

**LE COUT ECONOMIQUE DE LA CONGESTION
DU PERIPHERIQUE PARISIEN :
UNE APPROCHE DESAGREGEE¹**

REMY PRUD'HOMME, YUE MING SUN

OBSERVATOIRE DE L'ECONOMIE ET DES INSTITUTIONS LOCALES

1. INTRODUCTION

La congestion est généralement présentée comme une externalité des transports routiers, et comme une externalité extrêmement coûteuse. Le célèbre Livre Vert de la Commission Economique Européenne, souvent cité, estime à 2 % du PIB le coût économique de la congestion dans les pays de la Communauté. Dans le cas de la France, cela ferait près de 140 milliards de francs. En France, on sait que la majorité des encombrements sont localisés dans la région parisienne ; le Centre National d'Information Routière, à partir des données de la gendarmerie et de la police, estime pour l'année 1996 que les encombrements de la région parisienne représentaient 82 % des encombrements enregistrés dans le pays (UNION ROUTIERE DE FRANCE, 1998:40). Voilà qui mettrait à 120 milliards de francs le coût de la congestion en région parisienne - environ 6 % du PIB de cette région.

¹ Ce travail a bénéficié de l'aide du PREDIT.

Dans un travail antérieur (PRUD'HOMME, 1999), on a essayé de montrer pourquoi ces chiffres n'étaient pas très crédibles. La raison en est qu'ils reposent sur une définition peu fondée de la notion de congestion et de coûts de la congestion. On a aussi dans ce travail proposé une estimation du coût économique de la congestion dans la région parisienne, qui ressortait à seulement 0,12 % du PIB de la région. L'analyse présentée, cependant, reposait sur une simplification discutable. Elle était agrégée et considérait la région comme une entité homogène, avec une courbe de demande de transport unique, et une seule et immense voie, caractérisée par une vitesse unique et une courbe représentant le coût unitaire en fonction de l'utilisation de la voie. La contribution notait, et les critiques n'ont pas manqué de souligner fortement ce point, que la région parisienne était aussi bien du point de vue de l'espace que du temps très diverse en ce qui concerne la demande, et que la prise en compte de moyennes pour l'analyse d'un phénomène aussi peu linéaire que la congestion risquait de masquer la réalité du phénomène. Une approche plus désagrégée, prenant explicitement en compte les différences entre tronçons routiers et entre périodes de la journée - c'est ce que signifie ici l'adjectif « désagrégée » - serait évidemment bien préférable.

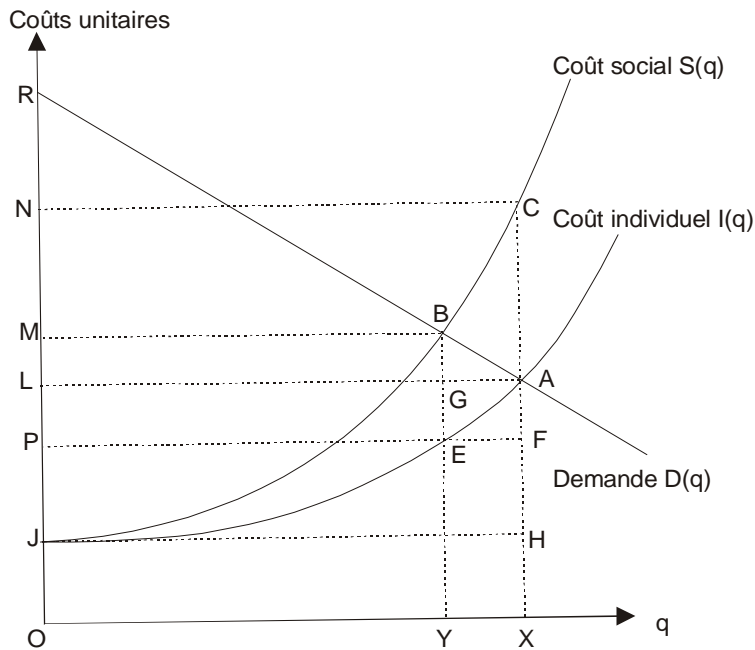
C'est une telle approche qui est mise en oeuvre ici sur le cas du périphérique parisien. Cette voie autoroutière de 35 km de longueur qui entoure la commune de Paris (pour une description plus détaillée, voir GERONDEAU, 1997 ou PRUD'HOMME, SUN, 1998) convient bien à un tel exercice pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le périphérique est la plus importante autoroute urbaine d'Europe, avec un débit journalier moyen (sur les deux chaussées additionnées) d'environ 230 000 véhicules. Deuxièmement, le périphérique joue un rôle majeur dans les liaisons routières de l'agglomération parisienne, la plus importante d'Europe en termes de PIB. Troisièmement, le périphérique parisien est considéré comme l'un des principaux lieux de congestion de la France. Les données du Centre National d'Information Routière citées ci-dessus estiment que les « encombrements » du périphérique représentent 30 % des encombrements enregistrés dans toute la France, ce qui ferait près de 40 milliards de francs si l'on retenait les estimations de coût de la CEE. Les encombrements du périphérique selon la même source représentent également 36 % des encombrements enregistrés dans la région parisienne. Une estimation précise du coût de la congestion sur le périphérique réduirait donc sérieusement l'incertitude qui pèse sur le coût de la congestion dans l'agglomération toute entière. Enfin, les données disponibles sur la circulation sur le périphérique rendent possible une approche désagrégée assez fine. On dispose pour chacun des jours du mois de Juin 1996, tronçon par tronçon et période de 6 minutes par période de 6 minutes, de la vitesse, de la densité et du débit.

