

# Les transports collectifs : aspects techniques et économiques

Daniel SUTTON, ingénieur général, adjoint au directeur des Etudes générales, RATP

La présente communication se situe assez nettement en dehors du champ des autres communications du colloque car elle ne traite pas d'un mode de transport particulier. Mais elle constitue, d'une certaine manière, une articulation entre la séance consacrée au tramway et les deux séances consacrées au trolleybus et à l'autobus. En effet, à partir de quelques tableaux et de quelques graphiques résultant d'études faites à la RATP (1), elle essaie de comparer entre eux les différents modes de transports urbains au regard des quatre critères essentiels que sont la consommation d'espace, de temps, d'énergie et les coûts. Bien entendu ces critères ne sont pas les seuls à prendre en compte — je ne citerai, pour mémoire, que les nuisances, les pollutions, la coupure des tissus urbains — et je ne prétends pas guider par les quelques considérations qui suivent des choix qui sont, en dernier ressort, politiques. J'ai cependant l'espoir d'éclairer les décisions et d'aider à la prise de conscience des vrais problèmes.

## La consommation d'espace

La consommation d'espace de chaque mode peut s'évaluer en capacité horaire — i.e. en débit maximum — dans une emprise de 3 à 4 mètres de large. C'est sous cette forme qu'elle est représentée sur la planche 1 qui a été complétée par la référence à la voiture particulière, avec un coefficient de charge optimiste. La planche 2 introduit un raffinement de cette comparaison en supposant que puissent exister des sites propres à deux voies par sens et en prenant en compte le fait que la vitesse et la régularité diminuent quand le débit augmente.

Dans ces deux planches, comme dans les suivantes, les capacités indiquées sont fortes et peuvent paraître excessives. Il faut noter à ce propos que l'on s'est placé aux limites des possibilités techniques.

Mais il est plus suggestif de représenter directement la consommation d'espace des différents modes pour un débit donné. C'est ce que font les planches 3 et 4 qui ne représentent pas, contrairement aux apparences, des situations fictives; qu'on se rappelle seulement les autoroutes urbaines de Los Angeles, Chicago, Mexico, etc.

Enfin, la consommation d'espace doit aussi faire intervenir la durée pendant laquelle l'espace est occupé. Ceci conduit à la notion d'espace  $\times$  temps qui a permis de construire les planches n° 5 et n° 6. Pour les déplacements par un mode individuel, l'espace utilisé pendant le déplacement du véhi-

(1) Références : — «Les projets de réseaux de surface en site propre» par MM. SAVARY, VIVIER, et HUGONNARD dans le Bulletin de documentation et d'information de la RATP; juillet-août-septembre 1980.

— «Quels transports urbains en site propre pour les pays en voie de développement ?» par Francis GUITTONNEAU, dans la revue «Transports»; avril-mai 1981.

Planche n° 1 : Capacités horaires par sens des principaux modes de transport collectif en site propre.

|   | CAPACITÉ UNITAIRE<br>(NOMBRE DU VÉHICULE)<br>Charge à la pointe | CAPACITÉ HOORAIRE<br>PAR SENS PAR VOIE | LARGEUR DE<br>L'EMPRISE |
|---|---|--|-------------------------|
| Voiture particulière  | 1,5   | 1500                                   | 3,0 m                   |
| Autobus ou trolleybus<br>en site propre au sol  | Standard  | 80                                     | 3,5 m                   |
|   | Articulé  | 140                                    | 3,5 m                   |
| Tramway en site propre au sol<br>(gabarit de 2,3 m - rame de 2 éléments de 2 caisses) | 350   | 16000                                  | 3,0 m                   |
| Val (gabarit de 2,05 m - rame de 2 voitures)  | 124   | 6000 à 15000                           | 2,75 m                  |
| Métro léger (gabarit 2,6 m)   | 500   | 15000 à 30000                          | 3,4 m                   |
| Métro urbain classique<br>(gabarit moyen 2,4 à 2,6 m)                                 | 1100  | 30000 à 40000                          | 3,4 m                   |
| Chemin de fer (RER ou SNCF)<br>(grand gabarit)  | 2000  | 50000 à 80000                          | 4,2 m                   |

