

Calibrer l'offre et les réseaux de transport en commun

Indicateur de la qualité de service, le calcul des places kilomètres offertes permet aussi de ramener à une même base toutes les composantes de l'offre et de confronter les réseaux entre mégapoles. Comment confronter les TC à l'automobilisme croissant ?

<u>Confrontations des systèmes de transport des mégapoles.....</u>	<u>1</u>
<u>Les mégapoles face à l'automobilisation</u>	<u>2</u>
<u>Les mégapoles et leurs systèmes de transport.....</u>	<u>3</u>
<u>Les systèmes de transport en commun des mégapoles.....</u>	<u>6</u>
<u>L'utilisation des réseaux.....</u>	<u>6</u>
<u>La capacité des réseaux.....</u>	<u>7</u>
<u>Les choix de systèmes.....</u>	<u>9</u>

Confrontations des systèmes de transport des mégapoles

L'aube du XXI^e siècle nous confronte à des enjeux climatiques et énergétiques qui invitent à reconsidérer notre mobilité pour maîtriser la consommation d'énergie. La mobilité urbaine est au cœur de cette problématique. Représentant près de la moitié de la consommation d'énergie du secteur des transports, elle regorge de gisements d'efficacité énergétique.

De fait, la ville se structure autour de ses modes de transports. Évidemment, la relation entre la ville et ses systèmes de mobilité est complexe. La structure des activités dans l'espace urbain et le système de transport évoluent dans une relation symbiotique (Clark, 1957). Les systèmes de transport façonnent la ville, et la ville contraint le développement de nouveaux systèmes de transport. On ne peut donc considérer la mobilité urbaine sans prendre en compte l'organisation spatiale des activités.

La polarisation urbaine répond à un besoin –ou un désir– de proximité des différents agents de la ville. En économie, cette demande de proximité n'est considérée que par ses externalités. Ces effets externes correspondent à l'influence (non compensée par une transaction marchande) d'un agent par son acte de consommation ou de production sur un autre agent. On considère alors que la proximité est recherchée pour les externalités positives, qui constituent les forces d'agglomération.

Dans le contexte urbain, la proximité est une notion très relative, car elle dépend fortement de l'offre de transport disponible. Il a été montré que la définition de la proximité était surtout temporelle. La vitesse offerte par les modes de transport disponibles dans l'agglomération définit la proximité perçue. Les distances de déplacement n'ont finalement que peu d'importance par rapport au temps nécessaire pour les parcourir.

L'agglomération engendre également des externalités négatives, qui sont bien souvent également induites par les transports. Avec la motorisation, les agglomérations se développent selon un schéma fortement consommateur d'espace et d'énergie (Allaire, 2007). La consommation de ces deux ressources rencontre chacune des contraintes : congestion, urbanisation de terres arables et accaparement de l'espace urbain pour la première ; dépendance pétrolière, changement climatique, bruit et pollution atmosphérique pour la seconde. On pourrait autrement distinguer ces externalités négatives en : contraintes locales (congestion, bruit, pollution) ; et externalités globales (urbanisation, dépendance pétrolière et changement climatique).

Les mégapoles sont confrontées, avant les autres villes, aux contraintes locales. La polarisation des flux entraîne une saturation des réseaux, qui obligent à une planification minimale de l'offre de transport et de l'aménagement du territoire. Les systèmes de transport en commun permettent ainsi de développer une offre de transport spatialement efficace qui maintienne « l'unité spatio-temporelle » des mégapoles. Cette offre de transport, qui se combine à la « mobilité douce », est également efficace énergétiquement par rapport aux modes de transport individuel. Elle permet de structurer la ville pour développer une « mobilité soutenable ».

Dans ce document, nous tentons de confronter les situations des différentes mégapoles à travers leur offre de transport public pour envisager des éléments de réponse aux deux questions suivantes :

- ✓ Quels systèmes de mobilité se développent dans les mégapoles pour répondre à la saturation spatiale et aux enjeux de maîtrise de l'énergie ?
- ✓ De quelle offre de transport en commun disposent les villes pour faire face à la montée de la motorisation individuelle ?

Nous utilisons la base de données Mostra¹ qui requiert des approfondissements afin de permettre une analyse pointue des relations entre formes urbaines et systèmes de transport et en vue de confronter les réalités des aires urbaines à travers le monde. On tente ici de considérer l'offre de transport en commun en étudiant la capacité des réseaux en termes de « places.kilomètres offertes » par les systèmes de transport collectif –ou PKO. Cet indicateur de qualité de service permet de ramener à une même base toutes les composantes de l'offre de transport collectif.