Cet article est organisé de la façon suivante. On présente d'abord le modèle de base de calcul des coûts de la congestion (Section 2). On présente ensuite les données nécessaires à ce calcul, c'est à dire la relation vitesse-densité qui prévaut sur le périphérique, la relation coûts-densité que l'on peut en tirer, et la distribution des vitesses sur le périphérique (Section 3). On présente ensuite les résultats du calcul de la congestion optimale sur le périphérique, c'est-à-dire, classe de vitesse (et de densité et de flux) par classe de vitesse, la réduction de trafic qui serait optimale (section 4). On procède ensuite à l'estimation du coût économique de la congestion, classe de vitesse par classe de vitesse (section 5). La conclusion (section 6) essaye de comparer le coût ainsi obtenu à des grandeurs significatives, et de produire un ordre de grandeur pour l'ensemble de l'agglomération parisienne.

2. MODELE DE CALCUL DES COUTS DE LA CONGESTION

L'équilibre qui s'établit sur une voie routière très demandée n'est pas un équilibre optimal. Un peu moins de véhicules sur la route serait préférable. La société perd quelque chose à ne pas être à ce niveau optimal. C'est ce quelque chose qui doit être défini comme le coût économique de la congestion. Cette analyse a déjà été présentée dans PRUD'HOMME (1999). On en reprendra rapidement l'essentiel ici. La Figure 1 représente la quantité d'utilisation de la route en abscisse et le coût unitaire d'utilisation de la route en ordonnée.

Figure 1 : Congestion routière



$D(q)$ est une courbe de demande qui représente l'utilisation de la route en fonction du coût unitaire d'utilisation d'un véhicule, exprimée en francs par km. La composante principale de ce coût est le coût en temps, la valeur du temps nécessaire pour parcourir un kilomètre.

$I(q)$, que l'on peut considérer comme une courbe d'offre, est le coût par kilomètre supporté par le conducteur. Quand le conducteur est seul sur la route (quand $q=0$) ce coût est J , le coût de fonctionnement du véhicule plus le coût en temps à la vitesse maximale. Lorsque le nombre des véhicules sur la route augmente (lorsque q augmente), la vitesse diminue, le temps nécessaire pour faire un km augmente, et $I(q)$ augmente.

Un équilibre est atteint en A , le point où $I(q)$ et $D(q)$ se rencontrent, avec X véhicules sur la route et un coût unitaire égal à L . A ce point, le conducteur marginal supporte un coût égal au bénéfice qu'il retire de l'usage de la route. Au delà de ce point, il supporterait un coût plus élevé que le bénéfice retiré, et il n'aurait pas de raison de vouloir utiliser la route.

Cet équilibre naturel est malheureusement sous-optimal. On le voit aisément lorsque l'on considère $S(q)$, le coût social unitaire causé par un véhicule en fonction de l'usage de la route. Ce coût social est égal au coût individuel $I(q)$ augmenté du temps perdu par tous les autres véhicules du fait de la présence sur la route de notre véhicule. La différence entre $S(q)$ et $I(q)$ est une externalité de congestion. Le point B , où $D(q)$ et $S(q)$ se rencontrent, avec Y véhicules sur la route, et un coût unitaire de M , indique la solution optimale pour la société. Au delà de ce point, un véhicule supplémentaire cause un coût social supplémentaire plus grand que le bénéfice social supplémentaire qu'il engendre. Cette solution optimale peut être atteinte au moyen d'une intervention politique telle que, par exemple, une taxe égale à EB , qui aura pour effet de réconcilier le coût privé et le coût public.

