis**, par contre, est présentée comme étant une analyse **se fondant sur les résultats**. Il s'agit pour l'essentiel d'élargir la liste des indicateurs de performance utilisés pour déterminer si l'on se trouve ou non en présence d'un goulet d'étranglement, afin d'y faire figurer des facteurs autres que ceux se rapportant à la capacité, à savoir, principalement, des facteurs ayant trait à la qualité du service, laquelle est aussi, bien évidemment, un élément clef dans le cadre prescrit de la présente étude. On peut considérer qu'entre ces propositions et les propositions figurant dans le document TRANS/WP.5/R.60 il n'y a qu'une variation de degré mais non de principe. Par exemple, pour les routes, le document TRANS/WP.5/R.60 énumère un large éventail d'indicateurs de performances concernant la qualité du service (p. 14) mais recommande de n'utiliser que l'indicateur de capacité (p. 17) et l'indicateur de vitesse (p. 18).

28. Dans l'étude **Northern Transport Axis**, des analyses séparées ont été menées pour le franchissement des frontières, les liaisons ferroviaires et les liaisons routières, mais pour ces trois analyses on a fait usage des mêmes cinq grands critères, qui sont ensuite définis plus spécifiquement de façon à pouvoir être appliqués à des fins pratiques dans les trois cas. Les critères d'évaluation utilisée portent sur les points suivants: niveau de l'harmonisation réglementaire; mobilité et/ou vitesses sur la ligne, utilisation de la capacité; sécurité routière et environnement. Bien entendu, les problèmes que pose la disponibilité des données dans ce type de méthode sont considérables et sont relevés dans le rapport (p. 36 à 38).

29. Dans le rapport sur l'étude précitée, il est affirmé, à juste titre, qu'une méthode d'évaluation prenant en compte les résultats permet d'éviter quelques-uns des problèmes inhérents à l'analyse de la capacité. Toutefois, il faut reconnaître que ce type d'évaluation n'est pas sans poser lui aussi certains problèmes, dont les besoins en matière de données, comme on l'a vu plus haut. Pose également problème le fait que chaque goulet d'étranglement est évalué à la lumière des indicateurs de succès concernant les objectifs fixés par les pouvoirs publics. Il importera au plus haut point de savoir comment sont fixés ces objectifs, surtout si ceux-ci varient d'un pays à l'autre. Troisième problème: certains des critères, tels qu'actuellement appliqués, devront être évalués par des experts, dont les avis pourront difficilement être cohérents entre eux étant donné que la présente étude porte sur un ensemble de pays et de milieux géographiques relativement plus vaste que celui qui est couvert par l'étude citée plus haut.

30. Cela dit, il reste que cette étude est intéressante et conforme, dans une large mesure, à la méthode définie dans le document TRANS/WP.5/R.60. Elle a également l'avantage d'avoir été appliquée dans la pratique récemment et à la lumière des pratiques actuelles en matière de modélisation, de la disponibilité des données et des besoins dans le domaine de la politique des transports.

31. En mai 2007, la Commission européenne a lancé un appel d'offres pour un projet intitulé « Flux de trafic : scénario, prévision et analyse du trafic sur le réseau transeuropéen de transport (RTE-T) prenant en compte la dimension extérieure de l'Union », dont un des éléments porte sur le recensement des goulets d'étranglement entravant les flux de trafic et qui laisse entendre, au moins par omission, que la manière précise d'identifier un endroit comme étant un goulet d'étranglement est au nombre des questions à étudier. Il y a lieu de relever que la taille de ce projet est assez importante puisque trois cents journées-personnel sont consacrées à l'inventaire des goulets d'étranglement et que la composante méthodologique n'est pas négligeable. Le rapport sur cette étude devrait en principe être présenté en octobre 2008.

32. Dans le même ordre d'idée, et à propos de la question de plus en plus importante de la mise en place de réseaux logistiques multimodaux efficaces en Europe, la Commission des Communautés européennes a publié récemment une communication (http://www.ec.europa.eu/transport/logistics/overview/doc/2006_06_08_communication_en.pdf), dans laquelle elle entreprend de recenser des goulets d'étranglement en matière de logistique du transport de marchandises, dans le cadre d'une démarche qui, au moins en partie, part de la base et s'appuie sur la participation des entreprises du secteur pour désigner les goulets d'étranglement.

33. Il convient aussi de mentionner une méthodologie à plus forte composante théorique et axée sur la logistique, qui, bien que n'ayant pas été réalisée à cette fin peut dans une certaine mesure être utilisée pour identifier les goulets d'étranglements, qui traite sans difficulté de la question du transbordement aux frontières ou entre différents modes et qui a été mise au point et appliquées par la CESAP (2003), sur la base des travaux de Beresford et Dubey (1990) et de Banomyong (2000). Cette méthode consiste, pour l'essentiel, à mettre en évidence les goulets d'étranglement liés aux opérations de transbordement en représentant graphiquement le temps de trajet cumulatif en fonction de la distance parcourue. Cette méthode nécessite toutefois un jugement d'experts et une évaluation spéciale pour inventorier les goulets d'étranglement eux-mêmes (pour plus de détails, voir le document ECE-ESCAP (2008), p. 151 et 152).

34. Dans l'étude qu'il a réalisée (« Best practices in corridor management » 2005), John Arnold utilise une méthode similaire mais plus élaborée. Il étudie les variations de la durée et du coût du trajet en fonction de la distance en prenant en considération les incidences du franchissement des frontières et d'autres pesanteurs administratives sur l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement globale. Il prend également en considération les critères de fiabilité et de flexibilité afin d'appliquer une approche multicritères de la performance de transport sur les corridors.

D. Mais des suggestions ont été formulées concernant le recours excessif à une méthode trop simpliste

35. Le fait que l'on mette de plus en plus l'accent sur l'utilisation de l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes pour mieux définir les plans de transport est incontestable et n'est certainement pas apolitique. Lorsqu'il était Secrétaire général de la CEMT, Jack Short s'était dit quelque peu préoccupé par le rôle joué par l'identification des goulets d'étranglement dans les objectifs de la planification des transports dans l'Union européenne (Short, 2001). Turró (1999, chap. 3) a formulé des observations sur la politisation des listes de priorités de l'Union européenne, qui visent à faire face au problème des goulets

d'étranglement. Peters (2003) affirme que les investissements de l'Union européenne dans les transports manquent de cohérence et de durabilité à cause de l'existence d'objectifs de développement en partie complémentaires et en partie concurrentiels, les critères de liaisons manquantes et de goulets d'étranglement faisant partie, aux côtés de la cohésion et de la polycentricité, des éléments justifiant telle ou telle initiative et les investissements dans le réseau de transport étant censés permettre d'atteindre toute une série d'objectifs concernant la croissance, la compétitivité, la cohésion et la durabilité. Rathery (2007) admet que les réseaux d'infrastructures sont sans aucun doute « l'un des éléments du problème », mais fait observer qu'on leur accorde peut-être une importance excessive par rapport à la réforme des institutions.

36. L'argumentation qui précède ne justifie en rien l'abandon des concepts de « goulets d'étranglement » et de « liaison manquante » en tant que concepts sous-tendant les efforts faits pour planifier le développement et la gestion des réseaux d'infrastructures de transport au niveau paneuropéen. Elle aide toutefois à déterminer une ébauche d'approche de la recherche sur cette question.

37. Premièrement, il en ressort qu'au niveau international et paneuropéen du moins, il n'existe pas de définitions largement disponibles et communément acceptées de ce qu'est un goulet d'étranglement ou une liaison manquante. Deuxièmement, il apparaît que l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes ne saurait remplacer une planification sérieuse des infrastructures ; elle constitue plutôt une étape utile de la démarche qui va de la reconnaissance d'un problème à l'action concrète via l'analyse ; elle renforce le processus par lequel des problèmes sont reconnus et examinés. Troisièmement, on constate que des préoccupations se font jour au sujet de la liaison entre le processus politique au niveau paneuropéen et un processus « rationnel » de planification, et quant à l'idée, peut être trop simpliste, selon laquelle la suppression des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes permettrait, en quelque sorte automatiquement, d'optimiser la configuration du réseau.

38. Globalement, toutefois, il ressort de l'analyse des travaux antérieurs que c'est bien le Comité des transports intérieurs de la CEE qui a travaillé le plus long temps et le plus en profondeur sur la méthodologie de l'analyse des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes sous l'angle multimodal et à l'échelle internationale. L'étude sur l'**axe Nord** précitée qu'il vient d'achever s'inscrit dans cette démarche. Il est donc raisonnable de considérer que les deux familles de publications s'y rapportant permettent de se faire une idée relativement précise de l'état actuel des connaissances et de les prendre pour base pour poursuivre les études dans ce domaine.

E. La CEE a réalisé un ensemble complet d'études axées sur l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes

39. À sa session de septembre 2006, le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports, qui relève du Comité des transports intérieurs de la CEE, a examiné les réponses à son questionnaire sur les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes ainsi que le document TRANS/WP.5/R.60 (**Base méthodologique pour la définition de critères communs concernant les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et le niveau de service sur les réseaux d'infrastructure**). Le Groupe de travail s'est félicité du contenu et de l'originalité de ce document, mais a estimé que la base méthodologique et l'analyse employées étaient peut-être périmées. Il a donc demandé au secrétariat de réunir un

petit groupe informel d'experts, qui serait chargé de réviser et de mettre à jour ce document à la lumière des nouveaux développements méthodologiques et de l'évolution des pratiques actuelles dans les pays membres de la CEE. Le présent document est le rapport sur l'activité demandée par le Groupe de travail.

