

UN CONCEPT FECOND : LA CONSOMMATION D'ESPACE TEMPS

Louis MARCHAND - R.A.T.P.

Les centres des agglomérations focalisent généralement les principales fonctions urbaines : habitat, activités, commerces, grands équipements d'enseignement, de santé, de culture, de loisirs, d'administration... L'espace y étant, par définition rare, celui-ci devient un enjeu majeur dans le développement de ces différentes fonctions.

Des matériaux nouveaux - béton armé, structures métalliques - et de nouvelles techniques pour leur mise en oeuvre, ont permis depuis le début du siècle d'apporter des solutions à ce problème de pénurie d'espace en autorisant la construction de bâtiments de très grande hauteur. Ces concentrations conduisent à des densités d'occupation du sol de plus en plus élevées (Manhattan à New-York, La Défense à Paris par exemple) et génèrent corrélativement des volumes de déplacements de plus en plus importants souvent très concentrés aussi dans le temps, les pointes de trafic du matin et du soir. Ces très fortes densités de trafic ne peuvent être satisfaites qu'en utilisant l'espace résiduel au sol laissé aux transports par les diverses fonctions urbaines, c'est-à-dire l'espace de voirie destiné à la circulation des personnes et des biens.

L'essor de l'automobile, qui apporte a priori à l'individu une réponse tout à fait satisfaisante à ses besoins de déplacement, a entraîné la saturation rapide de cet espace limité avec tout le cortège des effets négatifs bien connus qui n'ont pas à être rappelés ici. On a alors pu penser qu'il suffisait de créer les espaces de voirie supplémentaires pour répondre à cette demande de transport, cette idée apparaissait d'autant plus séduisante que les nouveaux procédés de construction rendaient possible - et presque sans limitation - cette création d'infrastructures nouvelles de circulation tant aériennes que souterraines. Une telle stratégie a toutefois rapidement montré ses limites pour au moins deux raisons majeures : le coût de sa mise en oeuvre et les dommages occasionnés dans les tissus urbains, d'autant plus marqués dans le coeur des villes qui ont besoin d'être protégé.

En définitive, le problème posé par la desserte des centres des agglomérations où l'espace est rare, convoité et donc cher et où il ne reste généralement pour la fonction transport que peu d'espace, est de trouver une répartition équitable, harmonieuse, optimale... entre les différents modes de transport afin de satisfaire à la totalité de la demande de transport qui s'y exprime, au moindre coût économique et social.

Cette communication se place dans une telle problématique et propose un concept nouveau qui éclaire les enjeux fondamentaux d'une politique de transport dans les centres urbains.

Dans une première partie, on montrera que le concept de consommation d'espace/temps, mesurée en mètre carré heure, peut sans difficultés exprimer quantitativement la productivité intrinsèque des différents modes de transport individuel et collectif au regard de l'espace consommé.

Dans une seconde partie, on montrera encore qu'une valeur monétaire peut être attribuée à cette consommation d'espace, permettant ainsi une approche économique et sociale simple du problème.

Ainsi ce nouveau concept explicite quantitativement, pour le centre urbain et pour l'accès à ce centre, les deux facteurs fondamentaux - l'utilisation de l'espace (où, quand, pour quel mode) et le coût - qui conditionnent nécessairement toutes les conceptions de l'offre de transport. Celles-ci, réponses possibles aux besoins de déplacement qui s'expriment dans ou vers le centre, se différencient en fonction des rôles respectifs que l'on souhaite voir jouer aux différents modes de transport : marche à pied, deux roues, voiture particulière, transport collectif de surface (autobus, tramway) ou souterrain (métro).

1. La consommation d'espace des différents modes de transport

Au sein d'une agglomération, les déplacements des habitants s'effectuent d'abord grâce à des espaces de circulation :

- pour les piétons : les trottoirs
- pour les deux-roues : les chaussées et pistes cyclables
- pour les automobiles : les chaussées (voirie normale et voirie rapide urbaine).
- pour les transports collectifs : les chaussées et voies spécifiques au niveau du sol ou dénivelées (en viaduc ou en tunnel).