Les mégapoles face à l'automobilisation

L'automobilisation correspond à la mise en place d'un système automobile. Selon Peter Hall (1988), le système automobile est un dispositif de production de masse mettant l'automobile à la portée des ménages moyens ; un dispositif de services qui entretient et facilite la motorisation ; un ensemble de règles et de normes codifiant l'utilisation d'automobile ; un réseau d'infrastructures et une adaptation à l'automobile des autres activités économiques et sociales. On pourrait y ajouter un imaginaire entretenu par la publicité, les courses automobiles, etc. (Dupuy, 1999). Le processus d'automobilisation des formes urbaines correspond à l'implantation du système automobile au cours du développement urbain (Allaire, 2007).

¹ Mostra – Mobilités et systèmes de transport, initiative de PMG (cf. Bilan 2005 Projet 2006, Inrets) rassemble initiatives et données contrôlées de divers horizons et sources (dont Geopolis comme principal référent démo-spatial). Elle aspire à devenir un instrument de connaissance mutualisé. Outre divers collaborateurs, le projet est mis en œuvre par Etienne Henry et une première systématisation a compté sur l'appui de Francis Kühn (notamment pour le calcul des PKO).

Selon les chiffres des constructeurs, le parc mondial a atteint 650 millions d'automobiles en 2005. Celui-ci se concentre particulièrement dans les pays de l'OCDE, mais il se développe très rapidement dans les pays connaissant une forte croissance économique. Le modèle de développement dans ces pays (Chine, Inde, Brésil, etc.) repose aussi sur le transport routier et l'automobile particulière.

D'un point de vue économique comme d'un point de vue social, l'automobile prend une place centrale dans ces sociétés en mutation. Toutefois, les conséquences du développement d'un système automobile dans les zones urbaines sont bien connues des pays de l'OCDE. Saturation de la voirie et congestion, étalement urbain, pollution de l'air, bruit, consommation d'énergie, etc., la liste des externalités négatives de l'automobilisation urbaine est longue. Elle énumère en réalité tous les symptômes de l'inadéquation entre la ville et l'automobile.

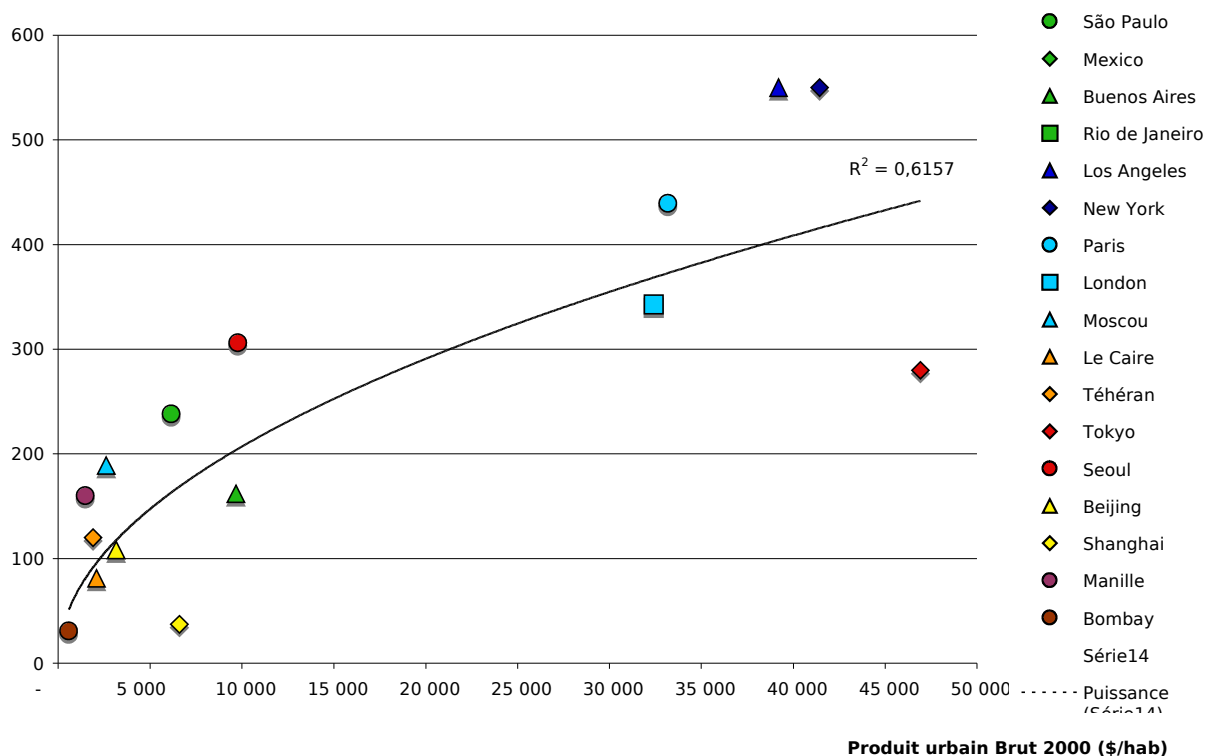
On se concentrera ici sur l'utilisation d'énergie et d'espace. Ces deux ressources sont essentielles au développement de l'automobile, mais elles tendent chacune à manquer. Concernant l'énergie, les ressources pétrolières ne sont pas illimitées et les conséquences de leur consommation sur le climat sont très préoccupantes. Quant à l'espace, des régions à forte densité de population comme l'est de la Chine ou l'ouest de l'Inde ont des contraintes naturelles au développement d'un système automobile. Mais, cette contrainte spatiale est généralement surtout ressentie au sein des villes qui concentrent les flux de mobilité quotidienne.