Quelques conclusions découlent de cette analyse classique. La première est que la quantité « naturelle » d'utilisation d'une route est presque toujours plus grande que la quantité optimale : X est plus grand que Y . En d'autres termes, il y a presque toujours congestion. Il en va autrement seulement lorsque la courbe de demande intersecte la courbe d'offre dans sa partie horizontale.

La deuxième est que cette analyse se rapporte à une route ou une infrastructure donnée. Une amélioration de l'infrastructure s'analyse comme un déplacement vers la droite de $I(q)$ et de $S(q)$, et donc comme une augmentation des quantités d'utilisation routière naturelle et optimale X et Y , associée à une réduction des coûts unitaires L et M .

La troisième est que la quantité optimale Y d'utilisation d'une route donnée est une fonction de la demande d'utilisation. Si la demande augmente, la courbe $D(q)$ se déplace vers la droite, et avec elle la quantité optimale

d'utilisation. C'est bien ce qui se passe pour une route donnée au cours d'une journée. De la même façon, si la pente de la courbe de demande diminue, c'est-à-dire si l'élasticité de la demande par rapport au prix augmente, la quantité optimale d'utilisation de la route va également augmenter. Cette dernière observation souligne la différence entre l'approche de l'ingénieur et celle de l'économiste : l'ingénieur définit l'utilisation optimale de la route en fonction des seules caractéristiques de la route, cependant que l'économiste se réfère à la fois aux caractéristiques de la route et à la demande d'utilisation de la route.

Le coût de la congestion peut être défini comme le coût supporté par la société lorsque l'utilisation de la route est X plutôt que Y. Dans le langage de la Figure 1, il peut être calculé de deux façons différentes mais équivalentes. L'une est l'aire BCA. L'autre est la différence entre le surplus associé à B et le surplus associé à A :

$$C = BCA$$

$$C = PRBE - LRA = PLGE - GBA.$$

Cette définition économique du coût de la congestion est différente des définitions naïves ou internalisantes souvent utilisées. La définition naïve consiste à considérer que le coût de la congestion est la différence entre la valeur du temps effectivement passé et la valeur du temps qui aurait été passé si la route avait été vide, ou comme l'on dit parfois, la valeur du temps « perdu ». Dans le langage de la figure 1, ce coût est représenté par JLAH. La situation de référence utilisée - la route vide - est totalement irréaliste : les routes ne sont pas faites pour être inutilisées. La définition internalisante prend comme coût de la congestion le montant de la taxe internalisante qui conduirait à l'optimum. Dans le langage de la figure 1, ce coût est représenté par la zone PMBE. Dans ce cas, la situation de référence est correcte, mais l'on confond le moyen (la taxe internalisante) avec la fin (l'internalisation du coût externe). Il n'y a aucune raison pour que l'un soit égal à l'autre. On peut même montrer que l'un (la taxe) est bien plus important que l'autre (l'externalité).

Le modèle utilisé s'appuie sur le diagramme de la Figure 1. On a :

$$s = s_0 - d \cdot q$$

avec :

s = la vitesse de déplacement des véhicules (en km/h) ;

s_0 = la vitesse des véhicules lorsque $q = 0$ (en km/h) ;

d = le coefficient de la relation quantité-vitesse.

$$D(q) = b - a \cdot q$$

avec :

q = la quantité de transport (en véhicules par km) ;

a = la pente de la courbe de demande ;

b = l'ordonnée à l'origine de la courbe de demande.

$$I(q) = c + t/s$$

avec :

c = le coût d'utilisation d'un véhicule par km (en francs/km) ;

t = la valeur du temps (en francs/véhicule/heure).

$$b = (D/q) * (1/e)$$

avec :

e = l'élasticité-prix de la demande de déplacement.

D'où :

$$I(q) = c + t/(s_0 - d * q)$$

$$S(q) = I(q) + \Gamma'(q) * q$$

$$S(q) = c + t/(s_0 - d * q) + t * d * q / (s_0 - d * q)^2$$

L'intersection de I(q) et de D(q) détermine A (L,X). L'intersection de S(q) et de D(q) détermine B (M,Y). L'intersection de I(q) et de BY détermine E (P,Y). L'intersection de LA et de BY détermine G (L,Y).

Lorsque l'on a les coordonnées des points P, L, G, E, B et A, il est facile de calculer le coût économique de congestion C :

$$C = PLGE - GBA = Y * (L - P) - 0,5 * Y * (M - L)$$

3. DONNEES NECESSAIRES AU CALCUL DU COUT DE LA CONGESTION DU PERIPHERIQUE

Avec les données relevées sur le périphérique, on établit d'abord la relation vitesse-densité. On en déduit la relation coût-densité. On présente ensuite la distribution des véhicules*km parcourus sur le périphérique en fonction de la vitesse.