Mais ces espaces sont insuffisants car il faut, à l'extrémité du déplacement, assurer le stationnement du véhicule utilisé et donc affecter ou créer à cet effet de nouveaux espaces.

Ainsi chaque déplacement engendre à la fois une consommation d'espace de circulation et une consommation d'espace de stationnement.

Lorsque ces consommations deviennent excessives, ce qui apparaît lorsqu'est privilégié l'usage de la voiture particulière, c'est la ville elle-même qui est alors gravement perturbée : les infrastructures de circulation créent des coupures profondes dans les tissus urbains traversés, altérant sites protégés et espaces verts ; et les parcs de stationnement stérilisent des espaces au sol très importants. Par ailleurs, les véhicules engendrent accidents, nuisances phoniques et pollution ; ils envahissent les trottoirs ; et le phénomène de congestion de la circulation apparaît sur les voies supportant les plus forts trafics pouvant conduire à la paralysie du système de transport.

On imagine facilement que ces consommations d'espace sont spécifiques à chaque mode de transport, mais il semble a priori difficile de les mesurer puisqu'il faut additionner les deux types de consommations d'espace : circulation et stationnement, c'est-à-dire pouvoir exprimer l'une et l'autre avec la même unité de mesure. En fait cette unité peut être imaginée en s'inspirant du stationnement, qui est l'utilisation temporaire d'une certaine superficie de sol viaire ou de parking : c'est le produit de l'espace consommé (en m² par exemple) par le temps pendant lequel cet espace est consommé (en heures par exemple) d'où l'unité de mesure : le m² x h.

On vérifie en effet que :

1) Consommation d'espace de stationnement, par personne et pour le mode i

$$C_{si} = \frac{S_i \times h_i}{n_i}$$

où : S_i : surface nécessaire au stationnement du véhicule (en m²)

h_i = durée du stationnement (en heures)

n_i = taux d'occupation du véhicule utilisé pour effectuer le déplacement (en nombre de personnes).

2) Consommation d'espace de circulation, par personne et pour le mode i (voir schéma).

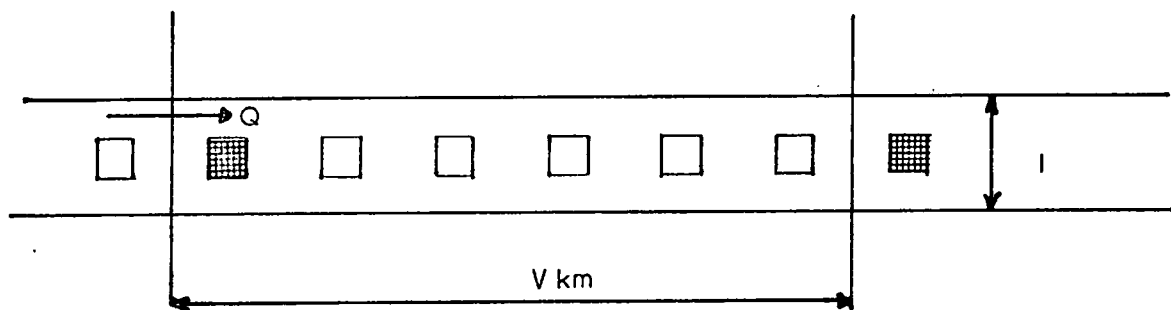
$$C_{di} = \frac{1000 \times l_i \times k}{Q_i(V) \times n_i}$$

où : l_i = largeur de la voie de circulation (en mètres)

k = longueur du déplacement (en kilomètres)

$Q_i(V)$: débit optimal de la voie de circulation pour la vitesse moyenne V (en véhicules par heure).

N_i = taux d'occupation du véhicule (en nombre de personne).



Sur cette file de circulation en largeur l , les Q véhicules ont tous parcouru V km en une heure.