40. Les travaux antérieurs de la CEE sont essentiellement décrits dans deux documents³. Le premier (TRANS/WP.5/R.44), établi en 1993, rend compte des résultats d'une enquête réalisée par voie de questionnaire auprès des différents pays et visant à obtenir des renseignements dans quatre domaines : problèmes posés par la capacité des infrastructures ; mesures réglementaires destinées à atténuer les inconvénients causés par les goulets d'étranglement ; aménagement des infrastructures visant à atténuer les inconvénients causés par les goulets d'étranglement ; financement de l'entretien, de la modernisation et de la construction d'infrastructures. Il s'est avéré difficile d'obtenir un bon taux de réponse au questionnaire et lorsque les réponses ont été reçues, les renseignements qui y figuraient n'étaient pas toujours complets ou suffisamment détaillés.

41. Il ressort du document TRANS/WP.5/R.44 que, pour l'identification des goulets d'étranglement, les pays ont procédé chacun individuellement, sans référence à une définition ou à des paramètres communs. Les goulets d'étranglement ont été définis comme étant dus soit à une insuffisance de la capacité par rapport à la demande soit à une insuffisance de la qualité de l'entretien de l'infrastructure, la conséquence étant que le débit de service était inférieur à ce qu'il aurait pu être. En général, à l'époque où ce rapport a été écrit, l'insuffisance de l'entretien concernait les pays d'Europe orientale et les liaisons ferroviaires. Par contre, le problème du manque de capacités concernait plus souvent le réseau routier et l'Europe occidentale. Les nœuds, ainsi que les liaisons, pouvaient être la cause de goulets d'étranglement, en particulier sur les réseaux ferroviaires. Le réseau de voies navigables ne fonctionnait comme un réseau que dans certaines zones géographiques bien circonscrites et était décrit d'une manière moins complète que les réseaux routier et ferré.

42. Dans le questionnaire, il n'était pas explicitement demandé de donner des renseignements sur les liaisons manquantes, mais le document TRANS/WP.5/R.44 contient une analyse basée sur l'étude sur « le coût de l'insuffisance de l'infrastructure des transports en Europe », réalisée en 1990-1991 pour le Parlement européen. Cette étude passe en revue les différents réseaux à l'échelle européenne et cherche à évaluer les niveaux de la demande concernant le transport de marchandises et de voyageurs par la route et par le rail ainsi que le transport de marchandises par voie navigable et les met ensuite en rapport avec la capacité existante des réseaux respectifs. La principale difficulté rencontrée a été l'absence d'une définition du terme « suffisant » lorsqu'il a fallu répondre à la question de savoir si oui ou non les niveaux du service fournis satisfaisaient aux normes prévues (étant entendu que cette réponse permettrait elle-même de déterminer si oui ou non il y avait lieu d'affirmer qu'une liaison était effectivement « manquante »). Les auteurs de l'étude ont donc appliqué leurs propres normes de qualité, en s'efforçant d'estimer ce qui était considéré par les utilisateurs européens de l'infrastructure comme « suffisant », qu'il s'agisse de la structure des réseaux ou de la qualité du service sur lesdits réseaux.

³ Pour plus de détails sur le cadre dans lequel s'inscrit la présente étude, voir l'annexe I.

43. Globalement, il ressort clairement du rapport que, pour l'identification tant des liaisons manquantes que des goulets d'étranglement, une difficulté majeure était le manque d'éléments de référence, qu'il s'agisse du rapport entre la densité du trafic et l'infrastructure requise ou de ce qu'il faut entendre par une qualité de l'infrastructure (du service) suffisante. L'additif au rapport contient une proposition visant à mener une étude sur la définition de critères communs concernant les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et la qualité du service sur les réseaux d'infrastructures.

44. Le deuxième document important de la CEE, établi en 1994, porte la cote TRANS/WP.5/R.60. Pour l'essentiel, il donne suite à la proposition susmentionnée.

45. Il traite tout d'abord des trois concepts connexes « goulet d'étranglement », « liaison manquante » et « qualité du service » et reconnaît que les travaux antérieurs n'avaient pas tenté, pour des raisons pragmatiques, d'établir ou d'appliquer des définitions communément admises ; ils se fondaient plutôt, pour l'essentiel, sur ce que les différents pays estimaient être des goulets d'étranglement. Il constate également que l'élaboration de définitions de ces termes universellement acceptées ne sera pas facile et que quiconque s'attellera à cette tâche devra nécessairement prendre en considération des aspects opérationnels tels que la disponibilité des données et les incertitudes entourant les prévisions de trafic. À cette époque du rapport, la plupart des pays avaient élaboré leur méthode particulière pour identifier les goulets d'étranglement.

46. Le Groupe de travail a cependant formulé des recommandations pour la normalisation des critères sans pouvoir toutefois, à certains égards, proposer des recommandations chiffrées précises pour les seuils, compte tenu de la nécessité d'avoir un débat plus poussé avant d'opter pour tel ou tel chiffre.

47. Le Groupe de travail a aussi souligné clairement que l'identification des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes n'était qu'une (première) étape dans le processus conduisant à une décision d'investir dans de nouvelles infrastructures ou de modifier la gestion du trafic ou de prendre d'autres mesures. De telles décisions ne peuvent être prises qu'à l'issue d'un processus complet d'évaluation incluant la conception et les aspects économiques du projet ainsi que d'autres évaluations d'impact, notamment social. L'existence d'un goulet d'étranglement n'est ni une condition nécessaire ni une condition suffisante pour justifier un investissement ou un changement de politique. Par exemple, la réalisation d'un investissement direct sur une liaison encombrée risque fort d'être impossible ou excessivement dispendieuse en cas d'obstacle géographique, tel qu'une chaîne de montagnes.

48. Le rapport examine les liens réciproques entre les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et la qualité du service, au niveau de la capacité, de la qualité du service de transport et des flux de trafic. Selon le rapport, tous ces liens réciproques doivent être examinés séparément pour le réseau routier, le réseau ferré et le réseau de voies navigables. L'éventail des facteurs conduisant à une qualité du service insuffisante était tellement variable d'un mode de transport à l'autre qu'il n'y avait guère de sens de tenter à une généralisation s'appliquant à tous les modes.

49. En général, la tâche de déterminer si la qualité du service est insuffisante sur un réseau de transport est une tâche complexe. Il faut, par exemple, porter des jugements sur ce que l'on entend par service d'une qualité insuffisante et évaluer dans quelle mesure tel ou tel niveau de

qualité de service conduit à une réduction de la demande ou à un déplacement de la demande dans le temps ou en ce qui concerne le choix de l'itinéraire ou du mode de transport. Le débit réel peut être nettement inférieur à la capacité maximale théorique (le flux qu'une liaison pourrait en principe supporter par exemple sur vingt-quatre heures), en raison des variations de la demande tout au long de cette période.

50. Le rapport reconnaît qu'il est certes important de fonder l'évaluation des goulets d'étranglement, etc., sur un corpus de données aussi fiable que possible, mais note que les procédures devraient être relativement faciles à appliquer compte tenu de l'ampleur de l'analyse à exécuter pour l'Europe tout entière.

51. Toute analyse doit fondamentalement se baser sur des données normalisées et fiables, les questions ci-après devant faire l'objet d'un consensus aussi large que possible : périodes de référence pour le flux de trafic et les évaluations de la capacité ; classification uniforme des types de véhicules ; séparation du trafic marchandises et du trafic voyageurs ; et informations sur les variations des conditions du trafic dans le temps.

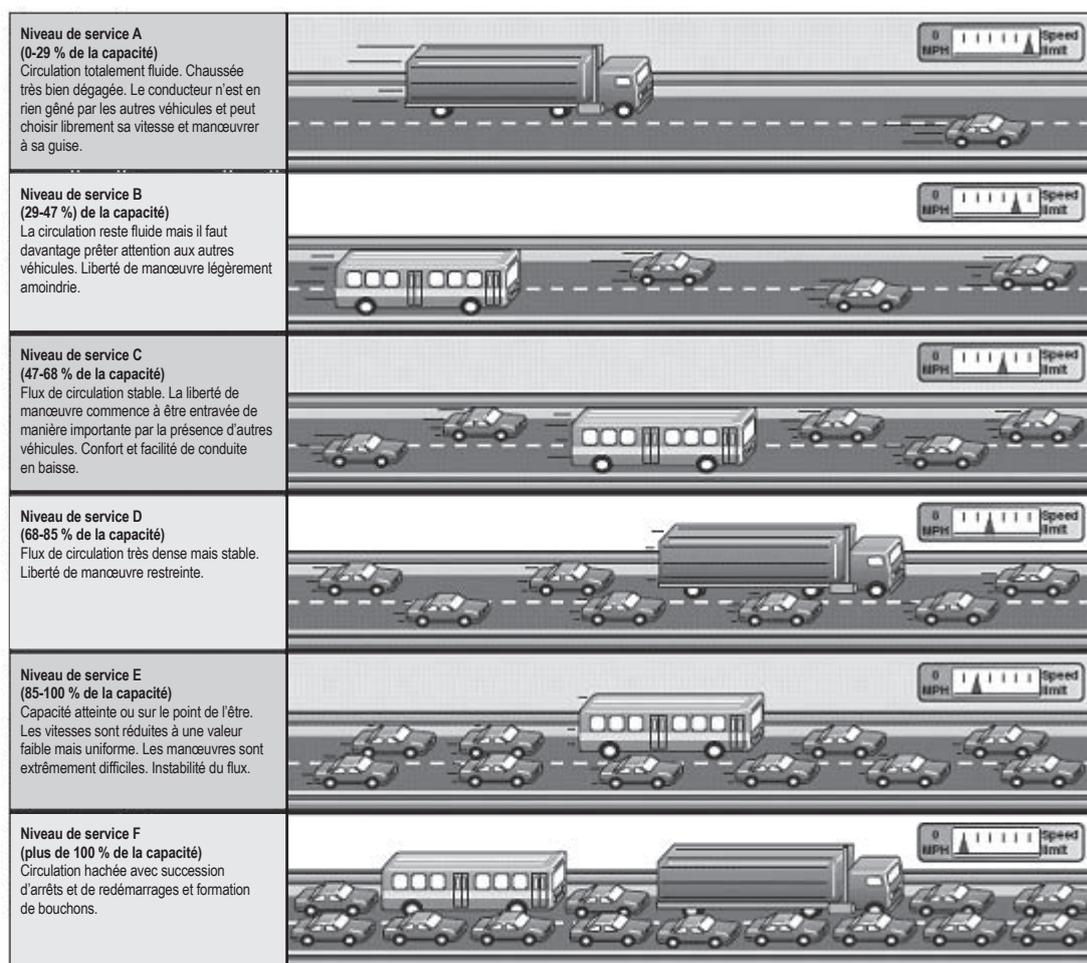
52. Il importe aussi de faire des évaluations par rapport à un ensemble commun d'hypothèses de prévision de trafic et à une conception commune de l'évolution à suivre, par exemple en ce qui concerne la politique à moyen et à long terme relative à l'équilibre route/rail.