Le périphérique est divisé en 70 tronçons d'environ 0,5 km de longueur. Pour 51 de ces tronçons (en pratique pour la partie Champerret-Bercy-Brancion du périphérique), on dispose pour chacun des jours du mois de Juin 1996, pour des périodes de 6 minutes, et pour chacun des deux sens :

- de la vitesse moyenne,
- de la densité moyenne de véhicules,
- et du débit moyen.

L'unité de base de l'analyse est le tronçon-période de six minutes. On a donc des données pour 51 tronçons*240 périodes par jour*30 jours*2 sens, c'est-à-dire pour 734 000 points. Pour établir la relation vitesse-densité, on a choisi aléatoirement 4 080 points parmi ces 734 000 points, soit un point tous les 180. Après élimination des données aberrantes, il reste environ 3 940 points. Le tableau 1 montre que ces points constituent bien un échantillon représentatif.

Tableau 1 : Valeurs caractéristiques de l'échantillon et de la population de tronçons-périodes, périphérique parisien, 1996

	Population	Echantillon
Nombre de tronçons-périodes	734 000	3 940
Vitesse (km/h)		
Moyenne	66,0	65,9
Ecart-type	23,5	23,31
Densité (véhicules/km)		
Moyenne	112,6	112,3
Ecart-type	70,1	69,4

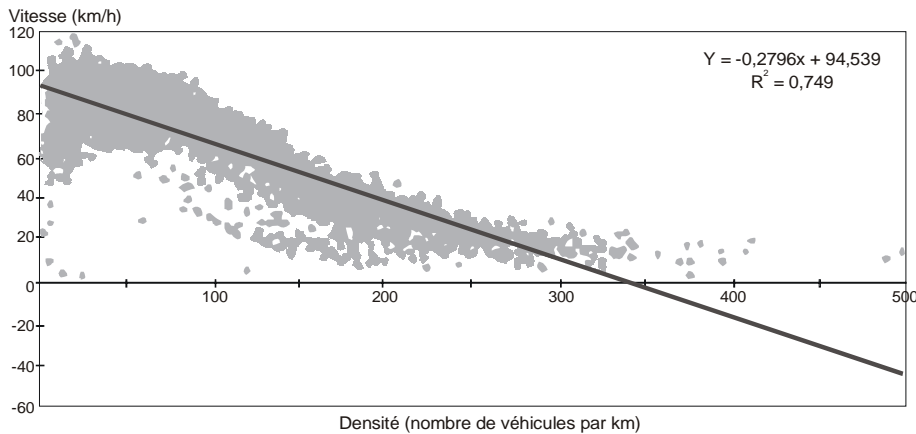
Source : calculs des auteurs

Ces points sont représentés graphiquement dans la figure 2. Ils permettent d'établir une relation spécifique au cas du périphérique. On a retenu une spécification linéaire, parce qu'elle est classique, parce qu'elle est celle du modèle utilisé, et parce qu'elle ajuste assez bien le nuage de points ($R^2 = 0,75$), même si les vitesses qu'elle donne pour les densités élevées sont négatives, ce qui n'a évidemment pas de sens. La relation $s = s_0 - d \cdot q$ entre la vitesse et la densité valable pour le périphérique parisien s'écrit donc :

$$s = 94,5 - 0,28 \cdot q.$$

En d'autres termes, on a $s_0 = 94,5$ km/h et $d = 0,28$.

Figure 2 : Relation vitesse-densité, périphérique parisien, 1996



On en déduit les courbes représentant le coût unitaire en fonction de la densité. On fait l'hypothèse que c , le coût kilométrique en argent, est égal à 1,1 franc, et que t , la valeur du temps pour un véhicule, est égal à 80 francs. La relation :

$$I(q) = c + t/s$$

qui décrit le coût individuel en fonction de la densité, devient :

$$I(q) = 1,1 + 80/(94,5-0,28*d).$$

La relation :

$$s(q) = I(q) + I'(q)*q$$

qui décrit le coût social en fonction de la densité, devient :

$$S(q) = 1,1 + 80/(94,5-0,28*d) + 22,37*d/(94,5-0,28*d)^2.$$

On a également besoin d'une distribution des tronçons-périodes en fonction de la vitesse ou, ce qui revient au même, de la densité. Elle est donnée au tableau 2 suivant qui regroupe les tronçons-périodes par classes de vitesses.

