

*Les aspects théoriques fondamentaux  
de l'analyse de la congestion*

Véronique BONIVER et Valérie HAMENDE<sup>1</sup>

*Université de Liège*

<sup>1</sup> Cet article a été réalisé dans le cadre du programme de recherche sur la mobilité menée par le Groupe Transport de l'Université de Liège et financée grâce à la subvention « Actions de recherches concertées » de la Direction Générale de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique – Communauté française de Belgique (Convention n° 96 : 01-206).

**CIRIEC**  
N° 2000/01

## INTRODUCTION

L'évaluation économique d'un système de transport doit nécessairement tenir compte aujourd'hui de la congestion liée au trafic car les nuisances qui en découlent peuvent, dans certains cas, conduire à la paralysie des déplacements, ce qui est préjudiciable à l'activité économique.

La congestion est cependant assez complexe à analyser. Il n'est donc pas inutile au préalable d'en rappeler les aspects théoriques fondamentaux. Cette mise au point fait l'objet du présent article.

La congestion du trafic se traduit, pour l'essentiel, par des pertes de temps liées aux encombrements de la circulation. Ce ralentissement de la vitesse de circulation provoque également d'autres effets induits à court terme, notamment un coût d'exploitation supplémentaire (suite à l'augmentation de la consommation d'énergie) et une pollution additionnelle, en particulier en milieu urbain<sup>2</sup>. Nous nous limitons ci-après à l'effet principal de la congestion exprimé en termes de temps perdu; les effets secondaires sur la pollution atmosphérique et sonore, et sur la consommation d'énergie sont en effet généralement pris en compte dans l'analyse des impacts du transport liés à l'environnement. Remarquons cependant qu'une analyse dynamique de la congestion du trafic devrait tenir compte du fait que les individus sont parfois obligés de choisir un horaire décalé (soit partir plus tôt, soit rentrer plus tard) pour palier aux files d'attentes liées au problème de la congestion. Ce comportement entraîne des coûts supplémentaires (« schedule-delay costs ») qui n'ont pas été pris en compte ci-après<sup>3</sup>. Seules les pertes de temps subies dans la circulation sont analysées.

Pour évaluer celles-ci, il faut au préalable quantifier le phénomène de congestion et ensuite le valoriser. Ces deux étapes de l'analyse, successivement présentées, rencontrent cependant des difficultés théoriques que nous tenterons de mettre en évidence.

Tout d'abord, il faut savoir que la façon d'appréhender la congestion dépend de l'approche envisagée. Ainsi, la quantification des pertes de temps est différente selon qu'on raisonne dans le cadre d'une approche globale ou marginale. Le chapitre 1 fait le point sur cette distinction qui permet de mieux définir la congestion en tant qu'effet externe du transport.

Une fois cette congestion (globale ou marginale) quantifiée et exprimée en termes de temps perdu, il convient de la valoriser en lui affectant une certaine valeur monétaire. Cette notion de "valeur du temps" mérite cependant d'être bien précisée pour éviter toute confusion. Un rappel théorique sur cette question est présenté dans le chapitre 2.

---

<sup>2</sup> D'autres effets plus difficilement quantifiables comme le stress et les répercussions sur la santé sont également mis en avant. Notons aussi le risque supplémentaire d'accidents liés à l'intensité du trafic. A plus long terme, citons encore la dégradation de l'infrastructure routière. Pour un inventaire de ces effets, nous renvoyons à V. Pelletier et al. (1993).

<sup>3</sup> Pour plus de détails sur ce type de coûts, voir notamment K. Small (1992).

Les méthodes de valorisation du temps lié aux déplacements sont ensuite abordées dans le chapitre 3. Il s'agit d'une étape importante dans l'analyse de la congestion car elle permet d'estimer les différents éléments (internes et externes) du coût de la congestion qui interviennent à plusieurs reprises dans l'analyse des transports, en particulier :

- dans la modélisation de la demande, lorsqu'on estime le coût interne de congestion (plus précisément le coût en temps lié à la durée du trajet et directement pris en charge par l'individu qui se déplace), élément important du coût généralisé du transport,
- dans l'étape préalable à l'internalisation des coûts marginaux externes, lorsqu'on estime le coût marginal externe de congestion (autrement dit le coût en temps imposé par un véhicule supplémentaire et supporté par les autres usagers),
- dans toute analyse coûts-bénéfices appliquée au transport, lorsqu'on estime les gains éventuels (internes et externes) de temps de déplacement suite à un projet d'investissement lié au transport.

Si la valeur du temps a une grande importance en économie des transports, elle n'est pas facile à estimer car elle est toujours relative à un individu, à un déplacement, à un système d'offre et de demande. Il importe donc d'être conscient de la diversité de cet indicateur de référence qui permet d'exprimer, en termes monétaires, le phénomène de la congestion. Cette problématique est également abordée dans le chapitre 3.

## **1. COMMENT QUANTIFIER LA CONGESTION DU TRAFIC ?**

Rappelons tout d'abord que la congestion du trafic peut avoir différentes causes. On distingue ainsi la congestion occasionnelle et la congestion structurelle. La première apparaît suite à des mauvaises conditions atmosphériques (neige, gel, verglas, brouillard, orages, ...), suite à un accident ou en raison de travaux routiers. La seconde apparaît lors d'exodes touristiques et aux points d'engorgements du trafic durant les heures de pointe. C'est ce dernier type de congestion qui reste le principal facteur explicatif de la formation de files suite à l'insuffisance de capacité des routes. Quelle qu'en soit néanmoins la cause, la congestion mérite d'être quantifiée.

### **1.1. Les fonctions « vitesse-débit »**

Pour quantifier la congestion, il est nécessaire de définir au préalable le fonctionnement de la circulation dans des conditions normales. Les économistes tout comme les ingénieurs de trafic utilisent ainsi des fonctions vitesse-débit qui expriment empiriquement une relation entre le trafic, exprimé en termes de débit  $D$  (soit le nombre de véhicules par unité de temps)<sup>4</sup>, et la vitesse de circulation ( $v$ ) ou son inverse, le temps de parcours kilométrique ( $t$ )<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Certains auteurs expriment le volume de trafic en termes de densité, soit le nombre de véhicules par longueur de réseau, ce qui induit la notion du taux d'occupation du réseau utilisée pour mesurer la fluidité du trafic à partir de données de comptages.

<sup>5</sup> Précisons cependant que certains auteurs réfutent cette approche classique. Ainsi, pour F. Leurent (1996), le débit de trafic (indicateur quantitatif) ne suffit pas à lui seul à caractériser l'état de congestion d'une infrastructure routière. Comme approche alternative, cet auteur propose de retenir trois critères

Pour tenir compte des différents véhicules qui composent le trafic et de leur impact respectif sur la congestion, le débit de trafic est exprimé en équivalents véhicules particuliers (EVP).

En général, on formule l'hypothèse simplificatrice suivante: 1 poids lourd = 1 bus = 2 EVP<sup>6</sup>.