53. On trouve ensuite dans le rapport, pour chacun des trois modes, des recommandations sur les indicateurs qui permettent d'estimer raisonnablement que tel ou tel section d'un réseau est un goulet d'étranglement.

F. Applications aux routes

54. La qualité du service sur les routes peut se manifester de nombreuses manières mais la vitesse est généralement bien corrélée avec nombre d'entre elles et est un indicateur reconnu de la qualité du service. Par contre, le volume de trafic et la vitesse de déplacement sont corrélés négativement pour une configuration d'infrastructure donnée (voir fig. 1). La capacité d'une liaison routière correspond au nombre maximal de véhicules qui peuvent l'emprunter pendant une période de temps donnée, ce qui dépend notamment de la qualité de service requise.

Figure 1 : Représentation des niveaux de service sur une autoroute à deux voies



Source : United States Government Accountability Office (2007).

55. Le document TRANS/WP.5/R.60 propose de recenser les goulets d'étranglement en comparant la capacité de la route et la demande. Il recommande d'utiliser des données journalières (faute de données suffisamment détaillées pour procéder à une analyse plus fine), de calculer la demande de trafic totale pondérée pour chaque liaison en unités voiture particulière (UVP) (les véhicules de transport de marchandises et les autocars étant affectés d'un coefficient de pondération plus élevé) et de comparer ce chiffre avec la capacité

journalière estimée (qui dépend du type de la route considérée), qui figurent dans les manuels sur la capacité des routes⁴. Il propose de considérer qu'il y a goulet d'étranglement lorsque la demande excède la capacité pendant au moins quatre-vingts à cent vingts jours de l'année.

56. Pour ce qui est des liaisons manquantes, il propose de calculer la vitesse sur le trajet entre chacun des centres régionaux et tous les autres centres régionaux comme étant le quotient de la durée du trajet par la distance à vol d'oiseau entre les deux centres considérés. Si cette vitesse est inférieure à une valeur comprise entre 60 et 100 km/h (selon que la distance entre les deux centres est courte ou longue), on considérera qu'il y a une liaison manquante, indépendamment du volume du trafic, le chiffre obtenu devant toutefois être révisé s'il existe des obstacles géographiques importants.

G. Applications au rail

57. En ce qui concerne le rail, la vitesse et le confort sont considérés comme les principaux indicateurs de la qualité du service mais ils dépendent à leur tour de nombreux paramètres en rapport avec la construction de la ligne elle-même et avec les procédures d'exploitation. Là encore, définir la capacité n'est pas chose facile. Dans la pratique, la capacité (mesurée en nombre de trains par jour), était souvent calculée simplement à partir des données disponibles concernant la configuration de la voie (simple ou double) et le trafic sur la ligne. Il est toutefois admis que d'autres facteurs « nodaux » tels que la capacité des gares de triage, les gares, etc., pourraient également influencer d'une manière importante sur les niveaux de capacité.

58. Pour disposer d'un indicateur concret, le document TRANS/WP.5/R.60 propose simplement de recenser les goulets d'étranglement comme étant ceux où la demande prévue dépasse 60 à 80 trains/jour pour une ligne à voie unique et 2 x 100 à 200 trains/jour pour une ligne à double voie. Aucune recommandation précise n'a été formulée en ce qui concerne les liaisons manquantes.

H. Applications aux voies navigables

59. Pour les voies de navigation intérieure, lorsque l'on considère le niveau de service, la vitesse est en général un élément de moindre importance. En outre, pour évaluer la capacité du réseau dans son ensemble il faut tenir compte du fait que les voies de navigation intérieure sont construites selon des spécifications très variables, d'où des écarts de capacité très notables. Ainsi, la CEE, par exemple, définit sept catégories différentes (I à VII).

60. Il y a donc, pour certains types de bateaux, d'importants goulets d'étranglement dépendant de l'importance de l'infrastructure. La rentabilité des mesures prises pour résoudre ces questions sera souvent difficile à démontrer. Dans le document TRANS/WP.5/R.60, les goulets d'étranglement dus à une capacité insuffisante des écluses étaient considérés comme étant les principaux responsables de l'encombrement sur les voies de navigation intérieure. Une méthode de calcul de la capacité des écluses y était même proposée. Dans le document TRANS/SC.3/159, deux types de goulets d'étranglement étaient identifiés : les « **goulets d'étranglement structurels** », qui sont les sections de voies navigables E dont les paramètres ne sont pas conformes aux conditions applicables aux voies navigables

⁴ Le document TRANS/WP.5/R.60 s'inspire très largement du Manuel sur la capacité des routes (Highway Capacity Manual) publié par le Ministère des transports des États-Unis d'Amérique. Une nouvelle version de ce manuel (TRB, 2000) a été publiée depuis la publication du document TRANS/WP.5/R.60.

européennes de la classe IV et les « **goulets d'étranglement stratégiques** », qui sont d'autres sections qui répondent aux conditions de base de la classe IV mais qui devraient néanmoins être modernisées pour améliorer la structure du réseau ou accroître la capacité économique de trafic en navigation intérieure. Le Groupe de travail des transports par voie navigable de la CEE-ONU (SC.3) a poursuivi les travaux à cet égard dans le cadre de ses activités relatives à l'Accord européen sur les grandes voies navigables d'importance internationale (AGN) (voir annexe II).

61. En fin de compte, bien que le document TRANS/WP.5/R.60 ait présenté, pour chaque mode de transport, des études de cas concernant des projets de construction visant à remédier aux goulets d'étranglement, il n'y était nulle part question de l'application directe d'une méthode quelconque d'identification des goulets d'étranglement. Les auteurs de ce rapport ne sont pas allés jusqu'au point de recommander une méthode précise pour identifier les goulets d'étranglement, mais ont jugé que cette tâche devait être effectuée après plus ample étude. Ils se sont bornés à exposer des arguments en faveur des indicateurs mentionnés plus haut comme pouvant être utiles en pratique pour recenser les éventuels goulets d'étranglement. Ils ont toutefois clairement et explicitement (sect. 6) souligné la valeur potentielle de définitions des goulets d'étranglement et de critères de détermination des liaisons manquantes, établis sur la base d'un concept de qualité du service et d'une méthodologie commune applicable à l'échelle internationale.

62. À cet égard, il est également intéressant de prendre note d'un document examiné par le Groupe de travail de la CEE chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports à sa dix-neuvième session, en septembre 2006 (CEE, 2006a). Ce document et d'autres documents connexes rendent compte des réponses à un questionnaire reçues de 15 pays appliquant les Accords AGC, AGR et AGN, dans lequel sont utilisés les critères proposés dans le document TRANS/WP.5/R.60, et démontrent qu'il serait à tout le moins possible de mettre en place des mécanismes de recensement des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes fondés sur ces critères en réponse aux demandes formulées. Certes, en l'absence d'une réelle méta-analyse, une telle mesure n'offrirait pas de garantie quant à l'exactitude ou à la cohérence des informations, mais elle favoriserait à terme ce type de démarche.

III. PERSPECTIVES

A. La planification des transports internationaux suscite de plus en plus d'intérêt

63. L'évolution récente du contexte sociopolitique, notamment l'élargissement de l'Union européenne et la modification de la structure des échanges avec l'Orient, a été la cause de réorientations sensibles des flux de circulation, tendance qui devrait se poursuivre. Les longs délais s'appliquant en général à la réalisation de grandes infrastructures de transport et à la conclusion d'accords internationaux sur des modifications de la réglementation du trafic et des questions similaires ayant des incidences sur l'efficacité des transports internationaux plaident manifestement en faveur de la poursuite de l'élaboration de plans directeurs pour les réseaux de transport. Les préoccupations croissantes relatives à l'environnement, le rôle du transport intermodal et le fort potentiel de transferts entre modes qui en découle sont d'autres arguments dans ce sens.

64. L'élaboration de plans directeurs à l'échelle de l'Europe est une tâche difficile en raison de l'ampleur et de la complexité de l'analyse à effectuer, de la diversité des modes de fonctionnement des organismes administratifs chargés des transports dans les différents pays et de la disparité et de l'insuffisance des données. Il est vrai cependant que ces difficultés se posent pour toute analyse relative à la planification des transports, qu'il s'agisse d'identifier les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes ou non.

65. Après avoir passé en revue la littérature sur le sujet, comme nous l'avons fait dans la précédente section du présent rapport, on se rend compte qu'aucun progrès décisif sur le plan théorique n'a eu lieu depuis la publication du document TRANS/WP.5/R.60. Certes, il y a bien eu quelques éléments nouveaux, notamment une nouvelle édition du Manuel sur la capacité des routes (**Highway Capacity Manual**, Transportation Research Board, 2000), les travaux de l'Union internationale des chemins de fer sur l'estimation de la capacité des liaisons ferroviaires (UIC, 2004b) et le rapport sur l'axe Nord (**Northern Transport Axis Report**, WSP, 2007), mais principalement en ce qui concerne la méthodologie et l'analyse des liaisons. En outre, il ne fait pas de doute que les débats d'orientation ont continué à se multiplier et que les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes y occupent toujours une place importante.