Planche n° 2 : Capacité horaire par sens des systèmes en site propre.

| TYPE DE VÉHICULE                              | Capacité<br>des<br>véhicules | Excellente vitesse<br>et régularité<br>(Priorité aux feux) |                     | Vitesse<br>et régularité<br>convenables |                     | Cas limite<br>Vitesse<br>et régularité<br>très diminuées |                     |
|---|------------------------------|--|---------------------|---|---------------------|--|---------------------|
|   |                              | 1 voie<br>par sens   | 2 voies<br>par sens | 1 voie<br>par sens                      | 2 voies<br>par sens | 1 voie<br>par sens                                       | 2 voies<br>par sens |
| AUTOBUS STANDARD<br>ou<br>TROLLEYBUS ARTICULÉ | 80<br>140                    | 2 400<br>4 200   | 6 000<br>10 500     | 4 800<br>8 400                          | 12 000<br>21 000    | 9 600<br>15 000  | 24 000<br>35 000    |
| TRAMWAY                                       | 350                          | 10 500   |                     | 21 000                                  |                     | 30 000   |                     |
| MÉTRO LÉGER                                   | 700                          | 28 000   |                     |   |                     |  |                     |
| MÉTRO   | 1200                         | 48 000   |                     |   |                     |  |                     |

Planche n° 3 : Emprises globales des principaux systèmes de transport pour une capacité horaire de 30 000 personnes par sens à l'heure de pointe.

|                              | Caractéristiques<br>du trafic                                  | Nb. de voie<br>(par sens) | Emprise totale<br>(2 sens) |                                    |
|------------------------------|--|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| VP                           | 1000 véh./voies/heure<br>1,5 personne/véhicule<br>3 m par voie | 20                        | 120 m                      | Système<br>au niveau<br>du sol     |
| Autobus<br>ou<br>Trolleybus  | 1 mn d'intervalle<br>80 personnes/véhicule<br>3,5 m par voie   | 6                         | 42 m                       |                                    |
| Tramway                      | 1,5 mn d'intervalle<br>350 personnes/rame<br>3 m par voie      | 2                         | 12 m                       |                                    |
| Métro<br>ou<br>Chemin de fer | 2 mn d'intervalle<br>1000 personnes/train<br>4 m par voie      | 1                         | 8 m                        | Système<br>souterrain<br>ou aérien |

cule doit être complété par une consommation d'espace de longue durée pendant le stationnement. Par contre, pour un déplacement par autobus l'espace viaire consommé à l'arrêt est très faible. Quelques hypothèses simplificatrices ont permis de faire les calculs simples établissant les résultats du tableau. On notera que les surfaces sont rapportées à un seul passager compte tenu du taux d'occupation moyen des véhicules et que l'autobus n'a pas été favorisé. Ces résultats font apparaître que l'autobus consomme entre 20 et 50 fois moins d'espace  $\times$  temps que la voiture particulière. Ce petit exercice a permis de quantifier un peu un phénomène déjà justement apprécié par le simple bon sens et, si je peux hasarder une opinion, ceci montre que dans un secteur très dense d'une agglomération on peut tolérer un stationnement à rotation rapide des voitures particulières, mais qu'on devrait, à quelques exceptions près, bannir le stationnement de longue durée sur voirie pendant les périodes de fort trafic.

## La consommation de temps

Un aspect de la consommation du temps est donné par le graphique de la planche n° 7 qui représente comment évolue la vitesse en fonction des distances entre arrêt sur des sites propres par autobus. Sur le même graphique sont portés, à titre de comparaison les points (vitesse commerciale/distance entre arrêt) relatifs au RER, au métro et à l'autobus dans Paris et en banlieue. On remarque que le RER-ligne A (48,1 km/h, 2 061 m) et le métro (23,7 km/h, 543 m) sont situés au voisinage de la courbe. On peut en conclure que les choix entre ces modes de transport n'interviendront pas en raison des avantages relatifs au regard de la durée du déplacement.