Les mégapoles et leurs systèmes de transport

L'urbanisation repose sur un principe de proximité, mais celle-ci dépend des systèmes de transport et des principes de localisation des activités dans l'aire urbaine. Le développement des réseaux de transport va engendrer un certain type de mobilité et une forme urbaine correspondante.

Si l'on regarde la situation dans les mégapoles des pays en développement, la plupart se trouvent au seuil d'un processus de motorisation de masse (Figure 1). Le passage d'un niveau de PIB équivalent à 5 000 US\$ / habitant se traduit généralement par un point d'inflexion dans le processus de motorisation nationale. Comment ces agglomérations réagissent ? Vont-elles suivre la voie tracée par les grandes agglomérations occidentales, ou bien peuvent-elles s'affranchir de l'automobile ?

Figure 1 - Développement économique et motorisation des mégapoles



Les mégapoles du Sud sont dans des configurations spécifiques. Contrairement à celles du Nord, elles connaissent une motorisation rapide sans avoir développé un système de transport en commun ferroviaire. Les agglomérations sont généralement plus denses et elles subissent un fort niveau de congestion pour un taux de motorisation plus faible que leurs homologues du Nord. Enfin, le contexte énergétique est également très différent de celui qu'ont connu les pays occidentaux au cours de leur motorisation de masse.

L'automobilisation des villes conduit à une augmentation du taux de motorisation, une augmentation du réseau routier et une transformation de la forme urbaine. Dans le Tableau 1 qui présente les différentes mégapoles considérées dans l'ordre démographique décroissant, nous proposons deux indicateurs de densité. La densité de population apporte une première indication sur la forme urbaine, tandis que la densité des réseaux (routier et ferroviaire) nous informe sur le maillage de l'aire urbaine des différents systèmes de transport.

Tableau 1 - Les mégapoles considérées

Aire Métropolitaine (définition Geopolis)	Population en 2005 (millions d'habitants)	Superficie (km ²)	Densité de population (habitants / km ²)	Densité du réseau routier (mètres de route / km ²)	Densité du réseau ferroviaire urbain et suburbain (mètres de rail / km ²)
Tokyo	31,1	7 394	4 206	6 762	574
New York	27,9	49 051	569	-	54
Séoul	22,4	5 606	3 996	3 978	103
Mexico	20,9	5 789	3 610	1 762	37
Manille	18,9	3 469	5 448	-	32
São Paulo	18,2	7 775	2 341	4 613	40
Bombay (Mumbai)	18,1	689	26 270	2 819	441
Los Angeles	14,4	18 193	792	-	52
Shanghai	14,3	2 720	5 257	4 054	133
Le Caire	12,5	481	25 988	-	559
Moskva (Moscou)	12,3	2 000	6 150	2 314	738
Rio de Janeiro	11,6	6 344	1 828	529	50
Buenos Aires	11,6	2 353	4 930	1 998	372
Téhéran	10,4	1 000	10 400	14 676	90
Paris	9,9	3 158	3 135	6 959	538
Beijing (Pékin)	9,8	2 277	4 304	3 286	50
London (Londres)	9,3	3 135	2 967	4 643	-