En économie des transports, des fonctions vitesse-débit ont été estimées dans le cadre de diverses recherches empiriques. Ainsi, par exemple, les relations proposées par Newbery (1988) sont de forme linéaire et diffèrent selon le type de route empruntée. Elles s'expriment d'un point de vue global en supposant que les arrêts ponctuels liés à la congestion sont pris en compte dans la vitesse moyenne de déplacement. Les fonctions testées ont été reprises notamment par I. Mayeres (1993) pour la Belgique. A titre purement indicatif, elles s'illustrent comme suit :

- sur les routes urbaines (2x1 bande) :

$$v = 45,725 - 0,035 D$$

- sur les autoroutes (2x2 bandes):

$$\begin{aligned} v &= 115 && \text{si } D \leq 1500 \\ v &= 115 - 0,00274 * (D - 1500) && \text{si } 1500 < D \leq 3600 \\ v &= 115 - 0,00274 * 2100 - 0,03606 * (D - 3600) && \text{si } D > 3600 \end{aligned}$$

- sur les autres routes <sup>7</sup>:

$$\begin{aligned} v &= 74,5 && \text{si } D \leq 300 \\ v &= 74,5 - 0,00975 * (D - 300) && \text{si } D > 300 \end{aligned}$$

avec  $v$  = vitesse moyenne en km/h  
 $D$  = débit de trafic en EVP/h/sens  
 $t$  =  $1/v$

Dans des études plus récentes, c'est la fonction de type exponentielle qui semble la plus satisfaisante pour exprimer la congestion du trafic<sup>8</sup> au niveau agrégé en milieu urbain. I. Mayeres et al. (1996) estiment ainsi les paramètres d'une telle fonction

qualitatifs complémentaires pour apprécier l'état de la circulation : la part de véhicules gênés, la part des temps perdus dans les temps passés et la part de capacité perdue par rapport à la capacité offerte. Cette méthode nécessite cependant des mesures de trafic très détaillées.

<sup>6</sup> Remarquons que cette équivalence n'est pas unique en économie des transports. Elle diffère en effet selon l'analyse envisagée; ainsi, pour la nuisance sonore liée au trafic routier, on retient en général la relation d'équivalence suivante : 1 poids lourd = 10 Equivalents Véhicules Particuliers (EVP).

<sup>7</sup> Les paramètres de calibration sont tirés de Febiac, Mobilis 1992, *Etude sur la mobilité*.

<sup>8</sup> Kirwan, O'Mahony et O'Sullivan (1995), cités dans I. Mayeres et al. (1996) ont comparé cette forme avec la fonction de forme parabolique utilisée notamment chez B. De Borger et al. (1996) et G. Hamende (1995) pour exprimer la relation entre le nombre horaire d'EVP-km et la vitesse moyenne de circulation, soit  $D = \alpha + \beta v + \gamma v^2$ . En isolant la variable  $t (= 1/v)$  dans la formulation et en comparant avec la fonction exponentielle, il apparaît que cette dernière reste plus ou moins constante à des niveaux de trafic faible, ce qui est assez représentatif des conditions réelles dans la mesure où sous des conditions de non-congestion, les véhicules peuvent rouler à des vitesses relativement constantes. Par contre, la fonction quadratique (utilisée par B. De Borger et al. et G. Hamende) maintient sa pente descendante même à des niveaux de trafic faible, et atteint aussi un point de discontinuité par rapport aux données à des niveaux de trafic plus élevées.

exponentielle pour l'agglomération bruxelloise (considérée dans son ensemble) et obtiennent la relation suivante pour le temps de parcours kilométrique :

$$t = 1/v = 1,194428 + 0,005571 * \exp (7,890545 * D)$$

avec D exprimé en véhicules-kilomètres par heure (avec différenciation entre heures de pointe et heures creuses).

C'est sur base de cette formulation qu'il convient, comme nous le verrons ci-après, de dériver l'impact marginal d'un véhicule-kilomètre supplémentaire en termes de temps perdu pour les autres véhicules.

Précisons que les économistes analysent en général la congestion du trafic à partir de variables agrégées, en s'intéressant notamment à la vitesse moyenne de circulation sur l'ensemble d'un réseau durant une certaine période (par exemple, une heure de pointe ou une heure creuse) et le nombre total de véhicules-km parcourus sur ce réseau. Par contre, les ingénieurs de trafic raisonnent plus souvent à partir de variables désagrégées (résultant par exemple de postes de comptages ou de modèles de simulation de trafic) et analysent le phénomène sur un tronçon particulier en comparant le débit de trafic (en nombre de véhicules recensés par heure) à la capacité maximale de la voirie.

Pour les ingénieurs, la formulation traditionnelle de la fonction temps-débit est de la forme suivante, si on se réfère aux estimations des paramètres a et b obtenues dans la littérature<sup>9</sup> :

$$t = t_0 * (1 + a * (D / C)^b)$$

soit,  $t = t_0 * (1 + 0,15 * (D / C)^4)$  (1)

avec  $t$  = temps de parcours  
 $t_0$  = temps de parcours « à vide » (c'est-à-dire à écoulement libre de trafic)  
 $D$  = débit de trafic (par heure et par voie)  
 $C$  = capacité maximale du réseau (exprimée en débit, par heure et par voie), soit le volume pouvant passer sur un lien, sans que la circulation n'y soit perturbée.

Au fur et à mesure qu'on se rapproche de la capacité maximale d'une voirie, la congestion devient de plus en plus importante. Si la logique de la construction de la courbe temps-débit semble se vérifier partout, son calibrage peut être extrêmement variable. Le type de voirie et surtout sa largeur interviennent bien sûr, mais d'autres facteurs sont également déterminants. Un point à souligner est l'aspect extrêmement erratique du phénomène de la congestion lorsqu'on passe en régime forcé (où le volume à charger excède de beaucoup la capacité maximale de la voirie). Autant les mesures empiriques révèlent toujours une relation linéaire consistante en régime laminaire (en-

---

<sup>9</sup> Cette formulation est commentée dans P. Tremblay (1993, p. 15). Elle est notamment utilisée par le Ministère des Transports du Québec dans le cadre de son modèle de simulation de trafic EMME/2. L'affectation du flux routier dans ce type de modèle est basée sur le calcul de chemins à temps minimum et l'algorithme de solution est un processus itératif où les temps de parcours doivent être calculés à chaque étape sur tous les tronçons en fonction du flot qui y est chargé.

deçà de cette capacité maximale), autant ensuite cette liaison se relâche et si l'on constate un mouvement général où débits et vitesses baissent ensemble, les observations sont extrêmement dispersées vu que le système devient très instable. Les variations de vitesse deviennent alors très fortes sans que l'on puisse forcément en comprendre les raisons : la plupart des modèles font intervenir alors une composante stochastique.

Pour illustrer ce phénomène, les ingénieurs de trafic définissent, sur base de leur manuel de référence (le "Highway Capacity Manuel"), six niveaux de service (notés de A à F)<sup>10</sup>, selon la progression dans le niveau d'encombrement de la route et caractérisés notamment par un certain rapport débit/capacité<sup>11</sup>.