66. L'approche adoptée pour l'estimation de la capacité dans la nouvelle édition du **Manuel sur la capacité des routes** est à peu près la même que dans l'édition précédente. Les travaux de l'UIC (2004b) sur la capacité des liaisons ferroviaires apportent toutefois un changement notable par rapport à ce qui existait précédemment. Des simulations effectuées liaison par liaison permettent de calculer la capacité maximale effective des liaisons à partir d'estimations réalistes de la demande. Les résultats obtenus de la sorte sont beaucoup plus fiables qu'auparavant.

67. Le récent rapport ERIM (UIC, 2008), qui porte sur les besoins de mise à niveau et les coûts éventuels en termes d'investissement par rapport aux projections de trafic en 2020, est plus directement applicable au rail dans le contexte de la planification à l'échelle européenne. Sous plusieurs aspects, le travail présenté dans ce document est plus simple que certaines approches antérieures de l'UIC. Il s'agit d'une comparaison entre le nombre moyen de trains enregistré quotidiennement et la capacité théorique des liaisons. Sur la base d'une augmentation de 20 % des coefficients de remplissage et d'une pleine utilisation de la capacité des liaisons sur vingt-quatre heures fixée à 70 %, il apparaît que 32 % des moyens actuels atteindront leur capacité ou la dépasseront en 2020.

68. Dans l'ensemble néanmoins, la demande que soit réexaminée et mise à jour la base méthodologique pour la recherche des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes, exprimée par le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports (Comité des transports intérieurs) à sa réunion de septembre 2006, semble opportune et pertinente.

B. Une analyse théorique fondée sur une approche est cependant insuffisante à elle seule

69. À la section 1, nous avons fait valoir que si les termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » étaient couramment employés dans les débats d'orientation et commençaient ainsi à influencer sur des décisions importantes, il fallait qu'ils aient un fondement théorique, qu'ils puissent être traduits en termes opérationnels, notamment en ce qui concerne la disponibilité de données, et qu'ils cadrent suffisamment bien avec les priorités déjà fixées sur la base d'études en termes d'investissements ou de changements d'orientation.

70. Dernièrement, le terme « goulet d'étranglement » a parfois été associé à des termes tels que « écologique » et « social ». Dans le présent rapport néanmoins, les goulets d'étranglement sont principalement étudiés par rapport aux flux de circulation et au niveau de service. Cela étant, il ne fait pas de doute qu'il peut souvent exister un lien entre des résultats négatifs en matière de trafic ou de niveau de service et d'autres facteurs et que des considérations écologiques locales sous-tendent parfois des arguments en faveur d'investissements ou de changements d'orientation importants dans le système des transports.

71. S'agissant des goulets d'étranglement ou des liaisons manquantes vus sous l'angle du **trafic**, il est essentiel de se demander s'il existe des considérations théoriques déterminantes pouvant être utiles dans la pratique. Il a été demandé principalement, et à très juste titre, d'orienter les travaux sur la méthodologie, et non sur la théorie. Il s'agit de savoir dans quelle mesure les notions de goulet d'étranglement et de liaison manquante peuvent être traduites en termes opérationnels pour atteindre des objectifs économiques, sociaux et politiques plus généraux par le développement des infrastructures. Cependant, s'il existait un fondement théorique, il serait manifestement important de l'identifier. En effet, il serait difficile de défendre une méthode qui soit en conflit avec un tel fondement.

72. Au premier abord, il est séduisant de penser qu'un fondement théorique à la recherche des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes existe et peut servir à orienter les applications. Dans la réalité, cela ne s'applique qu'en partie.

73. En ce qui concerne les goulets d'étranglement, il existe au moins deux obstacles à l'établissement d'un fondement théorique clair. Le premier est que dans un réseau routier, la circulation a tendance à s'équilibrer, conformément au principe de Wardrop⁵. Si l'on ne dispose pas de moyens relativement perfectionnés pour modéliser et prévoir la demande, il est difficile de déterminer à partir des données sur les liaisons où se trouvent réellement les goulets, sachant que les usagers font en sorte de les éviter. Deuxièmement, ce qui constitue un goulet d'étranglement sur telle ou telle liaison relève dans une certaine mesure de la préférence et du jugement personnels, plutôt que d'une définition stricte. À partir de quand un retard devient-il excessif ? Il n'existe pas de réponse unique ; tout dépend du but du voyage, du voyageur, de la valeur et de la nature de la marchandise s'il s'agit d'un transport de marchandises, etc.

⁵ Wardrop a pour la première fois énoncé le principe selon lequel les usagers d'un réseau circulant entre un point A et un point B cherchent à emprunter l'itinéraire le plus court et le plus économique et, ce faisant, créent un équilibre du point de vue du rapport temps/coût entre tous les itinéraires pour tous les déplacements entre les points A et B. En effet, toute différence est annulée de par le fait que les usagers s'efforcent d'emprunter un itinéraire plus économique et plus court et compromettent ainsi l'avantage qu'il présente en accroissant l'encombrement dû à l'utilisation des itinéraires pertinents. Ce comportement de base a également des incidences sur la tarification routière au coût marginal et sur la modélisation et la prévision de la demande.

74. On ne peut pas dire pour autant qu'il n'existe pas de références théoriques, tout au moins en ce qui concerne les liaisons ferroviaires et routières. À titre d'exemple, sur certains points des courbes débit-vitesse des liaisons, un accroissement important de l'encombrement, et donc du retard, se produit et peut dans une certaine mesure être expliqué de façon théorique.

75. En outre, l'une des principales préoccupations tient au fait que le fondement théorique tel qu'il existe n'est valable qu'au niveau de chaque liaison. Or, le centre d'intérêt est en dernière analyse le réseau et les résultats d'ensemble ne correspondent pas simplement à la somme des résultats partiels.

76. La tarification est un autre facteur difficile à prendre en compte de façon théorique et pratique à la fois. En ce qui concerne le rail, mais aussi la route de plus en plus souvent, c'est le système de la tarification directe des usagers qui est en œuvre. Ainsi, le niveau d'utilisation d'une liaison et le stade auquel un goulet d'étranglement apparaît ne dépendent pas uniquement du niveau de la demande et des caractéristiques physiques de la liaison, mais également du niveau des prix constatés pour la liaison correspondante et éventuellement pour d'autres liaisons (voir la figure 2). À titre d'exemple, en fixant ses prix à un niveau élevé, l'exploitant d'une liaison peut dissiper immédiatement l'impression qu'il existe un goulet d'étranglement, alors qu'il peut avoir des effets ailleurs ou avoir le caractère d'un goulet d'étranglement « social », que d'un point de vue d'une desserte socialement optimale, il existe une inadéquation qui n'a pas été identifiée ou prise en considération.

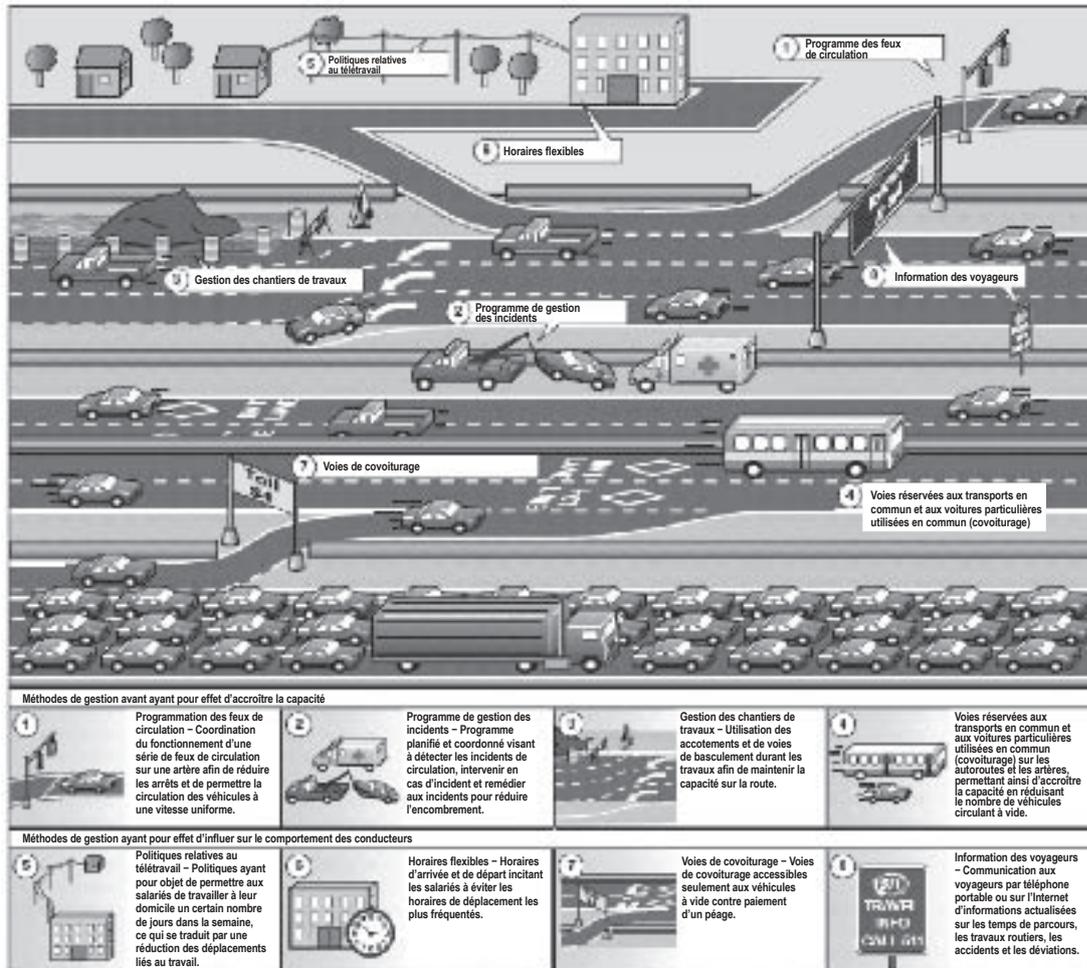
77. S'agissant des liaisons manquantes, comme nous l'avons vu précédemment, on peut dire de la même manière que la plupart des liaisons font défaut dans la plupart des réseaux. Aucune considération théorique simple relative aux réseaux n'indique que telle ou telle liaison **devrait** exister. Pour pouvoir tirer une telle conclusion, il faut procéder à une méta-analyse. En effet, un problème majeur est que s'il existe une base théorique elle se situe au niveau de la liaison individuelle, alors que pour élaborer un plan directeur, il faut avoir une vue d'ensemble des liaisons.