En comparant les densités de population et de réseau routier, on peut constater le niveau de développement du système automobile et de son impact sur l'étalement de l'aire urbaine. Dans la liste des 17 mégapoles sélectionnées, on peut considérer deux groupes de villes :

- les villes à un stade d'automobilisation avancée (Paris, Londres, Tokyo, São Paulo, Téhéran, sans oublier New York, et Los Angeles) comptabilisent plus de mètres de route que d'habitants par km².
- les villes à un stade d'automobilisation liminaire ou intermédiaire (Mexico, Bombay, Shanghai, Moscou, Rio de Janeiro, Buenos Aires, Beijing, Séoul) comptabilisent plus d'habitants que de mètres de route par km².
- On peut également évaluer la couverture de l'aire urbaine par le réseau de rail urbain et suburbain. Deux groupes de mégapoles se distinguent :
 - le premier relativement bien irrigué (Moscou, Tokyo, Le Caire, Paris, Bombay, Buenos Aires et Londres²) dont la densité est comprise entre 300 et 800 mètres de rail par km².
 - le second beaucoup moins irrigué a une densité de réseau ferroviaire entre 30 et 150 m de rail par km².

Évidemment, les aires urbaines d'une faible superficie et d'une forte densité, telles que Bombay où même Le Caire, apparaissent bien dotées en infrastructures sans

² Nous n'avons pas affiché les résultats pour Londres. Il est nécessaire de mieux définir le périmètre de transport par rapport à l'aire urbaine considérée.

disposer, pour autant, d'un réseau conséquent. De manière générale, on constate que les mégapoles du nord apparaissent bien dotées en infrastructures ; sauf pour le rail dans les mégapoles d'Amérique du Nord, dont la superficie est très étendue.

La comparaison des densités de réseau nous permet de considérer le niveau de maillage des aires urbaines et leur développement potentiel. On constate que le besoin d'infrastructures pour irriguer une population équivalente peut varier fortement selon les formes urbaines des mégapoles.

Ainsi, on pourrait dire que les modèles occidentaux et orientaux s'opposent.

En termes d'aire urbaine, Shanghai est neuf fois plus petite que Los Angeles et Tokyo sept fois plus que New York.

Les mégapoles asiatiques peuvent ainsi mailler leur territoire et irriguer une population équivalente avec un réseau beaucoup moins conséquent. La densité de rail urbain à Shanghai est presque trois fois plus importante qu'à Los Angeles, alors que le réseau en lui-même est trois fois moindre.

La densité est un atout considérable pour le développement de réseau de transport en commun car elle garantit une certaine accessibilité au réseau. En revanche, la densité pénalise l'automobile qui a besoin d'espace pour circuler. Au cours du XX^e siècle, dans les villes occidentales, le système automobile s'est fait de la place en étalant les aires urbaines et en modifiant l'organisation spatiale et sociale des activités. C'est ce qu'on peut appeler la dilatation de la forme urbaine.

L'implantation d'un système automobile a ainsi tellement modifié la ville qu'elle a rendu les autres modes de transport inadaptés aux besoins de mobilité pour la majeure partie de la population.

C'est sur cette base que depuis la fin des années 1980, on trouve tout un courant d'urbanisme qui prône la ville dense pour réduire la place de la voiture en ville, raccourcir les distances parcourues et transférer la mobilité vers les transports en commun et les modes doux.

Les systèmes de transport en commun des mégapoles

Entre les mégapoles, les différences sont importantes du point de vue de la mobilité en transport en commun. Les transports collectifs se sont développés autour de différents types d'infrastructures et de véhicules : le rail suburbain, le métro, le LRT (Light Rail Transit) ou le tramway d'un côté et le bus, le trolley bus, les minibus d'un autre côté³.

L'utilisation des réseaux

Parmi les données les plus facilement disponibles, on trouve le nombre de passagers transportés par an sur les différents réseaux. La Figure 2 donne un aperçu de l'usage des réseaux de transport dans les différentes mégapoles considérées.

Dans un premier temps on constate que Tokyo totalise le plus grand nombre de passagers transportés (quinze milliards de trajets). Cela représente près de 500 voyages par an et par personne de l'agglomération.