- Le niveau A correspond à des conditions de circulation complètement dégagées : la vitesse moyenne est proche de la vitesse libre et le rapport débit/capacité est de 0,35.
- Le niveau B indique que la présence des autres véhicules commence à se faire sentir : le rapport débit/capacité atteint 0,54.
- Le niveau C se traduit par une vitesse plus faible (environ 70% de la vitesse libre) et par un rapport débit/capacité de 0,77 : la circulation devient chargée.
- Le niveau D marque le passage à un régime instable avec un rapport débit/capacité de 0,93 : la circulation devient dense.
- Le niveau E se caractérise par un débit ayant atteint la capacité maximale de l'infrastructure (débit/capacité = 1) : la circulation est saturée.
- Le niveau F se caractérise par un écoulement chaotique du trafic avec l'apparition de files d'attente.

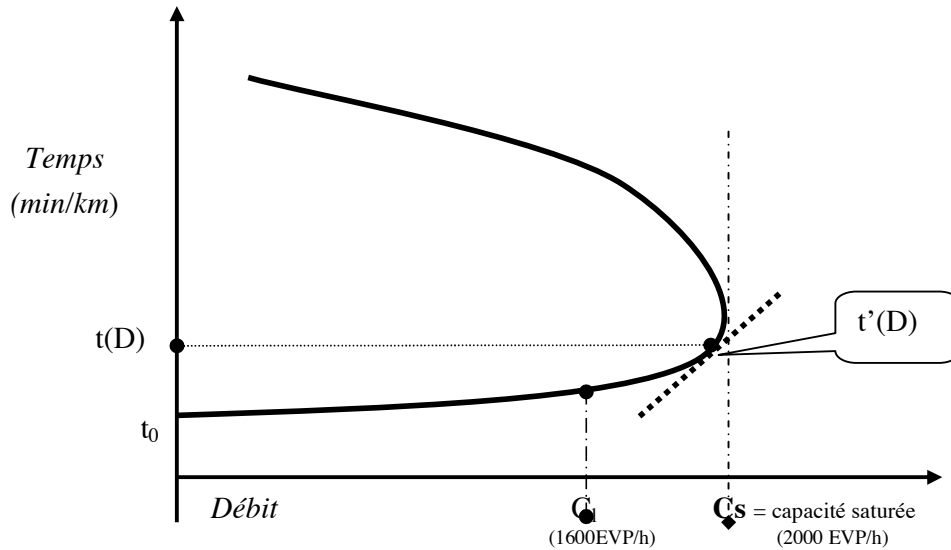
Remarquons toutefois que, selon les écoles, le terme "congestion" renvoie parfois à deux situations différentes, ce qui peut induire certaines confusions dans les analyses<sup>12</sup>. Si les vitesses diminuent mais que le débit continue d'augmenter, les ingénieurs (français et anglo-saxons) parleront de fluidité du trafic tant que la capacité maximale de la voirie n'est pas dépassée alors que pour les économistes (tant français qu'anglo-saxons), cette situation correspond déjà à de la congestion (dite de premier type). Au delà de la capacité maximale, lorsque la vitesse et le débit diminuent simultanément, les ingénieurs parlent alternativement de congestion (pour les anglo-saxons) ou de saturation (pour les français); pour les économistes (anglo-saxons et français), cette situation correspond à de l'hypercongestion (ou congestion du second type en régime forcé).

---

<sup>10</sup> Pour une description détaillée de ces six niveaux, voir notamment F. Leurent (1996).

<sup>11</sup> D'autres paramètres permettent également de définir ces niveaux de service : le taux d'occupation (indicateur de la densité du trafic et défini par la proportion de la période de mesure durant laquelle un véhicule occupe le point de mesure), le rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse libre, et la distance intervéhiculaire.

<sup>12</sup> Nous nous basons ici sur le tableau comparatif présenté par J.-P. Nicolas (1996, p. 167).



- Graphique 1 -

En dehors de ces confusions sémantiques, on considère généralement que la congestion apparaît lorsque la capacité limitée d'une route est dépassée. Aux Etats-Unis, on estime que ce point critique (noté  $C_l$  dans le graphique 1) est atteint lorsque le débit de trafic dépasse 80% de la capacité maximale<sup>13</sup>. Dès que la capacité maximale ou saturée (notée  $C_s$  dans le graphique)<sup>14</sup> est dépassée, les véhicules ne progressent plus que par bonds et on assiste à une décroissance simultanée de la vitesse et du débit.

Les traditionnelles fonctions temps-débit (du type de l'équation 1) ne permettent pas de traduire ces situations de trafic sursaturé. Elles sont uniquement valables pour un débit de trafic restant inférieur à la capacité maximale (ou saturée) et pour une circulation qui n'est pas immobilisée suite à un incident quelconque (travaux, météo ou accident). Pour analyser ces situations particulières de surcongestion, à l'origine de l'étalement de la période de pointe, les ingénieurs proposent des formulations mathématiques plus complexes telles que des formulations logistiques<sup>15</sup>.

## 1.2. La congestion et ses différentes interprétations

Si on accepte les relations temps-débit traditionnellement proposées dans la littérature, il importe cependant de bien définir ce dont on parle lorsqu'on analyse la congestion du trafic, car la manière de la quantifier diffère selon les auteurs.

<sup>13</sup> Cet indicateur de la congestion est notamment repris par J. Calfee et C. Winston (1998, pp. 95-96).

<sup>14</sup> Aux Etats-Unis, cette capacité maximale d'une infrastructure routière (niveau E) est estimée à 2000 véhicules par heure et par voie. Dans le même ordre de grandeur, une enquête aux Pays-Bas mise en avant dans l'étude de la Febiac (1992) indique une capacité maximale de 2.150 véhicules par heure, par direction et par voie pour les autoroutes de 2X2 bandes de circulation.

<sup>15</sup> voir notamment P. Tremblay (1993).

Dans l'acception la plus large, la congestion est parfois définie en termes de temps total du trajet. Dans ce cas, il suffit d'estimer la fonction temps-débit pour un trafic donné. On obtient ainsi l'effet interne de la congestion qui, exprimé en coût en temps, doit être pris en compte dans le coût généralisé du transport lorsqu'on modélise la demande.

En général cependant, la congestion s'exprime en supplément de temps. Si on retient cette deuxième acception, deux définitions peuvent être retenues selon qu'on raisonne globalement (dans le cadre d'une analyse coûts-bénéfices, par exemple) ou marginalement (dans le cadre notamment de l'internalisation du coût marginal externe de congestion, lorsqu'on envisage une éventuelle tarification).

### 1.2.1. *Dans une approche globale*

Dans le cadre d'une approche globale, la congestion peut être définie comme la durée supplémentaire du trajet par comparaison à un déplacement s'effectuant en circulation fluide<sup>16</sup>. On compare donc le temps total de parcours sur base des conditions de trafic existantes ( $t(D)$ ) avec le temps de parcours sur un réseau fluide (noté  $t_0$ ).

Si on reprend la formulation traditionnelle proposée par les ingénieurs de trafic (cf. équation 1), on peut estimer ce temps global supplémentaire comme suit :

$$\Delta t = t(D) - t_0 = 0,15 (D / C)^4 * t_0 \quad (2)$$

Cette situation est illustrée dans le graphique 1.