78. Pour résumer, il n'existe pas de base théorique totalement rigoureuse permettant de mettre en évidence les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes dans un réseau et de proposer directement des recommandations à l'échelle du réseau. En ce qui concerne la route cependant, il existe au niveau des liaisons certains éléments théoriques qui permettent de déceler les goulets d'étranglement et de prévoir à partir de quel état de la circulation une liaison peut être considérée par les usagers comme un goulet d'étranglement. Cela vaut également pour le rail, mais peut-être de façon plus empirique.

79. L'absence de fondement purement théorique ne remet toutefois pas en cause la démarche qui consiste à tâcher de comprendre où les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes se trouvent ou risquent de se trouver dans le futur. Les termes « goulet d'étranglement » et « liaison manquante » sont à recommander, car ils appartiennent au langage courant des non-spécialistes et permettent de désigner intuitivement des « sources de préoccupation ». En outre, le fait qu'on continue de les employer dans le discours politique relatif à un grand nombre de contextes confirme leur pertinence. La notion essentielle de goulet d'étranglement (correspondant à une dégradation de la qualité de service par suite de l'encombrement) du fait de conditions de transport dans lesquelles la durée des trajets est trop longue pour les voyageurs comme pour les marchandises demeure foncièrement valable. D'une certaine manière, elle donne encore plus d'importance au présent document dans la

mesure où la nécessité d'établir des méthodes cohérentes et justifiables est d'autant plus grande. La suite du document a principalement pour objet de répondre à ce besoin.

Figure 2: Choix de méthodes de gestion des encombrements tendant à accroître la capacité et à influencer sur le comportement des conducteurs et la demande



Source : United States Government Accountability Office (2007).

C. Les approches suivies par la CEE offrent des perspectives prometteuses

80. Approches typiques de la CEE :

- Une optique centrée sur les flux de trafic internationaux et l'intention de guider et de coordonner à l'échelle internationale le développement des infrastructures de transport afin de faciliter les flux de circulation ;
- Un intérêt, dans certaines limites, pour l'étude des flux à l'échelle européenne, de plus en plus, pour le renforcement des liaisons avec les pays périphériques.

81. Faits à signaler à propos des travaux jusque-là menés par la CEE :

- a) Des difficultés notables d'ordre conceptuel ont été rencontrées en ce qui concerne la définition des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes ;
- b) Dans son approche la CEE a, dans une large mesure, délégué la collecte des données à chaque pays et s'est appuyée sur les sources de données existantes des pays ;
- c) Il a été constaté des problèmes de non-uniformité des données entre pays membres et des réponses incomplètes ou incohérentes aux questionnaires.

82. Dans ce contexte, le précédent examen a permis de mettre en évidence les points ci-après, qu'il conviendrait de prendre en compte pour recommander des actions ultérieures répondant aux ambitions générales de la CEE dans le domaine considéré :

- a) Il n'est pas suffisant de compiler des informations au niveau local sur les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes pour pouvoir directement optimiser l'infrastructure des transports à l'échelle d'un réseau ;
- b) Les concepts de goulets d'étranglement et de liaisons manquantes sont néanmoins utiles lorsqu'on les emploie avec discernement pour lancer, orienter et étayer des discussions sur la planification des réseaux, en particulier avec un public non spécialisé ;
- c) Néanmoins, toute proposition détaillée d'investissement dans des infrastructures devrait ressortir d'une étude globale menée au-delà du niveau local et s'appuyant sur des modèles, une évaluation des impacts économiques, écologiques et sociaux et tenir compte du cadre politique plus large ;
- d) Les processus de recherche des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes ne sont pas les mêmes ;
- e) Pour les trois modes de transport route, rail et voies navigables intérieures, l'existence de goulets d'étranglement doit être déterminée au moyen de processus différents, bien qu'il s'agisse essentiellement d'évaluer le niveau de service dans les trois cas ;
- f) Centrer les études sur le trafic international exclusivement est difficile et même contestable puisque les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes affectent le trafic dans son ensemble ;
- g) Toutefois, en évitant la micromodélisation du réseau physique et en choisissant soigneusement les seuils et les intervalles de temps pour définir les goulets d'étranglement, on peut atténuer l'influence excessive des encombrements localisés, survenant aux heures de pointe et souvent circonscrits aux zones urbaines. On peut exclure du champ de l'analyse les goulets d'étranglement qui sont principalement dus à des périodes relativement courtes d'encombrement sur les parcours entre les lieux de domicile et de travail, qui affectent

essentiellement la circulation intra-urbaine des voitures particulières, laquelle ne fait pas l'objet de la présente étude, et que les usagers des liaisons internationales évitent dans bien des cas en empruntant les grandes artères. De même, les goulets d'étranglement de courte durée provoqués par des accidents, des travaux routiers ou des conditions météorologiques inhabituelles peuvent être ignorés ;

- h) Le jugement quant à l'existence ou non d'un goulet d'étranglement n'a pas une valeur absolue. Il s'agit d'une appréciation relative, qui dépend du contexte et qui doit être formulée en tenant compte de la raison initiale qui en est à l'origine. Ce qui est perçu comme un encombrement inacceptable par un usager dans un contexte social donné peut être considéré comme acceptable dans une autre situation. Il n'existe pas de « chiffre magique » permettant de faire la démarcation entre un goulet d'étranglement et une circulation normale. Dans des travaux précédents de la CEE, on trouve nécessairement des appréciations de cette nature. Il a notamment été suggéré qu'au-delà de 60 000 UVP (unités voiture particulière) par jour pendant au moins 80 à 120 jours par an sur une autoroute à quatre voies, il existe un goulet d'étranglement [ECE/TRANS/WP.5/2006/2, p. 2];
- i) Un goulet d'étranglement peut se trouver sur une liaison ou à un nœud (point de passage d'une frontière ou point de transfert modal). Dans le contexte de la modélisation, cette distinction est inutile puisque les nœuds provoquant des retards peuvent être représentés par une combinaison de nœuds fluides et de liaisons fictives. Les mesures prises pour faire face à la situation peuvent toutefois être différentes, bien évidemment ;
- j) La mise en place récente d'une capacité de modélisation à l'échelle européenne, comme par exemple dans le cadre de la collaboration TEN-TOOLS, promet de faciliter la planification d'infrastructures en Europe. En ce qui concerne le futur immédiat toutefois, il est peu probable qu'elle puisse se substituer à l'analyse des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes au niveau liaison par liaison et pays par pays ;
- k) Les recommandations présentées dans la section ci-après en ce qui concerne la façon de rechercher les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes et de tirer parti des résultats obtenus dans les travaux menés à l'appui des travaux de la CEE et d'autres organismes sur la planification générale des infrastructures de transport sont fondées sur une appréciation de ce que la théorie peut ou ne peut pas apporter, une connaissance des façons dont les questions pertinentes ont été abordées dans les travaux précédents, et une prise en compte du cadre politique plus général.

IV. RECOMMANDATIONS

A. Mettre au point pour chacun des modes principaux des procédures fiables qui soient réalistes en ce qui concerne les besoins en données

83. Les recommandations ci-après traitent des voies possibles pour poursuivre les travaux de la CEE sur les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes par rapport aux plans directeurs pour les infrastructures de transport. À bien des égards, elles s'appuient directement sur les travaux présentés dans le document TRANS/WP.5/R.60 dans la mesure où l'orientation principale consiste à déléguer à chaque pays la recherche des goulets d'étranglement au niveau des liaisons, sur la base des écarts entre les niveaux de service mesurés ou prévus et les normes acceptées, après évaluation de la capacité des liaisons et de la demande.

- a) Compte tenu de la situation actuelle en ce qui concerne les modèles pour les transports internationaux et les sources de données disponibles, la CEE devrait pour l'heure continuer de déléguer les tâches consistant à recenser les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes.

Dans la mesure où ces tâches sont exécutées en appliquant une méthodologie commune, les résultats sont d'une réelle utilité et peuvent servir à établir les priorités nationales dans le domaine des transports et apporter des éléments de base pour des débats internationaux ;

- b) Le travail de recensement des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes devrait s'appuyer autant que possible sur des principes directeurs communs et explicites sur le plan technique ;
- c) L'adoption d'un ensemble commun d'hypothèses pour établir les prévisions de trafic devrait être vivement encouragée ;
- d) Si cela ne peut se faire, il faudrait au moins formuler de façon explicite les hypothèses de croissance pertinentes et il pourrait être utile de passer en revue une série de scénarios de croissance. Compte tenu des différences nationales en ce qui concerne la disponibilité des données, entre autres, il convient pour les prévisions et les recherches ultérieures des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes d'appliquer un modèle de prévision ayant fait ses preuves, qui de préférence tienne compte explicitement des flux internationaux ;
- e) La priorité devrait être donnée à la recherche des goulets d'étranglement. En effet, les méthodes permettant de rechercher les liaisons manquantes sont moins élaborées, il est rare que des liaisons fassent totalement défaut dans les parties les plus développées des réseaux, et enfin il est plus efficace de détecter les liaisons manquantes au niveau de l'ensemble du réseau liaison par liaison ou pays par pays ;
- f) S'agissant de recenser les goulets d'étranglement (et dans une certaine mesure les liaisons manquantes), des approches distinctes sont nécessaires pour les trois modes de transport, route, rail et voies navigables intérieures. Il faudrait

inciter les pays à traiter les passages de frontières et points de transfert intermodaux comme correspondant à des liaisons dans les réseaux et à les classer parmi les goulets d'étranglement ou les liaisons manquantes selon le cas ;