Toutefois, rapporté au nombre d'habitants, Moscou présente la plus forte fréquentation des réseaux de transport collectif (650 trajets par an et par habitant)

³ Le BRT (Bus Rapid Transit) n'est pour l'instant pas différencié des autres systèmes de transport en commun routier dans notre analyse.

Ensuite Séoul, São Paulo, Bombay, Shanghai, Paris, Beijing et Londres présentent un nombre de trajets en transport collectif équivalent (se situant dans une fourchette entre trois et cinq milliards de trajets par an).

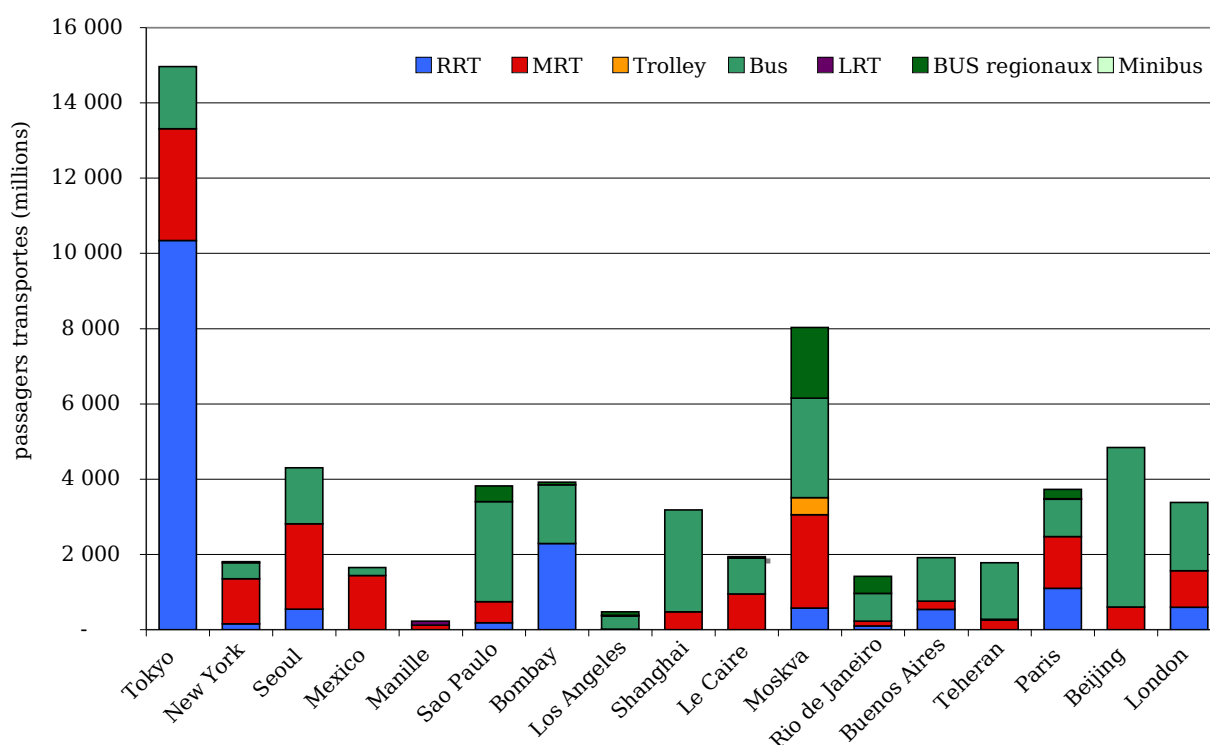
Toutefois, ces villes présentent des profils très différents selon les types de réseaux utilisés. Ainsi pour des agglomérations de taille démographique équivalente, telles que Séoul, Bombay et São Paulo, et une on constate, même si la quantité de déplacement est approximativement la même que la répartition entre les réseaux est très différente.

La moitié des usagers des transports en commun de Séoul se déplace en métro, à Bombay, les trains suburbains représentent le premier mode de déplacement tandis que le transport collectif de São Paulo repose principalement sur le bus.

De la même manière, si l'on compare les mégapoles de Paris, Londres et Beijing, on voit dans un premier temps des écarts de mobilité en transport collectif. Beijing a une mobilité un tiers plus élevée que celle de Paris, probablement du fait de la moindre motorisation de la capitale chinoise et du faible coût des autobus.

L'autobus représente en effet 87 % de la mobilité en transport collectif à Beijing. A Paris, la répartition des trajets se distribuent en trois tiers : métro, train suburbain et autobus. En revanche à Londres le rail est moins présent et le bus est le mode le plus utilisé.