La fonction étant basée sur des débits moyens horaires de déplacement, les ingénieurs affectent aux flux simulés sur la période de pointe (qui couvre plusieurs heures) un facteur d'heure de pointe pour traduire la concentration de la demande durant une seule heure de pointe et estimer ainsi le temps de parcours pour la majorité des usagers. Évalué en général à 40% sur l'ensemble du réseau, ce facteur unique reste critiquable car il ne tient pas compte des particularités régionales de la distribution des heures de déplacement<sup>17</sup>.

### 1.2.2. *Dans une approche marginale*

Dans le cadre d'une approche marginale, on raisonne en termes de véhicule supplémentaire et la congestion est obtenue en dérivant une fonction temps-débit pour estimer l'effet marginal externe, c'est-à-dire la perte de temps additionnelle provoquée par un véhicule supplémentaire ( $t'(D)$ , soit la dérivée première par rapport à  $D$  exprimée en EVP par heure) et supportée par les autres usagers ( $t'(D)*D$ , multiplication de cette dérivée par la quantité d'EVP). Sur le graphique 1, cet effet marginal peut être représenté par la tangente à la courbe temps-débit au point  $D$ . On isole donc ici l'accroissement de temps provoqué par une unité de trafic supplémentaire alors que dans

---

<sup>16</sup> Définition citée dans OCDE (1995), p. 55.

<sup>17</sup> Cf. P. Tremblay (1993), p.16.

l'approche globale, cet accroissement (défini par rapport à un temps de parcours libre) est globalisé au niveau de l'ensemble des usagers.

Les économistes ont souvent recours à cette approche marginale lorsqu'ils envisagent une éventuelle tarification de la congestion dans le cadre de l'internalisation des coûts marginaux externes du transport.

### **1.3. La congestion en tant qu'effet externe du transport**

Dans l'analyse économique de la congestion, il est souvent nécessaire de distinguer dans les coûts de congestion la partie interne et la partie externe. Rappelons que les coûts externes du transport sont ceux qui sont supportés par les autres usagers ou par la collectivité tout entière sans qu'ils soient pris en charge par l'utilisateur responsable. Les coûts externes sont cependant toujours définis par rapport à un certain point de vue. En fonction de celui-ci, certains coûts (en particulier les coûts de congestion), peuvent alternativement être considérés comme coûts internes ou externes.

Dans le cadre d'une approche globale, un certain nombre d'auteurs estiment ainsi que les coûts de congestion représentent exclusivement des coûts internes, car ils sont provoqués et supportés par les usagers qui font partie du système de transport. Ces coûts sont donc supposés internes par rapport au système de transport pris dans son ensemble. Si on retient ce point de vue, la congestion ne doit donc pas être reprise parmi les effets externes du transport car la congestion ainsi quantifiée est globale et la distinction entre la partie interne et l'éventuelle partie externe n'est pas évidente.

Par contre, dans le cadre d'une approche marginale, comme on raisonne en termes de véhicule supplémentaire, l'analyse des coûts externes de congestion est tout à fait pertinente. Le coût marginal externe de congestion provoqué par un véhicule supplémentaire (voiture ou poids lourd) représente la perte de temps supplémentaire que ce véhicule fait supporter à tous les autres usagers suite à sa présence dans le trafic. La perte de temps que ce véhicule subit lui-même fait partie cependant de son coût marginal interne de congestion. Dans le cadre d'une approche marginale, la distinction entre les effets externes et internes de la congestion apparaît donc clairement puisque ceux-ci sont définis par rapport à l'unité de trafic supplémentaire.

## **2. CE QUE L'ON ENTEND PAR « VALEUR DE TEMPS »**

Par abus de langage, on utilise fréquemment en économie des transports l'expression "valeur du temps" pour exprimer la valeur des gains de temps réalisés sur le temps de déplacement. Or il existe plusieurs "valeurs du temps" qu'il importe de ne pas confondre. Pour bien distinguer les différents concepts de "valeurs du temps", il nous a paru utile de rappeler le fondement théorique de cette valorisation<sup>18</sup>.

L'estimation de la valeur du temps repose sur la théorie du choix du consommateur combinée à celle de l'allocation du temps<sup>19</sup>. L'individu tente ainsi de

---

<sup>18</sup> Nous résumons ci-après la théorie néo-classique de l'allocation du temps sur base de MVA et al. (1987), C. Ségonne (1998), et de W.P. O'DEA (1994).

maximiser son utilité en fonction des ressources, en argent et en temps, dont il dispose. Autrement dit, il répartit son revenu disponible entre ses différentes dépenses de consommation et affecte son temps total disponible entre ses diverses activités (son travail, ses déplacements, ses loisirs, son sommeil, son alimentation, ...). Dans cette affectation, on suppose que l'individu fait preuve de rationalité et recherche son utilité maximale tout en tenant compte de différentes contraintes :

- 1) une contrainte budgétaire :
  - ses dépenses totales de consommation ne peuvent excéder son revenu disponible (issu de son travail et d'autres sources),
- 2) différentes contraintes de temps :
  - la somme des temps affectés à ses différentes activités (y compris le travail) ne peut dépasser son temps total disponible (24 heures par jour),
  - pour ses différentes activités (son travail et chacune de ses autres occupations), il existe des contraintes de temps minimum.

La formulation mathématique de ce problème est la suivante :

$U(t_w, t_j, \dots, x_i, \dots)$  = fonction d'utilité  
avec comme contraintes :

$$T = t_w + \sum t_j$$

soit la contrainte de temps total à laquelle est associée le multiplicateur de Lagrange  $\mu$

$$W * t_w \geq X_i * p_i$$

soit la contrainte budgétaire à laquelle est associée le multiplicateur de Lagrange  $\pi$

Avec

- $w$  = salaire horaire
- $t_w$  = temps consacré au travail
- $t_j$  = temps consacré à une activité  $j$  avec  $j$  variant de 1 à  $n$  activités (dont le loisir)
- $x_i$  = bien  $i$  consommé (avec  $i$  variant de 1 à  $m$ ) au prix  $p_i$

Deux autres contraintes de temps minimum peuvent également être rajoutées : une pour le temps de travail ( $t_w > t_w^*$ ) et une pour le temps consacré à chaque activité  $j$  ( $t_j > t_{j^*}$ ).