La surface qu'ils ont "consommée" est : $l \times V$

La surface consommée par véhicule, pour un parcours de 1 km est donc :

$$\frac{l \times V}{Q \times V} = \frac{l}{Q}$$

Finalement, pour un parcours de k kilomètres, un véhicule consomme une surface :

$$\frac{l}{Q} \times k$$

ou $1000 \times \frac{l}{Q} \times k$ si l est exprimée en mètres.

La consommation totale d'espace par personne est donc :

$$C_i = C_{si} + C_{di} = \frac{1}{n_i} \left[S_i \times h_i + \frac{1000 \times l_i \times k}{Q_i (V)} \right]$$

La formule ainsi obtenue est simple et facile à mettre en oeuvre. Elle présente un champ d'application particulièrement fécond quand et là où il y a pénurie d'espace, c'est-à-dire durant les périodes de pointe de trafic (heures spécifiques) dans les secteurs géographiques susceptibles d'être congestionnés par suite d'une demande de transport très forte (espaces spécifiques : généralement les centres) ; il s'agit alors de pouvoir comparer la productivité des différents modes de transport vis-à-vis du critère "espace consommé" quand ceux-ci fonctionnent à leur capacité optimale.

Le calcul mené en adoptant, pour chacun des paramètres contenu dans la formule précédente, les valeurs numériques couramment observées conduit aux résultats présentés dans le tableau n° 1, où l'on distingue les principaux modes de transport : marche à pied, deux roues, automobile, autobus en voirie banale et sur voie réservée et métro.

La lecture de ce tableau appelle tout d'abord deux remarques essentielles :

- la consommation d'espace de stationnement est pratiquement nulle pour les transports collectifs puisque les véhicules sont, aux heures de pointe, constamment en mouvement si l'on excepte les courtes périodes de régulation aux terminus situés hors du centre ;
- le motif du déplacement, qui conditionne la durée du stationnement pour les automobiles et les deux roues, influence très largement la consommation totale d'espace pour ce mode de transport individuel.

Par ailleurs, on constate globalement un éventail très ouvert pour les consommations totales d'espace (de 1 à 90 m² x h). Ainsi, pour une même personne se rendant de son domicile à son lieu de travail, les consommations d'espace varient très fortement selon le mode de transport utilisé : 1 m² x h pour le métro, 2 m² x h pour la marche à pied, 21 m² x h pour le deux-roues, 90 m² x h pour l'automobile, et de 3 à 12 m² x h pour l'autobus suivant que celui-ci circule sur voirie banale ou bénéficie d'une voie réservée ; l'utilisateur de l'autobus circulant sur voirie banale consomme donc, dans cet exemple, 30 fois moins d'espace que l'automobiliste et 7 fois moins que l'utilisateur d'un deux-roues, la productivité maximum revenant au métro.

TABLEAU N° 1 - CONSOMMATION D'ESPACE PAR PERSONNE (en m² x h)
 POUR UN DEPLACEMENT D'UNE LONGUEUR DE 5 KM
 REALISE SUR UNE INFRASTRUCTURE UTILISEE A SA CAPACITE
 OPTIMALE

	Stationnement	Circulation	Consommation totale
Piéton	0,0	2,0	2,0
2 roues			
. Travail (durée 9h)	13,5	7,5	21,0
. Loisirs (durée 3h)	4,5	7,5	12,0
. Achats (durée 1,5h)	2,3	7,5	10,0
Automobile (1,25 personne/véhicule)			
. Travail (durée 9h)	72,0	18,0	90,0
. Loisirs (durée 3h)	24,0	18,0	42,0
. Achats (durée 1,5h)	12,0	18,0	30,0
Autobus (50 personnes/bus)			
. voirie banale	0	3	3
. voie réservée (60 bus/sens/heure)	0	6	6
(30 bus/sens/heure)	0	12	12
Métro (30 000 pers./sens/heure)	0	1	1

Le rôle majeur que peuvent jouer les transports collectifs et la marche à pied en milieu urbain dense est ainsi démontré, dès lors qu'il faut assurer à tous les citoyens des possibilités d'accès au centre tout en préservant la qualité de l'environnement.