- g) Les principes directeurs devraient dans l'ensemble reprendre ceux énoncés dans le document TRANS/WP.5/R.60 et mis en pratique depuis par le Comité des transports intérieurs dans certains de ses travaux. Ils devraient favoriser une démarche de recherche des goulets d'étranglement qui ne soit pas trop sélective. En effet, il est préférable dans un premier temps d'en recenser un trop grand nombre plutôt qu'un trop petit nombre. Il faudrait adopter l'approche des indicateurs d'efficacité et du profil des liaisons, présentée dans le document TRANS/WP.5/R.60 et définie plus en détail dans le rapport sur l'axe Nord (**Northern Transport Axis Report**), qui s'appuie sur des indicateurs de qualité de service fondés sur l'opinion des usagers ;
- h) Les principes directeurs ne doivent pas formuler d'exigences trop pointues par rapport à la capacité de prévision ou à la disponibilité des données. S'agissant des données, les demandes doivent être réalistes à l'égard de certaines des administrations et des sources moins bien pourvues, sachant qu'une forte proportion des grands projets de réalisation d'infrastructure risque de concerner ces régions et qu'il faut éviter à tout pris les cas où les données sont incomplètes⁶.
- i) L'objectif devrait être de dresser une « liste longue » d'investissements ou de décisions administratives envisageables. Il serait difficile de justifier des efforts d'analyse très lourdes n'ayant pour but que de déterminer ce qui doit figurer sur cette liste.

84. Pour chaque mode de transport, les principes directeurs devraient être axés sur la notion de qualité de service, comme nous l'avons vu précédemment : les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes nuisent à la qualité de service que les usagers peuvent raisonnablement attendre. La mise en évidence de ces obstacles, qui est une initiative appropriée répondant aux préoccupations de la clientèle, devrait être un élément d'information majeur (mais non le seul) sur lequel on doit se fonder pour apporter des modifications aux infrastructures et aux processus administratifs. D'autres questions importantes à prendre en considération sont les impératifs environnementaux et les objectifs sociopolitiques plus vastes conformes aux orientations de l'Union européenne et à d'autres orientations.

85. Les recommandations qui suivent ont pour objet de lancer des débats entre les professionnels et les experts. Ces débats sont tout particulièrement nécessaires en ce qui concerne les principes directeurs relatifs à la route et au rail, pour lesquels le paramétrage est incomplet (dans le premier cas) et les possibilités d'application pratique floues (dans le deuxième). C'est pourquoi il est recommandé que la CEE engage un processus de consultations à ce sujet comme prolongement des présents travaux.

⁶ À titre d'exemple, l'appel d'offres retenu suite à la récente proposition de projet de la Communauté européenne, intitulée Flux de trafic : scénario, prévision et analyse du trafic sur le réseau transeuropéen de transport (RTE-T) prenant en compte la dimension extérieure de l'Union, est explicite en ce qui concerne les données, notamment la résolution spatiale, pour certains des nouveaux États membres.

B. Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement dans les réseaux routiers

1. Liaisons manquantes

86. Bien qu'il existe quelques points de référence très généraux en ce qui concerne la densité des réseaux, il ne semble pas exister de principes directeurs généraux relatifs à la recherche des liaisons manquantes qui ne soient pas dépendants de l'analyse d'un réseau entier par des experts, ou de l'exploitation d'un modèle (national) de réseau.

87. Il est recommandé d'inciter les administrations nationales, pour le recensement des liaisons manquantes, à procéder de la manière suivante :

- a) Identifier tout groupe de liaisons existantes sur lequel un trafic dense semble s'écouler par un itinéraire indirect et évaluer le flux global pour le groupe en utilisant les mêmes indicateurs (voir ci-dessous) que ceux employés pour déterminer la qualité de service sur une liaison particulière ;
- b) Comparer les résultats obtenus aux résultats estimés dans l'hypothèse où une liaison directe appropriée serait mise en place dans le réseau ;
- c) Désigner la liaison en question comme une liaison « manquante » si la différence entre les résultats est importante, par rapport au coût approximatif de la liaison manquante.

2. Goulets d'étranglement

88. Il est recommandé d'appliquer l'approche générale présentée aux pages 153 et 154 du rapport sur l'axe Nord (WSP, 2007) en y apportant quelques modifications limitées. Cette étude s'appuie de manière générale sur la série d'activités de la CEE et les applications connexes qui en ont démontré le bien-fondé.

89. Il est notamment recommandé d'adopter les indicateurs pour la charge à l'essieu, le gabarit des véhicules, la vitesse de déplacement des poids lourds et la fiabilité du déplacement. L'indicateur relatif à la sécurité devrait être fixé à 50 % au-dessus de la moyenne de l'Union européenne pour les routes semblables. Quant à l'indicateur relatif à l'environnement, il ne devrait pas formellement faire partie des critères d'évaluation à ce stade en raison du manque de méthodes de mesure fiables et de l'existence d'un degré de corrélation entre la dégradation de l'environnement et des indicateurs tels que la vitesse et la fiabilité du déplacement. Cette corrélation, qui ne sera pas toujours parfaite, sera vraisemblablement assez forte au niveau d'analyse considéré ici.

90. La détermination précise des résultats relatifs à ces indicateurs justifiant le classement comme « goulet d'étranglement » devrait faire l'objet d'une concertation. Pour en savoir plus sur cette approche, voir l'annexe II.

C. Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et goulets d'étranglement dans les réseaux ferroviaires

1. Liaisons manquantes

91. La question de l'identification des liaisons manquantes est probablement moins critique pour les réseaux ferroviaires que pour les réseaux routiers. Toutefois, il est recommandé d'adopter une approche à peu près semblable à celle utilisée pour les liaisons routières. Dans tous les cas, l'évaluation doit s'appuyer sur les avis d'experts.

2. Goulets d'étranglement

92. Les travaux publiés récemment par l'UIC (UIC, 2008) ont aidé à mieux connaître les inadéquations du système ferroviaire européen. Associés aux précédents travaux sur le chemin de fer transeuropéen (TER), ils devraient fournir de bonnes indications sur l'emplacement des principaux goulets. Il serait également utile de comparer les deux listes de goulets établies dans ces deux références à une liste qui serait fondée sur l'approche présentée aux pages 159 à 161 du rapport sur l'axe Nord. Pour en savoir plus sur cette approche, voir l'annexe II.

93. Tout comme les goulets d'étranglement sur les liaisons, les goulets situés à nœuds peuvent avoir des conséquences importantes dans le réseau ferroviaire. Il serait bon de rappeler aux administrations nationales d'en tenir compte. L'UIC compte mener des travaux complémentaires sur cette question et étudie la possibilité d'appliquer son approche 2004b aux nœuds de réseau.

94. Bien qu'il existe des approches nettement plus élaborées pour la recherche des goulets d'étranglement dans les réseaux ferroviaires (les approches 2004a et c de l'UIC, par exemple), il n'est pas certain qu'on puisse les appliquer de façon générale actuellement compte tenu des limitations du temps disponible pour les analyses, mais aussi des lacunes en ce qui concerne les données, ce qui est plus gênant.

D. Approche concernant le recensement des liaisons manquantes et des goulets d'étranglement dans les réseaux de voies navigables intérieures

95. En général, les réseaux de voies navigables intérieures sont relativement petits et spécialisés. En ce qui concerne les liaisons manquantes, le nombre d'analyses réalisées est négligeable; s'agissant des goulets d'étranglement, il est limité et les analyses ont le plus souvent été axées sur les normes. Dans ce domaine, une analyse moins lourde à l'échelle nationale paraît appropriée, particulièrement dans la mesure où des progrès substantiels semblent avoir été accomplis sous les auspices du Groupe de travail des transports par voie navigable (voir l'annexe III).

1. Liaisons manquantes

96. Il est recommandé que les administrations nationales examinent les travaux de recensement des liaisons manquantes présentés dans le *Livre bleu* en se fondant simplement sur la connaissance approfondie qu'elles ont de leur propre réseau et sans tenir compte de principes directeurs formels, étant entendu toutefois que leur réflexion devrait clairement être axée sur l'accélération de la circulation internationale des marchandises et qu'elles devraient être informées des possibilités de développement du transport multimodal.

2. Goulets d'étranglement

97. Il est recommandé de continuer à appliquer les principes directeurs, fondés sur des normes adoptés par le Comité des transports intérieurs de la CEE. Les administrations nationales devraient continuer à recenser les types de goulets suivants :

- a) Goulets d'étranglement structurels – sections de voies navigables E dont les paramètres actuels ne sont pas conformes aux conditions applicables aux voies navigables d'importance internationale selon la nouvelle classification des voies navigables européennes (classe IV) ;
- b) Goulets d'étranglement stratégiques – autres sections qui répondent aux conditions de base de la classe IV mais qui devraient néanmoins être modernisées pour améliorer la structure du réseau ou accroître la capacité économique du trafic en navigation intérieure.

98. Compte tenu des progrès déjà accomplis dans ce domaine (voir l'annexe III), le travail supplémentaire à effectuer devrait être relativement limité.

E. Analyse distincte pour le transport multimodal

99. Aussi bien ce qui concerne les liaisons manquantes et que les goulets d'étranglement, il est recommandé que les administrations nationales compétentes pour les trois modes de transport considérés soient chargées à titre principal d'évaluer les perspectives offertes par le transport multimodal. Le Ministère des transports, ou une autre administration aux compétences équivalentes, devrait être consulté lorsqu'il y a lieu. S'agissant du transport international, il est probable que les évaluations les plus pertinentes sur les perspectives multimodales seront faites au moment où les recommandations sur les priorités nationales seront replacées dans un cadre international. Il s'agit là d'une autre question sur laquelle des concertations plus poussées seraient utiles pour déterminer les modalités pratiques de cette approche.