Tableau 2 : Distribution des tronçons-périodes par classes de vitesse, périphérique parisien, 1996

Classe de vitesse (km/h)	Vitesse moyenne (km/h)	Tronçons-périodes ^a (milliers)
0-5	2,5	0,56
5-10	7,5	3,2
10-15	12,5	11,7
15-20	17,5	20,5
20-25	22,5	24,6
25-30	27,5	24,0
30-35	32,5	25,0
35-40	37,5	22,5
40-45	42,5	17,5
45-50	47,5	16,8
50-55	52,5	16,0
55-60	57,5	19,4
60-65	62,5	25,9
65-70	67,5	41,5
70-75	72,5	61,6
>75	85,9	403,2
Total	—	734,0

Source : calculs des auteurs

a : les données se rapportent à 51 tronçons pour tous les jours du mois de Juin 1996 ; pour avoir des chiffres pour l'ensemble du périphérique, il faut multiplier ces données par 70/51 ; pour avoir des données annuelles, il faut les multiplier par 12.

Les chiffres du tableau 2 permettent de calculer, pour chaque classe de vitesse, la densité et le flux. En combinant avec le nombre de tronçons-périodes de 500 mètres et de 6 minutes, on obtient également le nombre de véhicules*km, toujours pour chaque classe de vitesse.

4. LA CONGESTION OPTIMALE SUR LE PERIPHERIQUE

Pour chacune des classes de vitesses définies ci-dessus, on peut maintenant calculer la densité optimale (la valeur de Y, dans le langage de la figure 1) ainsi que la vitesse et le flux par définition optimaux qui lui sont associés.

On connaît mal l'élasticité/prix de la demande de transport en milieu urbain en France. Les élasticités pour le transport interurbain, et celles que l'on trouve dans la littérature internationale (GOODWIN, 1992) pour le transport urbain suggèrent une élasticité inférieure à 1. Les calculs ont été effectués pour trois hypothèses d'élasticité : $e = -0,8$; $e = -0,6$ et $e = -1$. Il apparaît que les résultats sont assez peu sensibles à l'hypothèse faite sur l'élasticité. Les résultats présentés au tableau 3 sont obtenus avec la valeur médiane de l'élasticité ($e = -0,8$).

Tableau 3 : Situations effective et optimale sur le périphérique parisien

	Situation effective			Situation optimale		
	Vitesse (km/h)	Densité (véh/km)	Flux (véh/h)	Vitesse (km/h)	Densité (véh/km)	Flux (véh/h)
(0-5)	2,5	329	823	14,3	287	4 102
(5-10)	7,5	311	2 335	23,8	253	6 021
(10-15)	12,5	293	3 668	30,0	231	6 919
(15-20)	17,5	276	4 822	35,0	213	7 452
(20-25)	22,5	258	5 797	39,2	198	7 757
(25-30)	27,5	240	6 594	43,1	184	7 929
(30-35)	32,5	222	7 211	46,7	171	7 990
(35-40)	37,5	204	7 650	50,1	159	7 963
(40-45)	42,5	186	7 910	53,4	147	7 855
(45-50)	47,5	168	7 991	56,5	136	7 686
(50-55)	52,4	150	7 894	59,9	124	7 424
(55-60)	57,5	132	7 617	63,2	112	7 081
(60-65)	62,5	115	7 162	66,9	99	6 619
(65-70)	67,5	97	6 528	70,5	86	6 062
(70-75)	72,5	79	5 715	74,7	71	5 303
(>75)	85,9	31	2 654	86,2	30	2 585

Source : calculs des auteurs

On voit que le flux maximal est atteint pour une vitesse proche de 47 km/heure. Ce résultat était inclus dans la relation entre la vitesse et la densité. De $s = 94,5 - 0,28*q$, on tire en effet : $q = 337,5 - 3,57*s$. Comme le flux f est égal au produit de la densité par la vitesse, on a :

$$f = 337,5*s - 3,57*s^2.$$

Cette fonction est maximale lorsque sa dérivée est égale à zéro, c'est-à-dire pour $s = 47,2$ km/heure.

Surtout, le tableau 3 montre bien l'impact des variations de la demande sur la situation optimale. Il n'y a pas qu'une seule situation optimale. Il y en a beaucoup, en fonction de la demande. Lorsque la demande est très forte, qu'il y a beaucoup de véhicules sur un tronçon, et qu'en conséquence la vitesse et le flux sont très réduits, la situation optimale n'est pas caractérisée par une très forte diminution de la demande et de la densité, et par une augmentation importante de la vitesse. L'utilité qui dans ce cas serait perdue

du fait de la non-satisfaction du grand nombre d'automobilistes éliminés de la route serait plus grande que l'utilité gagnée par ceux qui resteraient sur la route. Dans ce cas, la situation est au contraire caractérisée par une réduction finalement assez modeste du nombre des véhicules : environ 20 %.