Figure 2 - **Passagers transportés sur les différents réseaux (2005)**



Nota Bene : certaines données ne sont pas disponibles (Bus : Manille, Los Angeles ; Bus régionaux : idem + Londres, Tokyo, Shanghai, Téhéran, Mexico).

La capacité des réseaux

La base de données Mostra doit servir à confronter les réseaux de transport des mégapoles en utilisant un indicateur de capacité : les places offertes par kilomètres (PKO). En considérant ce dénominateur commun à tout type de système

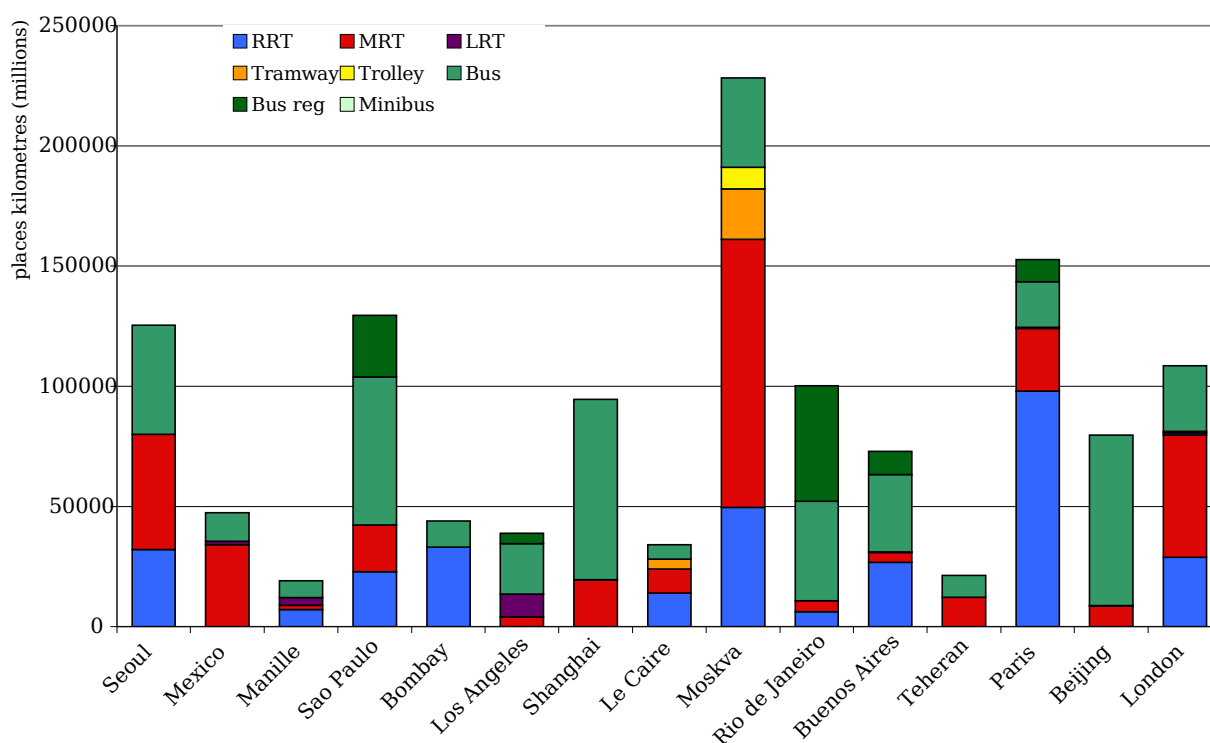
de transport, on peut confronter les systèmes globaux de mobilité des mégapoles par rapport à leur capacité de service.

Nous avons tenté de paramétrer les PKO pour les agglomérations présentées dans cet article. Là encore, nous nous devons d'être extrêmement prudents quant aux chiffres proposés. Ils méritent d'être confirmés par des spécialistes des villes présentées et nous invitons le lecteur bien informé à contribuer à cet exercice.

Comme premier résultat, nous pouvons dire que Séoul et São Paulo disposent de réseaux de transport équivalent en terme de PKO, toutefois, le réseau de Séoul s'appuie beaucoup plus sur du rail. C'est également le cas de Buenos Aires par rapport à Rio de Janeiro. Notons que la capitale argentine dispose d'une offre de transport un tiers moins importante.