Le lagrangien s'exprime comme suit :

$$L = U(t_w, t_j, \dots, x_i, \dots) + \mu (T - t_w - \sum t_j) + \pi (w * t_w - x_i * p_i) + \sum_j \Omega_j (t_j - t_{j^*}) + \lambda (t_w - t_w^*)$$

Les conditions du premier ordre découlant de la maximisation de l'utilité du consommateur sous les contraintes budgétaire et de temps permettent de comprendre les

---

<sup>19</sup> Comme le rappellent H. Gunn et al. (1996), la prise en compte de l'affectation du temps et/ou de l'argent permet de tenir compte des différents groupes de voyageurs : les travailleurs ayant un horaire de travail flexible, ceux avec un horaire fixe ainsi que les non-travailleurs.

différents concepts liés à la valeur du temps. En différentiant le Lagrangien par rapport aux temps passés et aux biens de consommation et en annulant ces dérivées, on obtient :

$$\partial U / \partial t_j = \mu - \Omega_j, \quad \forall j \quad (3)$$

$$\partial U / \partial t_w = \mu - \pi w - \lambda \quad (4)$$

$$\partial U / \partial x_i = \pi p_i, \quad \forall i \quad (5)$$

En divisant l'équation (3) par le multiplicateur de la contrainte budgétaire, on peut dégager la formulation suivante :

$$\partial U / \partial t_j * (1 / \pi) = (\mu / \pi) - (\Omega_j / \pi) \quad (6)$$

avec

- $\pi =$  le multiplicateur de la contrainte budgétaire qui représente l'utilité marginale d'une unité supplémentaire de revenu
- $\mu =$  le multiplicateur de la contrainte de temps total qui représente l'utilité marginale d'une unité de temps supplémentaire disponible
- $\lambda =$  le multiplicateur de la contrainte de temps minimum pour le travail qui représente l'utilité marginale de la diminution des heures de travail minimum requises
- $\Omega_j =$  le multiplicateur de la contrainte de temps minimum pour l'activité j qui représente l'utilité marginale de la diminution des besoins en temps de l'activité j.

Le premier terme de l'expression (6) représente l'utilité (ou la valeur) marginale du temps consacré à l'activité j, autrement dit le prix de l'unité de temps allouée à cette activité. Il importe cependant de bien préciser l'activité réalisée durant cette unité de temps car selon celle-ci, la valeur marginale du temps est différente.

Dans le cas d'une activité de loisir, la contrainte de temps minimum ne joue pas (ce qui se traduit par  $\Omega_j = 0$ ). La valeur marginale du temps de loisir correspond ainsi à la rareté relative du temps et de l'argent (soit le facteur d'échange entre le temps et l'argent noté  $\mu / \pi$ ) appelée "valeur ressource du temps".

Par contre, dans le cas d'une activité de déplacement, il existe une contrainte de temps minimum ( $\Omega_j > 0$ ) et cette activité est alors considérée comme intermédiaire. L'expression (6) montre que la valeur marginale du temps de déplacement est inférieure à la valeur marginale du temps de loisir. La différence ( $=\Omega_j / \pi$ ) représente la valeur du temps économisé durant l'activité de déplacement et transféré aux loisirs. Cette valeur de "transfert du temps" est celle prise en compte dans la modélisation des transports et dans toute analyse coûts-bénéfices relative à un projet lié au transport. C'est en effet celle qui est pertinente dans le problème de la congestion routière puisque c'est la valeur que le consommateur attache au temps gagné ou perdu au cours de l'activité « circuler en voiture ». Elle correspond à la valeur des gains de temps au cours de l'activité de

déplacement et ne doit pas être confondue avec la valeur marginale du temps de déplacement.

Trois "valeurs du temps" en tant que notions bien distinctes sont ainsi définies :

1) la *valeur des gains de temps de déplacement* ( $= \Omega_j / \pi$ ), ou valeur d'économie de temps d'une activité transférée au loisir.

2) la *valeur marginale du temps de loisir* ( $= \mu / \pi$ ) correspondant, à l'équilibre, au gain marginal total du travail soit la valeur marginale de la dernière unité de temps consacrée au travail, plus le salaire gagné durant ce temps :

$$\partial U / \partial t_w * (1 / \pi) + W = \mu / \pi \quad (\text{sur base de la relation (4) avec } \lambda = 0)$$

3) la *valeur marginale du temps de déplacement* ( $= \partial U / \partial t_j * (1 / \pi)$ ), soit le prix que le consommateur attache à l'unité de temps consacré au déplacement j.

Cette formulation met en relief le contexte théorique dans lequel un individu affecte son temps à diverses activités et l'importance relative des facteurs non liés aux individus. Les conditions dans lesquelles les trajets sont effectués (type de transport) et les caractéristiques géographiques (distance parcourue, niveau de développement de la région) et économiques (structures des salaires, prix, loyers) qui déterminent l'utilité marginale d'une unité de gain de temps de voyage influencent aussi directement l'utilité marginale du temps. Cependant, l'attraction des activités de loisir, la disponibilité et les conditions de travail sont également pertinentes. Il est évident qu'il n'y a aucune raison de s'attendre à une simple relation proportionnelle entre la valeur du temps et le revenu bien que d'une manière générale la valeur du temps doive croître quand le revenu augmente.

### **3. COMMENT VALORISER LA CONGESTION ?**

#### **3.1. Méthodes couramment utilisées pour valoriser les gains de temps**

En économie des transports, la valeur de référence pour valoriser la congestion est donc la valeur des gains de temps liés aux déplacements qui correspond à une valeur de "transfert de temps" (et non pas au prix pour une unité de temps de déplacement) comme l'a montré le développement théorique précédent<sup>20</sup>. Dans la littérature économique, deux types d'approches sont couramment utilisées pour estimer ce coût de référence<sup>21</sup>. Nous les reprenons successivement ci-après.

---

<sup>20</sup> Cette distinction importante est également notée dans H. Gunn et al. (1996), p. 46.

<sup>21</sup> Dans certains pays (notamment en France), on recommande et utilise une valeur de temps tutélaire (celle que l'Etat attribue au temps des citoyens) pour évaluer les projets d'infrastructure routière. Il s'agit d'une valeur normative fixée pour la collectivité dans son ensemble. A notre connaissance, une telle valeur n'existe pas en Belgique.

## 1) L'approche-productivité ou méthode des taux de salaire

Dans le cadre de cette approche, la valeur retenue dépend de l'emploi alternatif qu'il est possible de faire des gains de temps : on suppose ici que l'individu transforme son gain de temps de déplacement en temps de travail productif. La valeur des gains de temps équivaut alors au taux de salaire brut (charges sociales comprises) qui correspond au coût total pour l'employeur.

Il faut savoir que cette approche par le coût d'opportunité du temps lié au déplacement souffre de plusieurs critiques dont notamment le fait qu'elle suppose la productivité nulle durant les heures de déplacements, ce qui n'est pas nécessairement vrai (possibilité de travailler lors d'un déplacement en train, par exemple). Dans ce cas, le gain de temps réalisé devrait être valorisé à un taux inférieur au taux de salaire brut.

Remarquons que dans les études en transport, la valeur du temps est souvent exprimée en termes de pourcentage du taux de salaire<sup>22</sup>, sans pour autant avoir recours à l'approche-productivité. Le résultat découle la plupart du temps de l'estimation des paramètres d'un modèle de choix modal, en général de type LOGIT (voir ci-après) et repose donc sur une approche comportementale. Pour les déplacements domicile-travail en particulier, K.A. Small obtient à partir d'un aperçu de modèles de choix modaux, une valeur moyenne de 50%<sup>23</sup> du taux de salaire brut (charges sociales non comprises).

## 2) L'approche comportementale

Dans les travaux plus récents, on préconise plutôt l'approche comportementale qui tient compte de la désutilité attachée au temps de déplacement : on attribue une valeur au temps en observant comment les individus arrivent à un arbitrage entre les gains de temps et les coûts impliqués par ces gains. Des enquêtes sont ainsi menées pour dégager la valeur marginale que l'individu attribue au gain de temps de déplacement, à savoir, la disposition des individus à payer pour gagner du temps dans leurs déplacements. Ce consentement marginal à payer peut être déterminé de trois manières différentes .