En fait, il apparaît que la réduction optimale de densité est finalement assez peu dépendante de la densité initiale. Le ratio Y/X est assez constant. Pour une demande très forte, engendrant une vitesse très faible, c'est-à-dire inférieure à 10 km/heure, une réduction de l'utilisation du périphérique de 15 ou 20 % seulement serait optimale. Ce pourcentage augmente légèrement, et devient égal à 23 % pour une large plage de demande correspondant à des vitesses enregistrées de 15 à 35 km/heure. Lorsque la demande diminue et correspond à des vitesses plus élevées, le pourcentage de diminution optimale décline. Mais il décline lentement. Il est encore égal à 10 % pour la demande qui engendre une vitesse de 70 à 75 km/heure, et ne devient négligeable que pour des vitesses supérieures à 75 km/heure.

Le détail de ces résultats est peut-être affecté par l'approximation linéaire qui a été faite ci-dessus dans l'estimation de la relation densité-vitesse. Mais cette approximation ne peut pas changer les ordres de grandeur du phénomène, et le message général qui ressort de ces calculs est assez clair et assez fort. L'utilisation optimale d'une route pour laquelle la demande est variable n'implique pas du tout une densité, une vitesse et un flux constants. Elle implique en revanche une réduction à peu près constante (d'environ 20 %) de l'utilisation de la route, au moins lorsque la vitesse de circulation est inférieure à 60 km/heure. Si nous pouvions avoir à tout moment 20 % de véhicules « en moins » sur le périphérique, celui-ci serait utilisé presque optimalement.

5. ESTIMATION DU COUT ECONOMIQUE DE LA CONGESTION

La question est donc de savoir ce que nous perdons à avoir en permanence ces véhicules en trop. Le calcul est effectué classe de vitesse par classe de vitesse. Prenons, à titre d'exemple, la classe de vitesse 10-15 km/heure. On a, en reprenant le langage de la figure 1 et en résolvant les équations de la section 3 :

$$X_{10-15} = 293 \text{ véh/km}$$

$$Y_{10-15} = 231 \text{ véh/km}$$

$$L_{10-15} = 7,50 \text{ F/km}$$

$$M_{10-15} = 9,50 \text{ F/km}$$

$$P_{10-15} = 3,77 \text{ F/km.}$$

Le coût de la congestion pour cette classe de vitesse est donnée par l'expression :

$$\begin{aligned} \text{Coût kilométrique}_{10-15} &= LGEP - AGB \\ &= Y*(L-P) - (M-L)*(X-Y)/2 = 799 \text{ F/km.} \end{aligned}$$

Le coût de congestion ainsi calculé est un coût kilométrique, le coût économique engendré par 293 véhicules sur un kilomètre (roulant de ce fait à 12,5 km/heure). On peut le transformer en un coût unitaire, en divisant ce chiffre par le nombre de véhicules :

$$\text{Coût unitaire}_{10-15} = 799/293 = 2,73 \text{ francs/véhicule*km.}$$

Il suffit ensuite de multiplier ce coût unitaire par le nombre de véhicules*km qui utilisent le périphérique dans ces conditions de densité et de vitesse pour avoir une estimation du coût de la congestion. Ce nombre était, pour les 51 tronçons de notre échantillon, de 2,05 millions pour l'ensemble du mois de Juin 1996, et par hypothèse 12 fois plus élevé pour l'année. On a donc :

$$\text{Coût économique}_{10-15} = 2,73 * 2,05 * 12 = 67 \text{ millions francs.}$$

Ce que la société perd par an à ce que près de 25 millions de véhicules*km s'effectuent sur le périphérique à une vitesse réduite par la congestion à 10-15 km/heure peut donc être évalué à un peu moins de 70 millions de francs. Ces 25 millions de véhicules*km sont ceux qui sont effectués sur les 51 tronçons de la partie Champerret-Bercy-Brancion du périphérique, qui compte 70 tronçons. Pour avoir des chiffres relatifs au périphérique dans son entier, il faut faire l'hypothèse - très raisonnable - que la circulation sur les 19 tronçons de la partie Brancion-Muette-Champerret est comparable à la circulation sur le reste du périphérique, et multiplier les chiffres ci-dessus par 70/51, soit 1,37. On obtient alors un coût économique de 94 millions de francs.

On procède de la même façon pour chacune des classes de vitesse-densité-flux, ainsi que le montre le tableau 4. Le coût économique total annuel de la congestion sur la partie étudiée du périphérique apparaît de 430 millions de francs. Pour l'ensemble du périphérique ce coût est de 589 millions de francs, voisin de 0,6 milliards de francs.