On constate également que les agglomérations de Mexico, Manille, Bombay, Los Angeles, Le Caire et Téhéran disposent de réseaux beaucoup plus restreints que les autres mégapoles.

Figure 3 - **Capacités des réseaux de transport en commun**



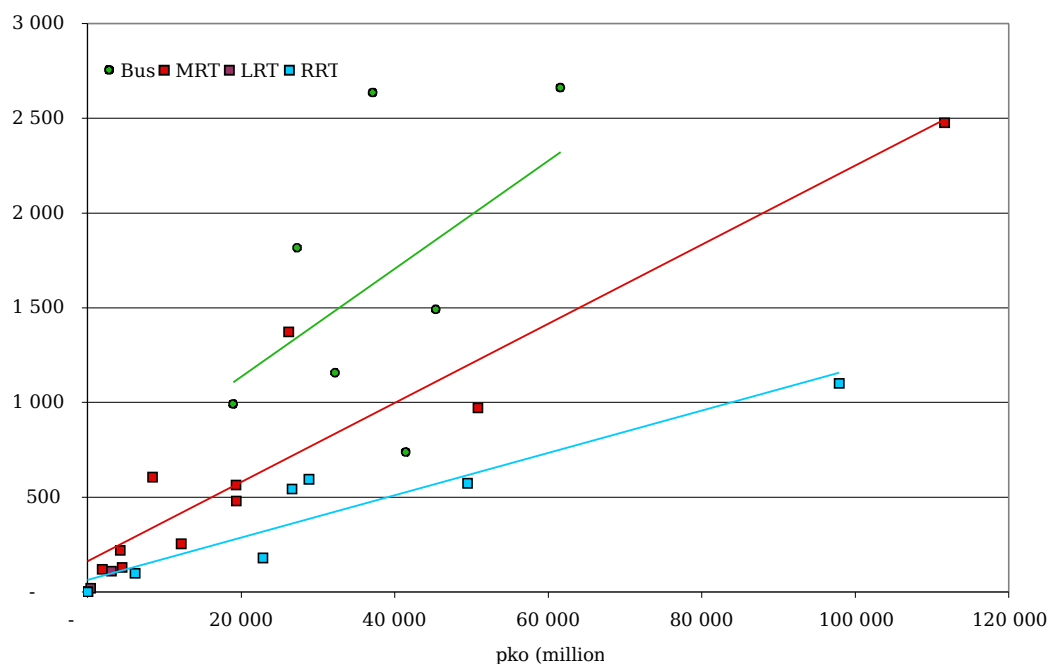
Observation : Tokyo et New York n'apparaissent pas sur ce graphique car les ordres de grandeur étaient très différentes : Tokyo totalise plus de 700 milliards de PKO.

Sur la Figure 4, nous proposons une lecture des réseaux en fonction des places offertes et des passagers transportés. Ce graphique présente la hiérarchie des réseaux sous un autre angle. Ainsi, nous constatons que l'usage des réseaux est inversement proportionnel à leur potentiel.

Ainsi, pour un nombre de places offertes équivalent à quarante milliards par an, le rail suburbain va transporté 500 millions de personnes, le métro, un milliard et l'autobus 1,750 milliard.

Plus un réseau est lourd et plus son coefficient de remplissage est faible.

Figure 4 - **Offre de service et usage des réseaux**



Les réseaux de transport s'additionnent et se conjuguent pour répondre à la demande de mobilité. Toutefois, le développement de l'automobile pénalise les autres modes de transport. Les deux principales raisons sont : la congestion qui réduit la vitesse de circulation des bus et l'augmentation des distances par la relocalisation des activités urbaines autour d'un schéma de transport donnant une large place à l'automobile. Mais on peut également citer les effets de coupures et la perte de sécurité sur la rue pour les modes doux.

Les choix de systèmes

Dans les phases liminaires ou intermédiaire de motorisation, la manière dont les pouvoirs publics répondent à la congestion peut fortement accélérer le processus d'automobilisation.

Etant donnée la relation entre la consommation d'espace et la consommation d'énergie par les différents modes de transports urbains, il est évident que les choix conduisent à une dépendance énergétique plus ou moins forte.