Plus généralement, les résultats obtenus indiquent dans quel sens et dans quelles proportions peut ou doit s'effectuer une redistribution (ou une création) de l'espace de voirie entre ses divers utilisateurs, afin d'en assurer une productivité globale satisfaisante. En d'autres termes, le choix du dimensionnement des espaces dévolus aux différents modes de transport et donc le rôle qu'on souhaite leur attribuer dans la desserte des centres urbains sont grandement éclairés par les résultats précédents.

On peut à cet égard penser que ce concept de consommation d'espace a sous-tendu implicitement l'élaboration des politiques de gestion de la voirie mises en oeuvre dans les centres des grandes agglomérations au cours des deux dernières décennies. Ces politiques visent à peu près toutes à diminuer la consommation totale d'espace pour un déplacement effectué en automobile et à favoriser corrélativement la circulation des transports collectifs et des piétons. On peut citer :

- la tarification du stationnement sur voirie, n'autorisant de plus que le stationnement de courte durée (diminution de h_i) ;
- les mesures incitatives pour accroître le taux d'occupation des véhicules (augmentation de n_i), comme les voies réservées aux "car-pools" aux U.S.A. ;
- la réglementation de l'accès des voitures particulières au centre-ville (diminution du nombre de véhicules en stationnement, diminution indirecte de h_i) comme à Singapour ;
- la réorganisation des espaces centraux (Breme, puis Göteborg, puis Besançon...) au profit des piétons et transports collectifs de surface.

2. Le coût de l'espace consommé

Pour pallier cette carence d'espace dans les centres urbains, l'idée a prévalu un temps, en France comme dans de nombreux pays développés, qu'il suffisait de construire des espaces supplémentaires de circulation et de stationnement et qu'ainsi serait évitée la congestion des zones d'urbanisation dense. En effet le développement rapide de nouveaux procédés modernes de construction d'ouvrages l'autorisait et l'autorise désormais sans grandes restrictions techniques comme en témoignent les multiples infrastructures de transport à plusieurs niveaux tant aériens (échangeurs autoroutiers par exemple) que souterrains (lignes de métro par exemple), créés parfois dans des conditions géologiques ou d'insertion très difficiles.

Toutefois, un défaut majeur est vite apparu dans l'application généralisée d'un tel principe directeur : les coûts très élevés de la réalisation de ces infrastructures, encore augmentés par la recherche, sous la pression des riverains, d'une préservation accrue de la qualité de l'environnement par minimisation des nuisances occasionnées.

Quels coûts observe-t-on actuellement en France ?

Il faut d'abord noter que les coûts de construction varient selon le lieu, la nature et la complexité de l'opération considérée ; ils demeurent toutefois compris dans une plage plus étroite qu'on pourrait a priori l'imaginer. Il suffit, pour s'en assurer, de les rapporter à

une même unité : le m² utile de circulation ou de stationnement.

Ce coût unitaire varie alors entre 4.000 F et 40.000 F, comme le montrent les quelques exemples qui suivent.

. Coût d'une place de parking (10 m² utiles)

- en structure	40.000 F
- en souterrain	50 à 80.000 F

. Coût d'un kilomètre d'autoroute à 2 x 3 voies en banlieue parisienne (21.000 m² utiles)

100 à 800 MF

. Coût d'un kilomètre de ligne de métro (7.000 m² utiles) :

200 à 300 MF

Il n'est d'ailleurs pas inutile de remarquer que ces coûts unitaires d'infrastructure de transport sont comparables à ceux obtenus pour les logements ou les immeubles de bureaux : 6.000 F à 20.000 F le m² habitable pour un appartement neuf ou pour un m² de bureau, en région parisienne.

Si l'on évalue maintenant le coût de l'heure d'utilisation de ces infrastructures ou de ces équipements, c'est-à-dire en fait le coût du m² x h, créé, on constate qu'il reste compris entre 0,1 F et 1 F,

- pour les infrastructures de transport, sur la base d'une durée de vie infinie, d'un taux d'actualisation de 9 % et d'une utilisation à rendement optimale équivalente annuelle de 3.600 h ;

- pour les bureaux, sur la base d'une location annuelle du m² à Paris de 600 à 1.500 F et d'une utilisation annuelle de 3.000 heures.