L'examen du tableau 4 montre la structure de ce coût, et permet de mieux comprendre pourquoi ce coût est aussi faible. Près de la moitié des véhicules*km effectués sur le périphérique le sont à une vitesse supérieure à 70 km/heure, pour laquelle les coûts unitaires de congestion sont pratiquement nuls. Un autre quart des véhicules*km s'effectuent à des vitesses comprises entre 50 et 70 km/heure, pour lesquelles les coûts unitaires de congestion sont faibles. A l'inverse, les coûts unitaires sont élevés pour les véhicules*km effectués à des vitesses inférieures à 15 km/heure. Mais ces véhicules*km là sont très peu nombreux. Ils ne constituent que 1,5 % du total des véhicules*km effectués sur le périphérique.

*Tableau 4 : Coût annuel de la congestion sur le périphérique^a,
par classe de vitesse, 1996*

Classe de vitesse	Coût kilométrique (F/km)	Coût unitaire (F/véh*km)	Trafic/mois (M véh*km)	Coût économique/an (M Francs)
0-5	7 460	22,66	0,02	6
5-10	1 766	5,67	0,49	34
10-15	799	2,72	2,05	67
15-20	435	1,58	4,17	79
20-25	260	1,01	5,91	71
25-30	161	0,67	6,86	55
30-35	101	0,45	7,63	42
35-40	65	0,32	7,19	27
40-45	41	0,22	6,31	17
45-50	26	0,16	5,30	10
50-55	16	0,11	4,83	6
55-60	10	0,07	5,69	5
60-65	5	0,04	6,90	3
65-70	3	0,03	10,10	4
70-75	1	0,02	14,77	3
>75	0	0	83,54	0
Ensemble	-	-	171,81	430

Source : calculs des auteurs

a : les chiffres de trafic et de coût se rapportent à 51 des 70 tronçons du périphérique ; pour obtenir des chiffres de trafic et de coût relatifs à l'ensemble du périphérique, il faut multiplier les chiffres du tableau par le coefficient 1,37.

Ce coût de 589 millions de francs a été obtenu avec une valeur du temps de 80 F/heure par véhicule, qui est plutôt élevé. Il est pratiquement une fonction de cette valeur du temps. Une valeur du temps inférieure de 20 % produirait un coût également inférieur de 20 %. Le chiffre de 589 millions a été obtenu avec une élasticité de la demande au prix égale à -0,8. L'impact d'autres élasticités sur le coût de la congestion est présenté au tableau 5.

On voit que les hypothèses faites sur l'élasticité ont finalement assez peu d'impact sur le résultat final. Il faut s'en féliciter, car l'incertitude qui pèse sur les véritables élasticités est assez grande. Cette incertitude ne nous empêche pas de produire des ordres de grandeur significatifs.

Tableau 5 : Coût de la congestion sur le périphérique en fonction de diverses hypothèses d'élasticité de la demande (millions de francs)

Elasticité/prix	Coût de la congestion
- 0,6	558
- 0,8	589
- 1,0	614

6. CONCLUSIONS

Le coût économique de la congestion sur le périphérique apparaît proche de 0,6 milliards de francs par an. L'enjeu de politiques de réduction de la congestion à un niveau optimal se situe là. Ce résultat apparaît assez robuste. Il n'est guère modifié par des hypothèses différentes sur l'élasticité de la demande. Il est pratiquement proportionnel à la valeur du temps retenue ; les calculs ont été effectués avec une valeur de 80 F/heure, qui est assez généreuse ; une valeur inférieure engendrerait un coût inférieur.

Ce chiffre peut être comparé une estimation de la satisfaction que les automobilistes retirent de l'utilisation du périphérique. Cette satisfaction est égale à la somme (en temps et en argent) qu'ils dépensent à cet effet, augmentée du surplus du consommateur.

Dans le langage de la figure 1, la somme dépensée est égale à $OLAX = L \cdot X$. Pour l'estimer, on connaît, pour chaque classe de vitesse, le nombre de véhicules*km parcourus. On en déduit le nombre d'heures parcourues à la vitesse considérée. Ce chiffre est multiplié par la valeur du temps. On calcule ainsi que la circulation annuelle sur le périphérique représente 44,5 millions d'heures, soit 3,56 milliards de francs. A cette somme, qui représente le prix payé en temps par les usagers, il faut ajouter les dépenses en argent, qui sont de 1,1 F/km, soit, pour 2,83 milliards de véhicules*km, la somme de 3,11 milliards de francs. On arrive ainsi à une dépense en temps et en argent pour l'utilisation du périphérique de 6,67 milliards de francs.