L'augmentation du parc automobile entraîne une congestion de la voirie. Pour freiner la spirale de la congestion et de la motorisation, A. Bonnafous (1996) considère trois types de réponses possibles par les pouvoirs publics :

- a) Répartir la voirie entre les modes : c'est-à-dire modifier les termes de la compétition pour l'usage de la voirie entre les modes concurrents. En dédiant des voies de circulation aux autobus ou en réduisant les vitesses de circulation automobile (zone 30), la vitesse des transports en commun peut passer au-dessus de celle des automobiles. L'enjeu est alors de ne pas réduire la vitesse moyenne des déplacements.
- b) Transformer les prix relatifs des différents systèmes de transport pour provoquer un transfert modal de la voiture vers l'autobus : stationnement payant, péage urbain, etc.
- c) Ajouter des voies de circulation supplémentaires : cette solution permet d'augmenter à la fois la vitesse des transports en commun et celle des voitures. Les pouvoirs publics peuvent choisir le système de transport qu'ils

souhaitent privilégier. Les politiques « pro-automobiles » vont se traduire en une construction de nouvelles routes et l'élargissement des artères en centre ville pour permettre de fluidifier le trafic⁴. Les politiques « pro-transport en commun » vont préférer la construction d'un métro en sous-sol.

Les deux premières solutions sont les seules réponses économiques à la gestion d'une ressource rare : régulation par la file d'attente ou régulation par les prix. Mais elles ne sont pas parétiennes et les politiques ont du mal à les adopter. L'autobus à haut niveau de service ou BRT a toutefois redonné de la crédibilité à la première option. Les différents systèmes réalisés à travers le monde ont montré des résultats très positifs à un système dédiant une partie de l'espace de voirie au transport en commun. Les politiques tarifaires ont également fait leur preuve dans les villes d'Asie (Hong Kong, Shanghai, etc.), et en termes de péages urbains, Londres a ouvert une voie aux autres mégapoles.

Dans le troisième cas, il s'agit d'agrandir la ressource rare pour qu'un usager ne voie sa situation se dégrader. C'est la solution la plus coûteuse et la prise en compte du contribuable peut conduire à considérer ce choix comme non parétien.

Si la troisième solution est retenue dans le cadre politiques « pro-automobiles », les pouvoirs publics ne font que reporter le problème dans le temps. La conjecture de Morigridge (1980) constate que « toute infrastructure routière supplémentaire a vocation à être encombrée ». L'augmentation du nombre de véhicules et des distances parcourues entraînera peu de temps après à nouveau une saturation de la voirie.

Si l'option du métro est préférée, elle laisse toujours l'automobile se développer en surface. Ce type de politique mène à un développement parallèle de deux systèmes de transport. D'un côté, l'automobile en surface qui bénéficie des investissements privés dans les véhicules et qui appellent à de l'investissement public dans les infrastructures. De l'autre côté, le transport en commun est financé par des fonds public et peut devenir très coûteux pour la collectivité, comme le montre l'expérience de beaucoup de villes du Nord. Avec le temps, la dilatation de la ville et l'augmentation des distances ont raison du système de métro qui demeure très centralisé. Les déplacements automobiles se développent dans la périphérie.

Quelles options peuvent choisir les villes en phase d'automobilisation liminaire ou intermédiaire ? Pour maîtriser la consommation d'énergie dans la mobilité et lutter contre la congestion, il est important de contraindre le processus de motorisation en utilisant tous les moyens possibles : répartir la voirie entre les modes et décourager la propriété et l'usage de l'automobile par la fiscalité. Pour maintenir une offre de mobilité répondant à la demande croissante, il est nécessaire de développer des réseaux de transport en commun qui structurent la forme urbaine et permettent une mobilité longue distance qui garantie l'unité du marché du travail de la mégapole.

Quelles conclusions tirées de ces premières comparaisons ? Ces comparaisons sont des premiers résultats qui nous encourage à affiner les données et poursuivre les recherches concernant la comparaison des systèmes de transport et des mégapoles. Bien sûr, il reste beaucoup à faire pour mieux comprendre les différentes offres de transport en commun, pour étudier la demande de mobilité, le développement des modes de transport individuel et l'évolution du bâti. De manière générale, la base de donnée Mostra fournit des données qui pourraient

⁴ Ces solutions ont été en vogue en Chine au cours des années 1990 et encore maintenant. Les autorités ont construit de larges routes ou des autoroutes surélevées en centre-ville.

être chronologiques en vue d'étudier le rythme de développement des réseaux de transport et de la motorisation. Les résultats peuvent être très intéressants pour comprendre le phénomène des mégapoles et favoriser leur développement durable.