A côté de ce marché de l'espace nouveau, se développe le "marché" de l'espace existant, essentiellement celui lié au stationnement : en effet on a vu que la rareté de l'espace en milieu urbain a conduit les autorités responsables à rendre plus rationnelle et plus efficace sur le plan économique, l'utilisation des espaces de stationnement sur voirie, grâce à la mise en place d'une tarification horaire appropriée : celle-ci exprime en quelque sorte le prix à payer pour une location temporaire d'un espace public particulièrement convoité : soit généralement aujourd'hui en France, 2 à 4 F l'heure pour une place de stationnement.

Le concept de m² x h qui a été défini pour mesurer les consommations d'espace des différents modes de transport se révèle à nouveau d'autant plus intéressant qu'on peut lui attribuer une valeur monétaire : en effet le prix de 2 à 4 F pour une heure de location d'un espace de 10 m² sur voie publique fournit le prix d'un m² x h : 0,20 à 0,40 F.

Cette valeur monétaire est ainsi d'un ordre de grandeur comparable aux valeurs homologues qui ont été obtenues dans l'estimation du coût de l'heure d'utilisation d'espaces nouveaux de circulation ou de stationnement (0,1 à 1 F).

Tout se passe donc comme si les marchés de l'espace existant et de l'espace nouveau étaient suffisamment équilibrés pour ne constituer en réalité qu'un seul marché : la voirie existante représentant une valeur semblable à celle d'une voirie équivalente qu'il faudrait créer ex nihilo.

Une valeur monétaire des consommations totales d'espace des différents modes de transport peut dans ces conditions être proposée en s'appuyant sur le prix du $m^2 \times h$ observé.

Ainsi, à partir des consommations du tableau n° 1, on peut exprimer les coûts d'utilisation, en milieu urbain dense, des infrastructures de transport, selon les modes, pour un déplacement de 5 km, qui figurent dans le tableau n° 2.

TABLEAU N° 2

Mode de transport	Coût d'utilisation
. Piéton	0,40 à 0,80 F
. 2 roues	
Motif . Travail	2 à 21 F
. Loisirs	1,20 à 12 F
. Achats	1 à 10 F
. Automobile	
Motif . Travail	9 à 90 F
. Loisirs	4 à 42 F
. Achats	3 à 30 F
. Autobus	
. Voirie banale	0,60 à 1,20 F
. Voirie réservée	
60 autobus/sens/heure	1,20 à 2,40 F
30 autobus/sens/heure	2,40 à 4,80 F
. Métro	0,80 à 1,50 F

Il est bien évident que ces valeurs numériques servent avant tout à montrer la pertinence et le caractère opérationnel du concept de $m^2 \times$ heure ; dans une situation urbaine donnée, il conviendrait de les adapter, afin d'aboutir à des plages de variation de coûts plus réduites, et donc à une appréciation plus fine des enjeux économiques liés aux différentes politiques de transport qui peuvent être imaginées.

Conclusion

Le concept de consommation d'espace permet de préciser la productivité intrinsèque des différents modes de transport en quantifiant leurs consommations respectives à l'aide d'une unité de mesure nouvelle : le $m^2 \times$ heure. Il montre ainsi que les transports collectifs et les piétons sont de très faibles consommateurs d'espace et peuvent de ce fait jouer un rôle prépondérant dans la desserte des zones urbanisées à fortes densités, où par définition l'espace est rare.

Ce concept présente aussi l'avantage de conduire à une valorisation monétaire de l'espace consommé et donc d'éclairer les enjeux économiques et financiers liés à l'utilisation des divers modes de transport.

Enfin, il permet de concevoir simplement les grandes lignes de politiques contrastées pour la desserte et l'accès aux centres urbains en identifiant les masses totales d'espace et donc les coûts globaux mis en jeu selon que l'on recherche une redistribution de l'espace entre ses différents utilisateurs ou bien une création d'espaces supplémentaires de circulation ou de stationnement.