- La méthode des préférences révélées consiste à interroger des usagers qui se trouvent confrontés au choix que l'on désire étudier, par exemple choisir entre deux modes alternatifs dont l'un est plus rapide mais plus coûteux (i) par rapport à l'autre (j). Chaque fois que l'individu fait un choix, il révèle une valeur "limite" qui correspond au taux marginal de substitution du coût par rapport au temps. Si sa valeur de gains de temps est supérieure à cette limite, l'individu choisira le mode i. Cette valeur limite s'exprime, en l'absence d'une préférence spécifique pour un mode, par le rapport suivant :

---

<sup>22</sup> Des premières approximations ont été avancées et reprises dans C. Winston (1985), tableau 4.

<sup>23</sup> K.A. Small (1992), *Urban Transportation Economics*, Harwood Academic Publishers, Philadelphia, Pennsylvania.

$$(C_i - C_j) / (T_j - T_i) \quad (5)$$

avec C = coût du déplacement  
T = temps du déplacement  
i = mode le plus rapide et le plus coûteux, par exemple la voiture  
j = mode le plus lent et le moins coûteux, par exemple le bus

Un individu choisira donc le mode le plus rapide (et le plus cher donc) si sa valeur de gain de temps est supérieure à cette valeur limite.

Les observations révélées permettent ainsi de calibrer un modèle de choix discrets de type LOGIT appliqué au choix modal visant à dégager des valeurs de gains de temps<sup>24</sup>. La valeur révélée ou comportementale est donc celle que les usagers attribuent implicitement au temps et qu'ils révèlent par leur comportement. Cette valeur découle des préférences relatives pour gagner du temps dans des conditions particulières et à moment donné. Elle ne tient pas compte, en général, de facteurs autres que le temps et le coût (notamment des variables qualitatives telles que le confort, la sécurité ou la qualité des services offerts) qui risquent également d'influencer le choix. Ces dernières variables sont en effet plus difficiles à tester.

Comme indicateur de la qualité des services offerts, on pourrait cependant, comme dans l'étude menée aux Pays-Bas par le Hague Consulting Group (cf. infra), introduire un facteur explicatif supplémentaire du choix modal sous la forme d'une variable binaire permettant de distinguer les trajets en centre-ville des autres trajets<sup>25</sup>. Le centre-ville se caractérise en effet par un niveau d'offre de transport public plus élevé et par des possibilités plus restreintes pour le parking et la circulation des voitures particulières.

- Un autre type d'enquête repose sur la méthode des préférences déclarées qui consiste à recueillir les intentions des individus en leur demandant quel serait leur comportement face à certaines situations hypothétiques. Ainsi, sur base de scénarii possibles mais non mis en œuvre (par exemple, l'introduction d'un nouveau mode ou d'un nouveau projet d'infrastructure), ce type d'enquête permet de prévoir les réactions comportementales. Cette méthode représente une application au domaine des transports de l'évaluation contingente. A partir des déclarations obtenues sur base de ce type d'enquête, un modèle LOGIT approprié<sup>26</sup> est généralement utilisé et les paramètres estimés de ce modèle (en particulier le prix du transport et le temps de déplacement) permettent de dégager les valeurs de gains de temps. On peut déterminer ainsi la disposition à payer des ménages pour un gain de temps personnel ou alternativement le consentement marginal à payer pour gagner du temps. Ces valeurs sont elles aussi l'expression des préférences relatives des personnes enquêtées.

---

<sup>24</sup> Rappelons ici que l'analyse du choix modal repose sur la maximisation d'une fonction d'utilité qui comprend une composante déterministe et une composante aléatoire. La maximisation d'une telle fonction implique que le choix d'une certaine éventualité soit exprimé sous la forme d'une probabilité.

<sup>25</sup> Cf. H. Gunn et al. (1996), p. 53.

<sup>26</sup> Cf. notamment J. Calfee et C. Winston (1998) et G.C. de Jong et al. (1993).

- Une technique particulière dans les préférences déclarées est la méthode des prix de transfert qui permet d'évaluer le prix pour lequel l'individu est indifférent entre deux options proposées. Sur base d'enquêtes également et en évaluant le niveau de prix pour lequel l'individu choisirait l'option alternative, on détermine le consentement maximum à payer pour gagner une unité de temps.

Dans le cadre de cette approche comportementale, nous distinguons donc les valeurs *révélées* (découlant du premier type d'enquête et qui se rapportent à des choix réels) des valeurs *déclarées* (dans les second et troisième types d'enquête) qui se rapportent à des intentions de choix.

Aucune méthode n'est parfaite et chacune a ses avantages et ses inconvénients. Parmi ceux-ci, rappelons en particulier que les enquêtes de préférences révélées ont un coût financier très important, car elle nécessite un grand nombre d'informations afin d'obtenir de bons résultats statistiques. Par contre, les enquêtes de préférences déclarées présentent l'avantage de rassembler un certain nombre d'informations sur des choix en pratique inobservables. Cependant ces dernières sont souvent critiquées en raison des nombreux biais liés à la nature hypothétique du marché testé<sup>27</sup> qui remettent en cause la qualité des résultats obtenus. En particulier, la manière de formuler les questions dans les enquêtes des préférences déclarées est très importante car elle peut influencer les réponses. Il faut donc soit choisir une formulation qui minimise cette influence, soit tenir compte de celle-ci dans l'interprétation des résultats.

### **3.2. De la diversité de la valeur des gains de temps**

Il n'est pas facile de proposer un coût de référence pour valoriser la congestion vu la diversité des valeurs de gains de temps. Même si on se limite à l'approche comportementale préconisée dans les travaux récents, les évaluations varient sensiblement selon la méthode retenue (préférences révélées, préférences déclarées ou prix du transfert), selon la nature du questionnaire (pour les enquêtes de préférences déclarées<sup>28</sup>) et selon le champ d'étude.

Comme le rappellent H. Gunn et al., les facteurs qui affectent le champ d'étude, et donc la valeur des gains de temps, sont nombreux. Certains sont indépendants des caractéristiques personnelles et peuvent être mis en évidence à partir du développement théorique de l'allocation du temps. Citons notamment le niveau de développement de la région dans laquelle l'individu se déplace et la structure des salaires, des prix et des loyers. Ainsi, pour une même population, les valeurs du temps peuvent varier sensiblement selon la région considérée et selon le type de société.

---

<sup>27</sup> On parle ainsi de biais de non engagement ou de non obligation.

<sup>28</sup> On distingue en général trois types de questionnaires selon que les individus sont amenés à faire un choix entre deux alternatives ou présenter un classement de plusieurs alternatives selon leurs préférences ou encore attribuer une notation à chaque alternative proposée.