Il convient d'y ajouter le surplus du consommateur, puisque tous les usagers sont prêts à payer plus que ce qu'ils payent effectivement pour utiliser le périphérique. Avec une élasticité égale à - 1, et en supposant que la courbe de demande est une droite, le surplus serait égal à la moitié de la somme précédente. Avec une élasticité de - 0,8 on peut calculer qu'il serait égal à 4,17 milliards de francs. Une courbe de demande non linéaire, asymptotique à l'axe des prix, engendrerait un surplus encore plus grand.

La satisfaction engendrée actuellement par le périphérique peut donc être estimée à $6,67 + 4,17 = 10,84$ milliards de francs, soit à peu près 11 milliards de francs par an. C'est à ce montant qu'il faut rapporter le coût de congestion de 0,6 milliards de francs. Il en représente 5,4 %. Ce ratio représente l'enjeu des politiques de réduction de la congestion sur le périphérique. Cette infrastructure produit actuellement une utilité de 11 milliards par an. Gérée optimalement, elle produirait une utilité de 11,6 milliards de francs.

On peut également essayer d'extrapoler le résultat obtenu pour le périphérique à l'ensemble de l'agglomération parisienne. Le périphérique écoule 8 % du trafic total de l'agglomération, mais il est, selon les définitions (discutables mais homogènes) de la Gendarmerie Nationale, responsable de 36 % des encombrements enregistrés dans l'agglomération. Ces deux

chiffres donnent des bornes au ratio du coût de la congestion du périphérique par rapport au coût de la congestion dans l'ensemble de l'agglomération. On obtient ainsi une fourchette de coût qui va de 1,7 à 7,5 milliards de francs. Des études complémentaires sur les coûts de la congestion sur d'autres voies rapides ainsi que sur les autres types de voies de l'agglomération parisienne seraient nécessaires pour rétrécir cette fourchette. En attendant, on retiendra le chiffre de 3 ou 4 milliards comme un ordre de grandeur vraisemblable. Ces chiffres ne sont pas très différents du chiffre de 2,5 milliards de francs fourni par une étude agrégée (PRUD'HOMME, 1999). Il sont en tout cas très loin du chiffre de 120 milliards avancé sur la base des estimations de la Commission européenne.

En l'absence de politiques visant à internaliser les externalités de congestion sur le périphérique parisien, l'utilisation de cette voie importante n'est pas optimale. Il y a pendant une bonne partie de la journée de 15 à 20 % de véhicules « en trop » par rapport à l'utilisation optimale, compte tenu de la demande. La société aurait quelque chose à gagner à mettre en oeuvre des politiques qui écarteraient ces véhicules, par exemple au moyen d'une taxe internalisante. Mais - et c'est le résultat le plus frappant de cette étude - ce quelque chose n'est pas très important. Il est d'environ 0,6 milliards par an, ce qui représente seulement 5 % de l'utilité du périphérique, qui apparaît en quelque sorte efficace à 95 %. Extrapolé à l'ensemble de l'agglomération, ce coût de la congestion ne représente que 0,15 ou 0,20 % du PIB de l'agglomération parisienne. Bien entendu, économiser 0,6 milliards par an ou 0,15 % du PIB de la plus importante agglomération européenne n'est pas un enjeu négligeable. Améliorer l'efficacité du périphérique de 95 % à 100 % est sûrement un objectif désirable. Mais il faut aussi considérer, premièrement que les politiques de limitation du nombre des véhicules sur le périphérique se feraient à un coût économique et social, et deuxièmement que les politiques concevables ne permettraient jamais de réaliser la totalité du gain théorique. Ces deux considérations diminuent sérieusement l'intérêt de l'opération.

REFERENCES

- GERONDEAU Ch., DENIAU M., BENKADI R., LE GOUPIL H. (1997) Boulevard périphérique de Paris : analyse des conditions de circulation. **Revue Générale des Routes et Autoroutes**, n° 753, pp. 61-68.
- GÉRONDEAU Ch. (1997) **Transport in Europe**. Boston & London, Artech House, 432 p. (Intelligent Transport Series).
- GOODWIN P. B. (1992) A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes. **Journal of Transport Economics and Policy**, vol. XXVI, n° 2, pp. 155-169.

PRUDHOMME R. (1999) Les coûts de la congestion dans la région parisienne.

Revue d'Economie Politique, 109(4), pp. 425-441.

PRUD'HOMME R., LEE CHANG-WOON (1998) Size, Sprawl, Speed and the Efficiency of Cities. **Urban Studies** (à paraître).

PRUD'HOMME R., YUE MING SUN (1998) **L'utilisation du périphérique parisien : vitesses et congestion**. L'ŒIL, IUP, Université de Paris XII, polygr., 16 p (Rapport préparé pour le PREDIT).

UNION ROUTIERE DE FRANCE (1998) **Faits et Chiffres - Statistiques du Transport en France**. URF, 92 p.