Annexe I**Contexte dans lequel a été prise la décision de faire réaliser la présente étude****A. Contexte immédiat**

1. À sa dix-neuvième session, tenue les 14 et 15 septembre 2006, le Groupe de travail chargé d'examiner les tendances et l'économie des transports (Comité des transports intérieurs, CEE) a examiné les progrès accomplis dans l'exécution des travaux sur les infrastructures, les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes.

B. Rapport de juillet 1993 (TRANS/WP.5/R.44)

2. Ce rapport, qui était intitulé « Goulets d'étranglement des infrastructures et liaisons manquantes dans le réseau européen des transports », avait été élaboré à partir d'un ensemble de travaux antérieurs dont le document TRANS/WP.5/R.37. Les principaux points à retenir du rapport et des travaux sur lesquels il est fondé sont les suivants :

- a) Le champ d'étude est limité aux infrastructures routières, ferroviaires et de navigation intérieure ;
- b) Le rapport s'appuie sur les réponses à un questionnaire qui avait pour but d'obtenir des renseignements sur les problèmes de capacité actuels, les mesures de réglementation et relatives aux infrastructures visant à atténuer les effets des goulets d'étranglement, et le financement de la construction d'infrastructures et de la modernisation des infrastructures existantes ;
- c) Le taux de réponse au questionnaire est insuffisant dans l'ensemble. Lorsqu'il existe des réponses, l'information n'est pas toujours complète ou suffisamment détaillée ;
- d) Les goulets d'étranglement, tels qu'ils sont identifiés dans les réponses, progressent en nombre au cours du temps et causent un allongement de la durée des trajets et un accroissement des coûts d'exploitation. Ils ont également quelques incidences négatives sur l'environnement ;
- e) Les goulets d'étranglement ont essentiellement pour cause la capacité insuffisante des infrastructures ou leur qualité médiocre, voire les deux ;
- f) La difficulté à décider ce qui est un goulet d'étranglement s'explique en partie par l'absence de critères adéquats pour établir un rapport entre la densité du trafic et l'infrastructure requise ou déterminer le niveau de qualité (service) pouvant être jugé acceptable ;
- g) L'étude relative aux liaisons manquantes est fondée sur une étude du coût des insuffisances des infrastructures de transport en Europe, qui avait été réalisée en 1991 à la demande du Parlement européen et de la Commission européenne ;

- h) Le rapport, à un niveau élevé du réseau existant entre les principaux nœuds, identifie les paires de zones pour lesquelles le niveau de service est insuffisant, en fonction de critères distincts pour le transport routier, le transport ferroviaire de voyageurs et le transport ferroviaire de marchandises ;
- i) Les liaisons correspondantes sont considérées comme des liaisons « insuffisantes » et non « manquantes » ;
- j) Bien que les critères employés pour établir qu'une liaison est insuffisante soient quelque peu arbitraires, ils permettent d'appliquer une approche fondée sur des faits qui sert de base à une évaluation bien qu'à un niveau élevé d'agrégation spatiale, des zones où les moyens d'infrastructure peuvent être insuffisants.

C. Additif n° 1 au rapport de juillet 1993 (TRANS/WP.5/R.44/ADD.1)

3. Un petit groupe d'experts informel a examiné le rapport ci-dessus et présenté, entre autres, les observations ci-après :

- a) Il n'existe aucun critère commun entre pays pour définir les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et le niveau de service ;
- b) Il pourrait être utile de définir des critères communs ;
- c) Il est important que tous les pays membres de la CEE participent à la fourniture et à l'actualisation des données pertinentes ;
- d) Les travaux entrepris par la Conférence européenne des ministres des transports peuvent être utiles pour compléter le rapport, bien que relevant d'une approche légèrement différente ;
- e) Les moyens d'accès aux régions ou pays périphériques n'ont pas reçu beaucoup d'attention.

D. Rapport de juillet 1994 (TRANS/WP.5/R.60)

- 4. a) Ce rapport se base sur la constatation qu'avant de commencer à déterminer les priorités d'investissement pour les principales liaisons internationales, il était nécessaire d'analyser plus en détail la base méthodologique permettant de mettre en évidence les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et les problèmes de qualité de service ;
- b) Le niveau auquel les travaux antérieurs ont été réalisés a été jugé trop proche du niveau opérationnel ;
- c) L'inventaire des goulets d'étranglement ou des liaisons manquantes n'est qu'une partie (initiale) du processus consistant à déterminer si des investissements dans les infrastructures de transport sont indiqués ;

- d) L'absence de critères communs entre les pays pour définir les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes rend très difficile la tâche consistant à déterminer l'importance relative de propositions particulières. Or ces critères sont nécessaires pour une évaluation des priorités relatives aux infrastructures à l'échelle de l'Europe ;
- e) Le fait d'identifier un goulet d'étranglement, cependant, ne justifie pas à lui seul la décision de faire un investissement. Celle-ci doit tenir compte d'un ensemble beaucoup plus large de critères, notamment économiques, sociaux et écologiques ;
- f) Il est souligné que la spécificité des trois modes de transport (route, rail et voies navigables intérieures) du point de vue des paramètres clefs que sont la capacité, la qualité de service et le trafic oblige à étudier chaque mode séparément ;
- g) Il est noté que bien qu'il existe des relations très fines entre la capacité, la qualité de service et le trafic, il faudra plus de mesures simples et générales au niveau stratégique en Europe ;
- h) Il est important de noter que la demande de transport varie dans le temps et qu'il convient d'en tenir compte de façon systématique pour évaluer la qualité de service et identifier les goulets d'étranglement ;
- i) La variabilité du format des données est un obstacle majeur à l'application de critères communs ;
- j) Les estimations relatives aux goulets d'étranglement et aux liaisons manquantes devraient être faites par rapport aux niveaux *futurs* de trafic, ce qui implique de poser des hypothèses communes dans les prévisions. Pour cela, il faut disposer d'hypothèses au niveau décisionnel quant à la politique générale des transports pour ce qui est de l'extension des infrastructures en réponse à la demande ;
- k) Il est recommandé pour chaque mode de transport des critères normalisés éventuels qui pourraient constituer des indicateurs de la présence de goulets d'étranglement qui soient utiles, applicables et comparables au plan international.

Annexe II

Méthodologie relative à la détermination des goulets d'étranglement des réseaux routiers et ferroviaires présentée dans le rapport sur l'axe Nord

1. Dans le **rapport sur l'axe Nord**, il est expliqué que les goulets d'étranglement peuvent être identifiés par trois méthodes : évaluation en fonction de **normes de conception** prédéterminées ; **analyse de capacité** consistant à comparer les volumes de trafic relevés ou prévus avec les capacités nominales des liaisons ou des nœuds ; **analyse fondée sur les résultats**, dans laquelle on étudie uniquement l'efficacité du système par rapport à un certain nombre d'objectifs retenus. La préférence est accordée à l'analyse fondée sur les résultats, car elle permet de cibler la recherche des goulets d'étranglement en fonction d'indicateurs clefs de la qualité du service de transport telle qu'elle est évaluée par les usagers.
2. Les indicateurs d'efficacité courants sont par exemple la vitesse de déplacement, la durée du trajet ou le temps à prévoir pour passer une frontière. Ils doivent être sélectionnés en fonction des objectifs fixés. Ils sont utilisables à différents niveaux et peuvent être appliqués à des points particuliers ou à des éléments plus larges de l'infrastructure ou d'une chaîne logistique. Ils sont également applicables à certaines composantes du système de transport, notamment aux flux internationaux, qui présentent un intérêt particulier dans le cadre de la présente étude.
3. Pour mettre en œuvre ce type d'approche, il faut à l'évidence veiller tout particulièrement à ce que les objectifs soient bien choisis et correspondent bien aux aspirations sociales et politiques du moment, et à ce que les indicateurs de résultats soient i) sélectionnés de façon à renseigner séparément et ensemble sur la progression par rapport aux objectifs fixés ; ii) non ambigus et faciles à déterminer pour un coût raisonnable. En général, les indicateurs concernent des facteurs tels que l'accessibilité, la mobilité, le développement économique, la protection de l'environnement, la sécurité, la sûreté et la qualité des infrastructures.
4. Dans le **rapport sur l'axe Nord**, il est recommandé de centrer l'attention sur les facteurs suivants :
 - a) La mobilité :
 - i) Durée du trajet et vitesse de déplacement ;
 - ii) Temps d'attente aux nœuds ;
 - iii) Fiabilité de l'horaire de voyage ;
 - b) La sûreté des transports ;
 - c) La protection de l'environnement.
5. Le coût du transport n'est pas directement estimé, principalement en raison de la complexité du calcul. Il est intéressant de noter toutefois que, pour certains modes tout au moins, il existe une relation entre le prix, le volume et le temps, de sorte que la question du coût ne peut pas être considérée comme non pertinente dans l'estimation globale.

6. L'un des avantages de l'analyse fondée sur les résultats est que les indicateurs d'efficacité peuvent servir à composer un profil d'efficacité réagissant à la fois aux changements de politique et d'infrastructure sans qu'il soit nécessaire de changer d'indicateurs.

7. En plus des indicateurs d'efficacité tels que ceux présentés ci-dessus, il peut être utile de recueillir des informations sur les contraintes liées à la réglementation, à l'héritage technique et administratif et aux institutions. Il s'agit notamment de normes incompatibles en ce qui concerne les véhicules, d'écartements différents en ce qui concerne la voie ou de variations des procédures au passage des frontières.