D'autres facteurs sont directement liés à l'individu qui se déplace, en particulier le mode et le motif du déplacement<sup>29</sup>, le revenu et la composition du ménage, la profession, l'âge et le sexe de l'individu, et son temps libre disponible. Les résultats empiriques d'une importante enquête de préférences déclarées menée par le Hague Consulting Group aux Pays-Bas en 1988 et actualisée en 1995 et 1997 montrent ainsi l'influence respective de ces différents facteurs personnels sur les estimations obtenues<sup>30</sup>. Toute combinaison des huit paramètres personnels repris ci-avant permet donc, sur base des résultats obtenus aux Pays-Bas, d'estimer une valeur particulière pour les gains de temps. Ce qui laisse entrevoir la diversité des valeurs possibles pour les gains de temps relatives à des sous-groupes prédéfinis.

Pour ces différentes raisons, il est donc très délicat de transposer les valeurs obtenues dans certaines études étrangères pour les appliquer à une agglomération belge déterminée. Chaque situation est un cas particulier qui nécessite une problématique propre et un type d'enquête adapté.

Pour certains auteurs, il existerait ainsi une courbe de distribution des consentements à payer en fonction de la population<sup>31</sup>. La recherche future en transport devrait mieux préciser ces distributions de valeurs du temps. De tels résultats permettraient également d'améliorer les modèles traditionnels d'affectation du trafic. Ainsi par exemple, plutôt que d'affecter le trafic selon le chemin le plus court (et donc implicitement sur une valeur unique pour les gains de temps, comme dans le cas du logiciel EMME/2), il serait plus pertinent d'affecter ce trafic en fonction du rapport temps gagné/prix payé selon une répartition probabiliste<sup>32</sup>.

Moyennant les réserves émises précédemment et, fautes d'études comportementales suffisamment détaillées pour la Belgique, nous proposons à titre indicatif quelques estimations moyennes utilisées dans les travaux récents, tout en étant conscients que ces valeurs ne reflètent pas la diversité des valeurs réelles.

L'utilisation conjointe des deux méthodes de l'approche comportementale a été effectuée, dès la fin des années 80, par le Hague Consulting Group afin de donner une valeur au temps. Les résultats obtenus, bien qu'afférents aux Pays-Bas, sont repris dans de nombreuses études sur la congestion.

Cette étude néerlandaise permet de dégager des valeurs de gains de temps pour trois types de déplacement : les déplacements domicile-travail, les déplacements effectués pendant les heures de travail pour raisons professionnelles et les autres déplacements (par exemple, ceux effectués vers des lieux de loisir, de shopping, ou

---

<sup>29</sup> Si on veut tenir compte des trajets mixtes ou chaînes de déplacements, la valeur des gains de temps correspondrait à la somme des valeurs du temps relatives aux différentes parties du trajet associées à des motifs différents.

<sup>30</sup> Pour chaque facteur personnel pris en compte, on ajoute ou on retranche un certain pourcentage par rapport à une valeur de base de gains de temps estimée au préalable pour un certain motif de déplacement et pour un certain revenu mensuel du ménage. A titre d'exemple, pour un déplacement domicile-travail, si l'individu qui se déplace est un salarié à temps partiel, il convient d'ajouter 29,1% à la valeur de base. Cf. H. Gunn et al. (1996), p.51.

<sup>31</sup> Cette distribution serait du type log-normale (Cf. V. Piron, 1996)

<sup>32</sup> Cette proposition est notamment formulée dans la thèse de C. Ségonne.

d'éducation)<sup>33</sup>. L'étude menée aux Pays-Bas a également permis de dégager des valeurs du temps en dehors du véhicule pour les utilisateurs du bus<sup>34</sup>. Ainsi, pour chaque type de déplacement, nous disposons des valeurs des gains de temps pour les différentes composantes du temps de transport, à savoir le temps de marche et le temps d'attente, pour lequel une distinction est opérée entre le temps d'attente prévu (dépendant de l'intervalle de temps qui sépare le passage successif de deux bus) et le temps d'attente non prévu lié au retard inopiné du service.

*Tableau 1 : Valorisation des gains de temps par heure et par personne  
(en BEF de 1998 \*)*

|                              | <b>Domicile-travail</b> | <b>Affaires</b> | <b>Autres</b> |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| <b>A bord du véhicule</b>    |                         |                 |               |
| Voiture particulière         | 269                     | 929             | 185           |
| Bus                          | 251                     | 438             | 159           |
| Train                        | 270                     | 571             | 166           |
| <b>En dehors du véhicule</b> |                         |                 |               |
| (pour le bus)                |                         |                 |               |
| Temps de marche              | 254                     | 706             | 204           |
| Temps d'attente              |                         |                 |               |
| prévu                        | 475                     | 631             | 263           |
| non prévu                    | 761                     | 608             | 222           |

*Sources* : HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997 - Final Report*, Den Haag.

HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.

\* Les résultats du HCG ont été multipliés par 18,33 pour la conversion des florins de 1997 en BEF de 1997 et par 1,0097 afin de tenir compte de l'inflation enregistrée en Belgique entre 1997 et 1998.

A bord du véhicule, la valorisation des gains de temps diffère suivant le mode de transport emprunté. Si on se déplace en bus, on a toujours une valeur des gains de temps inférieure à celle obtenue pour des déplacements en voiture ou en train. En toute vraisemblance, les caractéristiques socio-économiques des usagers du bus expliquent cela. Pour un même mode de transport, les valeurs des gains de temps varient également selon le motif du déplacement. Elles sont élevées pour les déplacements professionnels, ce qui s'explique par le fait que non seulement la désutilité supportée par le voyageur est prise en compte, mais aussi le coût supporté par l'employeur pour le temps détourné du travail (avec une valeur plus faible pour les déplacements en train par exemple, compte tenu du fait qu'une partie du déplacement

<sup>33</sup> HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997 - Final Report*, Den Haag.

<sup>34</sup> HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.

est affecté à du travail productif). Par contre, elles sont relativement faibles pour les déplacements autres que professionnels.

Pour les déplacements en bus, les gains de temps en dehors du véhicule ont des valeurs sensiblement différentes de celles obtenues à bord du véhicule. Le temps d'attente est toujours nettement plus pénible pour l'usager, quel que soit son déplacement. Une diminution du temps d'attente est donc valorisée à un taux nettement supérieur. Cependant, le temps le plus pénible diffère selon le déplacement effectué. Ainsi, pour les déplacements domicile-travail, c'est le temps d'attente non prévu qui est le plus pénible. Par contre, pour les déplacements professionnels, c'est le temps de marche qui est le plus pénible.

## CONCLUSION

Dans la littérature économique, la congestion est analysée sous différents aspects. Il importe de bien les préciser pour éviter toute confusion et ainsi mieux définir le cadre de l'analyse. C'est l'objet essentiel du présent article qui met en évidence quelques précisions utiles comme préalables à toute analyse de la congestion ainsi que les difficultés théoriques que ce type d'analyse rencontre.

*Première étape de l'analyse : la quantification de la congestion.* En termes de temps perdu, celle-ci repose en général sur une relation vitesse-débit qui définit empiriquement le fonctionnement de la circulation. Toutefois, les traditionnelles fonctions ne permettent pas de traduire les situations de surcongestion lorsque la vitesse et le débit de trafic diminuent simultanément. Ces situations particulières qui caractérisent certains tronçons à certains moments de la journée doivent être analysées séparément à partir de formulations mathématiques plus complexes proposées par les ingénieurs.