Par contre, au moins dans le cas de Paris, on note un réel avantage du site propre pour les autobus. En effet, pour la pointe du soir, les points représentatifs sont nettement en contrebas de la courbe pour l'autobus de banlieue (13,8 km/h, 420 m) et, surtout, pour l'autobus de Paris (9,9 km/h, 321 m).

Planche n° 6 : Consommation d'espace-temps : comparaison modes individuels autobus (parcours 4 km).

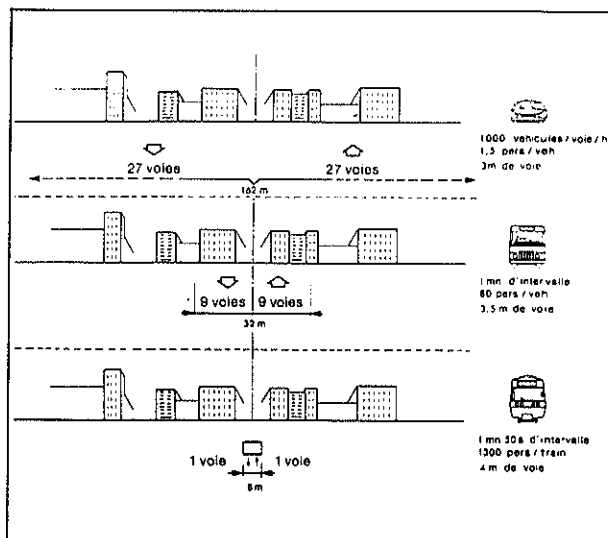
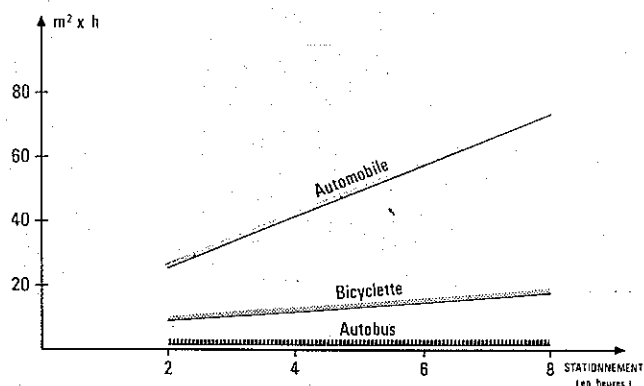
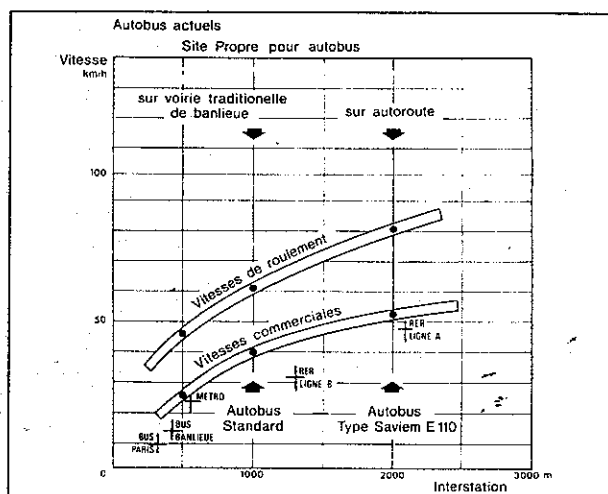


Planche n° 4 : Consommation d'espace pour trois systèmes de transport (capacité horaire 40 000 personnes/sens en heure de pointe).