8. Bien que les indicateurs d'efficacité soient de nature plutôt générale, il peut arriver que le manque de données empêche de réaliser des évaluations directement par la méthode indiquée ci-dessus. C'est pourquoi un ensemble d'indicateurs particuliers est également recommandé dans le **rapport sur l'axe Nord** pour les projets concernant la route et le rail respectivement :

A. Route

Charge maximale	Charge maximale par essieu : 11,5 t Charge maximale du véhicule : 44 t
Dimensions du véhicule	Longueur : 18,75 m Hauteur : 4 m Largeur : 2,55 m
Vitesse de déplacement des poids lourds	Bonne : 75 km/h ou plus Insuffisante : 50 à 75 km/h Encombrement : moins de 50 km/h
Fiabilité de l'horaire	Selon les estimations des retards récurrents dus aux encombrements
Sécurité routière	Avis des experts
Environnement	Avis des experts Longueur de l'ensemble des zones urbanisées sur la liaison

B. Rail

Harmonisation opérationnelle et technique	Poids du train : 3 000 t au maximum Longueur admissible : 750 m Gabarit de chargement : GC Charge par essieu : 25 t au maximum Système de signalisation : système de gestion du trafic ferroviaire européen (ERTMS)
Vitesse sur la ligne	Insuffisante : moins de 100 km/h Normale : 100 km/h ou plus
Utilisation de la capacité	Par exemple, selon les valeurs guides de la CEE, 60 à 80 trains par jour (voie unique) ou 100 à 200 trains par jour (voie double)

Annexe III

Goulets d'étranglement dans les transports par voie navigable

1. Les informations ci-après sont extraites de documents fournis par la CEE. La situation relative au réseau de voies navigables est celle enregistrée en juillet 2007.

A. Principaux goulets d'étranglement dans le réseau des voies navigables E

2. Le Groupe de travail des transports par voie navigable (SC.3) de la CEE accorde une attention particulière à la question des goulets d'étranglement sur les voies navigables intérieures dans le cadre de ses travaux relatifs à l'**Accord européen sur les grandes voies navigables d'importance internationale (AGN)**. Afin de faciliter la mise en œuvre de l'Accord, le Groupe de travail a publié un document, intitulé *Livre bleu* (ECE/TRANS/SC.3/144/Rev.1, 2006), qui contient des renseignements techniques sur les voies navigables intérieures et les ports d'importance internationale en Europe. Ce document fournit aux États membres de la CEE :

- a) Une définition et une classification communes des goulets d'étranglement sur les voies navigables intérieures (voir les définitions ci-après) ;
- b) Une liste des goulets d'étranglement et des liaisons manquantes dans le réseau des voies navigables E.

3. Depuis octobre 2002, le SC.3 tient un inventaire des principaux goulets d'étranglement et liaisons manquantes sur le réseau des voies navigables E (résolution n° 49, TRANS/SC.3/159). En juillet 2007, 42 goulets stratégiques et 31 goulets structurels étaient recensés dans 18 pays d'Europe occidentale, orientale et centrale, sur le Danube, la Save, le Rhin, la Moselle, l'Elbe, le Main, l'Oder, le Don et la Volga et sur d'autres voies navigables intérieures européennes de première importance.

B. Mesures prises par les pouvoirs publics

4. Par rapport à la route et au chemin de fer, la capacité des infrastructures sur les voies de navigation intérieures dépend davantage des conditions météorologiques, un niveau bas de l'eau étant souvent la cause principale de restrictions. L'autre facteur important, qui concerne les infrastructures, est la capacité insuffisante des écluses. Un grand nombre de mesures visant à éliminer les goulets d'étranglement sont donc axées sur le réaménagement ou la construction d'écluses et de barrages et relèvent de projets de longue durée qui nécessitent des moyens financiers importants.

5. Les États parties à l'AGN ont décidé d'adopter les dispositions de l'Accord sous la forme d'un plan coordonné de développement et de construction d'un réseau de voies navigables et se sont ainsi engagés à faire en sorte d'éliminer les goulets d'étranglement et les liaisons manquantes. Le Groupe de travail suit les progrès accomplis dans ce sens et met à jour périodiquement le *Livre bleu* et la Résolution n° 49.

C. Définitions

Goulets d'étranglement et liaisons manquantes dans le réseau des grandes voies navigables d'importance internationale

6. Au cours de ses travaux sur le projet d'AGN, le Groupe de travail des transports par voie navigable a approuvé les définitions suivantes des expressions « goulets d'étranglement » et « liaisons manquantes » sur le réseau de navigation intérieure, mises au point par le Groupe spécial d'experts sur l'infrastructure des voies navigables.

7. Les sections du réseau de voies navigables européen d'importance internationale dont les paramètres sont sensiblement inférieurs aux prescriptions visées sont appelées goulets d'étranglement.

8. Il existe deux sortes de goulets d'étranglement :

a) Les **goulets d'étranglement structurels** sont les sections de voies navigables E dont les paramètres actuels ne sont pas conformes aux conditions applicables aux voies navigables d'importance internationale selon la nouvelle classification des voies navigables européennes (classe IV) ;

b) Les **goulets d'étranglement stratégiques** sont d'autres sections qui répondent aux conditions de base de la classe IV mais qui devraient néanmoins être modernisées pour améliorer la structure du réseau ou accroître la capacité économique du trafic en navigation intérieure.

9. Les **liaisons manquantes** sont les parties du réseau futur de voies navigables d'importance internationale qui n'existent pas actuellement.

10. La condition essentielle pour l'élimination des goulets d'étranglement et la réalisation des liaisons manquantes est le résultat positif de l'évaluation économique (TRANS/SC.3/133, par. 18).

RÉFÉRENCES

- Arnold, J. Best practices in corridor management, Trade Logistics Group, BIRD/Banque mondiale, 2005.
- Banomyong, R. Multimodal transport corridors in South-East Asia: a case study approach, Cardiff, University of Cardiff Business School, 2000.
- Beresford, A.K.C. and Dubey, R.C. Handbook on the Management and Operation of Dry Ports, CNUCED, Genève, 1991.
- Cambridge Systematics. An initial assessment of freight bottlenecks on highways. Cambridge, Cambridge Systematics, 2005 (rapport établi à l'intention de la Federal Highway Administration).
- Conférence européenne des directeurs des routes. Bottlenecks in road networks. Document 04-02. Conférence européenne des directeurs des routes, SG-TERN, 2004.
- Conférence européenne des ministres des transports. Amélioration des systèmes nationaux de planification des infrastructures de transport. CEMT, Paris, 2005 (table ronde 128 sur l'économie des transports).
- Haggett, P. and Chorley, R. J. Network analysis in geography. Londres, Edward Arnold, 1969.
- Nations Unies. Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Inventory of the TEM Network Capacity Bottlenecks. 2005. 11 p. (TEM/WP.253).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique. Joint study on developing Euro-Asian transport linkages. 2008. 216 p. (ECE/TRANS/184).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Goulets d'étranglement des infrastructures et liaisons manquantes dans le réseau européen des transports. 1993. 58 p. (TRANS/WP.5/R.44).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Goulets d'étranglement des infrastructures et liaisons manquantes dans le réseau européen des transports – Rapport de la réunion du groupe officieux restreint. 1993. 3 p. (TRANS/WP.5/R.44/Add.1).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Base méthodologique pour la définition de critères communs concernant les goulets d'étranglement, les liaisons manquantes et le niveau de service sur les réseaux d'infrastructure. 1994. 60 p. (TRANS/WP.5/R.60).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Inventaire des principaux goulets d'étranglement et liaisons manquantes sur le réseau des voies navigables E. 2005. 11 p. (TRANS/SC.3/159).

- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Évolution des corridors et des zones de transport paneuropéens. 2006. 12 p. (TRANS/WP.5/2006/2).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Comité des transports intérieurs. Division des transports. Inventaire des normes et paramètres principaux du réseau des voies navigables E (*Livre bleu*). [2006b]. 91 p. (ECE/TRANS/SC.3/144/Rev.1).
- _____ Commission économique des Nations Unies pour l'Europe. Division des transports. Trans-European Motorway (TEM) and Trans-European Railway (TER) projects' master plan. [2005a]. 163 p. (ECE/TRANS/183).
- _____ Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique. Transit transport issues in landlocked and transit developing countries. 2003. 95 p. (ST/ESCAP/2270).
- _____ Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement. Handbook on the management and operation of dry ports. 1991. 103 p. (UNCTAD/RDP/LDC/7).
- Peters, D. Cohesion, polycentricity, missing links and bottlenecks : conflicting spatial storylines for pan-European transport investments. *European Planning Studies* (Abingdon) 11:317-323. Avril 2003.
- Rathery, A. Policy actions for developing efficient inland transport links between Asia and Europe. Paris, OCDE/ITF, 2007 (document établi en vue de la première Conférence sur la mer Noire et de la quatrième Conférence sur la Route de la soie des Ministres des transports de l'Organisation de coopération économique de la mer Noire, tenues à Istanbul le 5 juillet 2007).
- Short, J. TENs and international infrastructure planning (document présenté à la conférence White Paper – European Transport Policy for 2010 – Time to Decide, tenue à Bruxelles le 27 novembre 2001).
- Transportation Research Board. Highway Capacity Manual. Washington D.C., Transportation Research Board, 2000.
- Tsamboulas, D. A tool for prioritizing multinational transport infrastructure Investments. *Transport Policy* (Amsterdam), 14:11-26. Janvier 2007.
- Turró, Mateu. Going trans-European: planning and financing transport networks for Europe. Amsterdam, Pergamon Press, 1999.
- Union internationale des chemins de fer. Capacity Management (Capman Phase 3) Summary Report. Paris, UIC, 2004a, 32 p.
- _____ EURAILINFRA Summary Report. Utrecht, UIC, 2004c, 26 p.

_____ La capacité. Paris, Éditions Techniques Ferroviaires, 2004b, 25 p.
(fiche UIC n° 406).

_____ Plan directeur de l'infrastructure ferroviaire européenne. Paris, UIC, 2008.
United States Government Accountability Office. Surface transportation: strategies are available for making existing road infrastructure perform better. Washington D.C., U.S. Senate. 56 p. 2007 (Report to the Ranking Member, Committee on Environment and Public Works).

WSP Finland. The Northern transport axis. Pilot study for the analytical support framework to monitor the implementation of the infrastructure and « soft » measures proposed by the High Level Group. Helsinki, WSP Finland Ltd., 2007. 294 p.