Si on se limite à la formulation traditionnelle de la fonction vitesse-débit qui reste valable pour un débit de trafic restant inférieur à la capacité maximale du réseau, trois interprétations du phénomène de congestion sont possibles : en termes de temps total du trafic et en termes de suppléments de temps, global ou marginal.

Ces trois interprétations sont tour à tour utilisées dans l'analyse des transports :

- dans la modélisation de la demande lorsqu'on estime le coût interne de congestion (plus précisément le coût total en temps lié à la durée du trajet et directement pris en charge par l'individu qui se déplace), on retient la première interprétation pour estimer un élément important du coût généralisé du transport ;
- dans toute analyse coûts-bénéfices appliquée au transport, lorsqu'on estime les gains éventuels (internes et externes) de temps de déplacement suite à un projet d'investissement lié au transport, on retient la deuxième interprétation (en termes de suppléments de temps définis globalement par comparaison à un déplacement fluide) ;

- dans l'étape préalable à l'internalisation des coûts marginaux externes, lorsqu'on estime le coût marginal externe de congestion, on retient la troisième interprétation (autrement dit la perte de temps imposée par un véhicule supplémentaire et supportée par les autres usagers).

*Deuxième étape de l'analyse : la valorisation.* Celle-ci permet d'exprimer en termes monétaires les différents effets de la congestion (internes ou externes, global ou marginal). La valeur monétaire de référence utilisée dans la modélisation des transports et dans toute analyse coûts-bénéfices relative à un projet dans le domaine du transport correspond à la valeur des gains de temps liés aux déplacements. Nous avons démontré, à partir de la théorie néo-classique de l'allocation du temps, que ce concept ne doit pas être confondu avec d'autres valeurs de temps. Il s'agit, dans le cas précis de la valorisation de la congestion, de la valeur de transfert de temps et non de la valeur marginale (soit le prix) du temps de déplacement. Cette étape est néanmoins très complexe car il n'existe pas une valeur unique de référence pour ce transfert de temps mais plutôt une distribution de valeurs en fonction non seulement de la population étudiée mais aussi de la région considérée et du type de société. Cette diversité laisse donc le champ ouvert à de nouvelles recherches.

## REFERENCES

- J. CALFEE, C. WINSTON, 1998, "The value of automobile traveltime : implications for congestion policy", in *Journal of Public Economics*, vol 69, pp. 83-102.
- B. DE BORGER , I. MAYERES, S. PROOST, S. WAUTERS, janvier 1996, "Optimal pricing of Urban Passenger Transport. A simulation exercise for Belgium", in *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 31-54.
- G. C. DE JONG, M. A. GOMMERS, J. P. G. N. KLOOSTER, 1993, "De reistijdwaardering in het goederenvervoer", in *Tijdschrift vervoerswetenschap*, n°29, pp. 77-85.
- EUROPEAN COMMISSION, 1996, *Methodologies for transport impact assesement, TRANSPORT RESEARCH – APAS – STRATEGIC TRANSPORT*, VII – 21.
- FEBIAC, 1992, MOBILIS, *Une étude sur la mobilité*.
- H. GUN, Y. CHEN et Y. VAN DE VYVERE, Hague Consulting Group, 1996, "Estimation de la valeur marginale du temps de transport", in *Recherche Transports Sécurité*, n°52, pp. 45-57.
- HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997, Final Report*, Den Haag.
- HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.
- G. HAMENDE, 1995, *Application d'un modèle de tarification optimale des transports urbains*, CIRIEC, WP 95/04.
- KIRWAN, O'MAHONY et O'SULLIVAN, 1995, *Speed-flow relationships for use in an urban transport policy assessment model*, mimeo, cité dans I Mayeres et al 1996, p. 113.
- F. LEURENT, 1996, "Indicateurs infraéconomiques des conditions de circulation sur un réseau routier", in *Recherche Transports Sécurité*, n°51, pp. 3-14.
- I. MAYERES, 1993, "The marginal external cost of car use – with an application to Belgium", in *Tijdschrift voor Economie en Management*, n° 38, pp. 225-258.
- I. MAYERES, S. OCHELEN, S. PROOST, 1996, "The marginal external costs of urban transport", in *Transportation research*, vol 1, n° 2, pp. 111-130.
- MVA CONSULTANCY, INSTITUTE OF TRANSPORT STUDIES UNIVERSITY OF LEEDS, TRANSPORT STUDIES UNIT UNIVERSITY OF OXFORD, 1987, "The value of travel time savings", in *Policy Journals*.

- D. M. NEWBERY, 1988, "Road user charges in Britain", in *The Economic Journal*, vol 98, pp. 161-176.
- J.-P. NICOLAS, 1996, *Ville, transports et environnement. Contributions relatives des paramètres du trafic routier affectant la pollution sonore et atmosphérique en milieu urbain*, Thèse de doctorat, Faculté de sciences économiques et de gestion, Université Lumière, Lyon 2.
- OCDE, 1995, *Transports urbains et développement durable*, C.E.M.T.
- W. P. O'DEA, 1994, "The value of a travel time saving to an individual", *International Journal of Transport Economics*, vol 21, n°3, pp. 255- 267.
- V. PELLETIER et Y. GAUDET, 1993, "Coûts inhérents à la congestion routière. Un survol de la question", in *Routes et Transports*, pp. 39-46.
- V. PIRON, 1996, "Modèles de trafic en zone urbaine. Une méthodologie qui reste à inventer", in *Transports*, n°379, pp. 370-381.
- V. PIRON, 1996, "Les valeurs du temps dans les infrastructures de transport", in *Transports*, n°377, pp. 189-194.
- C. SEGONNE, 1998, *Comportements de choix d'itinéraires. Le cas des automobilistes marseillais confrontés au péage urbain de financement*, Thèse de doctorat, Faculté de sciences économiques et de gestion, Université Lumière, Lyon 2.
- K A. SMALL, 1992, *Urban Transportation Economics*, Harwood Academic Publishers, Philadelphia, Pennsylvania.
- P. TREMBLAY, 1993, "Appréhension de la congestion routière dans un modèle statique de simulation. Le cas du modèle de transport de la région de Montréal (MOTREM)", in *Routes et Transports*, pp. 12-22.
- W G. WATERS, October 1994, "The value of time savings and the link with the income : implications for public project evaluation", in *International Journal of Transport Economics*, n°3, pp. 243-253.
- C. WINSTON, 1985, "Conceptual Developments in the Economics of Transportation : an interpretive survey", in *Journal of Economic Literature*, vol 23, p. 77.

## Liste des publications

- 2000/01 *Les aspects théoriques fondamentaux de l'analyse de la congestion*  
V. BONIVER et V. HAMENDE
- 2000/02 *Les coûts globaux des transports routiers de personnes en Région wallonne*  
V. HAMENDE et A. HERMESSE
- 2000/03 *Les coûts marginaux externes des transports de personnes sur les routes urbaines en Région wallonne*  
V. HAMENDE et A. HERMESSE
- 2000/04 *Les coûts sociaux des transports routiers de marchandises en Région wallonne*  
V. HAMENDE et A. HERMESSE