| VITESSE | MODE DE DEPLACEMENT  | DUREE DU STATIONNEMENT |        |          |        |          |        |
|---------|----------------------|------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|
|         |                      | 2 heures               |        | 4 heures |        | 8 heures |        |
|         |                      | Temps                  | m² x h | Temps    | m² x h | Temps    | m² x h |
| 12 Km/h | BICYCLETTE           |                        |        |          |        |          |        |
|         | • Trajet             | 1/3                    | 6      | 1/3      | 6      | 1/3      | 6      |
|         | • Station            | 2                      | 3      | 4        | 6      | 8        | 12     |
|         | TOTAL                | 2 + 1/3                | 9      | 4 + 1/3  | 12     | 8 + 1/3  | 18     |
| 40 Km/h | VOITURE PARTICULIERE |                        |        |          |        |          |        |
|         | • Trajet             | 1/10                   | 9,6    | 1/10     | 9,6    | 1/10     | 9,6    |
|         | • Station            | 2                      | 16     | 4        | 32     | 8        | 64     |
|         | TOTAL                | 2 + 1/10               | 25,6   | 4 + 1/10 | 41,6   | 8 + 1/10 | 73,6   |
| 15 Km/h | AUTOBUS              |                        |        |          |        |          |        |
|         | • Trajet             | 4/15                   | 1,2    | 4/15     | 1,2    | 4/15     | 1,2    |
|         | • Station            | 1/10                   | 0,10   | 1/10     | 0,10   | 1/10     | 0,10   |
|         | TOTAL                | 11/30                  | 1,30   | 11/30    | 1,30   | 11/30    | 1,30   |

Planche n° 5 : Consommation d'espace-temps : comparaison entre modes individuels et l'autobus sur un parcours de 4 km.

Planche n° 7 : Cohérence vitesse-interstation pour l'autobus.



Mais ce graphique rend compte de façon tout à fait insuffisante des phénomènes relatifs à la consommation du temps. D'autres approches plus

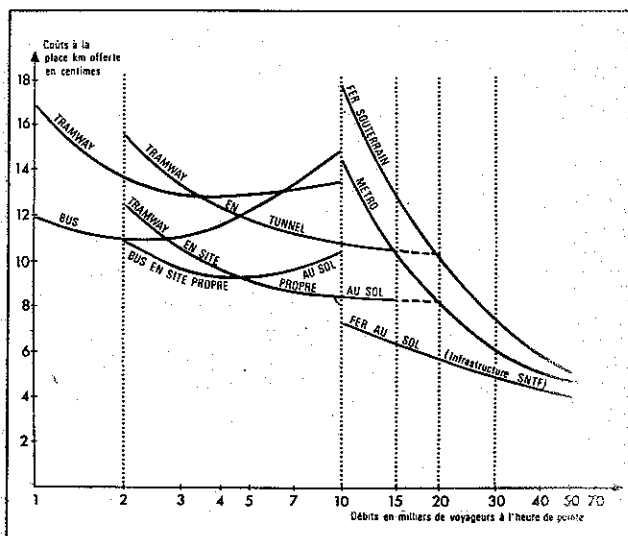
|                               |  |                           |
|-------------------------------|--|---------------------------|
| Deux roues                    | Cylindrée inférieure à 50 cm <sup>3</sup><br>Cylindrée supérieure à 50 cm <sup>3</sup> | 9 à 22 GEP<br>18 à 20 GEP |
| Voiture particulière          |  | 60 à 90 GEP               |
| Autobus                       |  | 20 GEP                    |
| Tramway                       |  | 15 à 30 GEP               |
| Métro                         |  | 23,6 GEP<br>(32 GEP)*     |
| Réseau Express Régional (RER) |  | 23 GEP<br>(30 GEP)*       |
| SNCF banlieue                 |  | 20 GEP                    |

Planche n° 8 : Consommations énergétiques par voyageur x km en GEP (grammes équivalent pétrole) - moyenne journalière y compris l'éclairage et les équipements électromécaniques (ventilateurs, escaliers, etc.).

| TYPE                          | COUTS DES INFRASTRUCTURES par kilomètre de voie double |                        | COUTS DU MATERIEL ROULANT par élément |                          |                  |  |
|-------------------------------|--|------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|--|
|                               | Au sol   |                        | Capacité unitaire                     | Coûts                    | Durée de vie     |  |
|                               | Sans expropriation                                     | Avec expropriation     |                                       |                          |                  |  |
| Autobus ou Trolleybus         | Standard<br>10 à 15 MF                                 | Articulé<br>20 à 35 MF | 80<br>140                             | 0,4<br>0,5<br>0,7<br>0,9 | 17 ans<br>15 ans |  |
| Tramway                       | 15 à 25 MF   | 25 à 45 MF             | 350<br>(zone de 2 artères simples)    | 8,0                      | 25 ans           |  |
| Voie                          | En souterrain<br>100 à 200 MF                          |                        | 124                                   | 6,0                      | 25 ans           |  |
| Métro léger                   | 80 à 150 MF  |                        | 500                                   |                          | 25 ans           |  |
| Métro urbain classique        | 100 à 200 MF   |                        | 1100<br>(6 voitures)                  | 20                       | 30 ans           |  |
| Chemin de fer (grand gabarit) | 120 à 350 MF   |                        | 2000<br>(10 voitures)                 | 30,0                     | 35 ans           |  |

Planche n° 9 : Coûts des systèmes en site propre (en France, au 1/1/81 en millions de francs).

Planche n° 10 : Comparaisons économiques des systèmes de transport collectif.



globales sont nécessaires. Par exemple, on peut essayer d'estimer le temps gagné par l'ensemble des personnes qui se déplacent, dans l'hypothèse d'une limitation de la circulation automobile, limitation indispensable pour supprimer la congestion de la voirie. Des scénarios, construits pour y voir clair dans ce problème, ont montré que l'enjeu est considérable. Le solde positif peut dépasser 100 millions d'heures par an, mais il y aurait quelques perdants en temps, sinon en coût, (une partie des automobilistes qui serait transférée sur les transports collectifs) et d'autres enjeux interviennent : industriels, politiques, psychologiques, etc.

## La consommation en énergie

La planche 8 donne les consommations unitaires par voyageur x km transporté des principaux modes motorisés pour les déplacements urbains, compte tenu des taux de remplissage constatés dans l'agglomération parisienne. On y voit que, à l'exception du cyclomoteur, l'autobus est le mieux placé de ce point de vue avec la SNCF banlieue. Les disparités peuvent s'expliquer par le taux de remplissage, les distances entre arrêts, la vétusté du matériel ou, au contraire, son aptitude à économiser l'énergie, etc.

Bien entendu les performances des transports collectifs seraient améliorées, singulièrement celles de l'autobus, s'il y avait un transfert partiel de la voiture particulière vers les transports collectifs, grâce à de meilleurs taux de remplissage et, pour l'autobus, grâce à la diminution du nombre d'arrêts pénalisants dus à la congestion de la voirie.

Un scénario fait à la RATP a montré que, dans certaines conditions, un transfert de 6 % des déplacements en voiture particulière, les jours ouvrables, dans l'ensemble de l'agglomération parisienne, ferait économiser globalement 200 000 tonnes d'équivalent pétrole, soit presque les deux tiers de la consommation de la RATP.

## Les coûts

La planche 9 donne, de façon regroupée, quelques éléments de coût de quelques modes de transports collectifs à partir desquels on peut évaluer globalement le montant des investissements d'un projet.

Pour déterminer l'économie générale du projet il est, bien sûr, indispensable de faire intervenir de nombreux autres éléments : charges d'exploitation, charges d'entretien, trafic, etc.

Je me contenterai ici d'illustrer ce propos par l'abaque de la planche 10, établie dans un cas particulier (celui d'Alger), qui permet de comparer plusieurs solutions types sur le critère «coût à la place x km offerte en fonction du débit».

Il faudrait se garder de tirer de cette abaque des conclusions universelles car chaque ville a ses caractéristiques propres et les calculs devraient être refaits dans chaque cas. Toutefois l'allure générale des courbes et leurs positions relatives restent valables. On note en particulier que, pour chaque mode, même en site propre, au-delà d'un certain débit, le coût à la place x km augmente car l'augmentation du débit et le maintien de la régularité ne peuvent être obtenus qu'au prix d'une diminution de la vitesse, donc d'un accroissement des dépenses en matériel roulant et en personnel de conduite.

