

**TRANSPORTS URBAINS**  
**DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT**  
**CODATU V - SAO PAULO - 24 au 28 Septembre 1990**

F. Kühn INRETS – CRESTA 90. 151 Ed.2

-----  
**TRANSPORT DE MASSE : EVALUATION ET IMPACTS**  
-----

La cinquième conférence CODATU s'est déroulée à SAO PAULO durant cinq jours, de nombreux ateliers ont présenté les différents aspects des transports urbains dans les pays en développement, nous résumons ici les différents thèmes abordés dans l'atelier: " Transport de masse: évaluations et impacts ".

Les neuf thèmes de cet atelier dont le rapporteur était Mr R. GAKENHEIMER sont:

- A strategic model appraisal in developing countries, présenté par MM J.M. THOMSON et R.J. ALLPORT.

- Les atouts des métros légers dans une politique de développement des transports collectifs: critères de choix techniques et financiers, présenté par Mme C. BARBIEUX et Mr F. KUHN.

- Etudes comparées d'impact de différentes technologies de transport, présenté par MM C.D. NASSI, D.B. PINHEIRO MACHADO, L.A. LINDAU et R.D. ORRICO FILHO.

- L'utilisation des emprises ferroviaires pour l'organisation des dessertes urbaines, présenté par Mr J.C. HUGONNARD.

- Desenvolvimento tecnologico no Metrô de São Paulo, présenté par Mr C.J. RUMAN.

- Experiencia de la planificacion del Metro de México, présenté par Mme S. LISZT.

- Employment effects of investments in Urban Transport, présenté par MM H. BAUM et G. PFAU.

- Impacto esperado de la extension de la linea D de subte en Buenos Aires, présenté par Mmes P. BRENNAN et H.O. VICENTE.

- Mass rapid transport system for Delhi, présenté par Mr B.I. SIGAL.

Durant cet atelier les différents débats cherchent à montrer dans quelles conditions un métro peut être financièrement viable ou si des solutions moins chères, offrant de grandes capacités de transport sur des axes lourds, telles que des systèmes plus légers représentés par le métro léger, le trolleybus et l'autobus, existent.

Le besoin de modèles et de méthodes d'évaluation de ces systèmes est traité principalement dans la communication de MM J.M. THOMSON et R.J. ALLPORT qui décrivent un modèle d'évaluation mis au point pour examiner rapidement si une proposition de projet de transport collectif dans un pays en développement mérite une évaluation plus complète.

L'intérêt grandissant pour le métro léger et le tramway dans le monde est souligné dans la communication de Mme C. BARBIEUX et Mr F. KUHN où les auteurs passent en revue différentes expériences réalisées récemment dans des pays en développement.

Une méthodologie en vue d'une analyse intégrée des différents impacts provoqués par l'implantation d'un système de transport en zone urbaine est décrite dans la communication de MM.L.A.LINDAU, C.D. MASSI, R.D. ORRICO et D.B. PINHEIRO MACHADO avec une application dans la région métropolitaine de Porto Alegre. Cette étude cherche aussi à améliorer analyse et méthodologie.

L'existence d'emprises ferroviaires, dans de nombreuses agglomérations de pays en développement, récupérables pour des projets de transport urbain, peut être une importante contribution, favorable au coût d'investissement et donc à la réalisation d'un système de transport: la communication de Mr J.C. HUGONNARD montre tout l'intérêt de cette réhabilitation avec néanmoins les difficultés liées aux contraintes de l'existant.

Le développement technologique dans les travaux de construction et d'équipements des lignes et du matériel roulant du métro de Sao Paulo est décrit dans la communication de Mr C.J. RUMAN avec un accent particulier sur l'intérêt des nouvelles technologies pour la recherche d'économies dans la réalisation et l'exploitation de futures lignes.

Le cas du métro de Mexico est exposé dans la communication de Mme S. LISTZ qui nous rappelle le contexte dans lequel s'est réalisé le métro, comment devant la démographie galopante dans l'aire métropolitaine de Mexico on a dû établir des "Plan Maestro" à long terme pour planifier un réseau de transport adapté à la demande des années 2000.

MM H. BAUM et G. PFAU analysent les retombées de l'investissement dans les transports urbains sur l'emploi: les investissements dans les infrastructures de transport doivent être considérés au delà des coûts comme un moyen de distribution de revenus, leurs effets sur l'emploi peuvent être un critère complémentaire en faveur des transports.

Une des caractéristiques des agglomérations de pays en développement est leur taux d'accroissement de leur population ce qui entraîne une forte demande d'emplois, de transports collectifs, besoins que l'on peut satisfaire en réalisant des infrastructures nouvelles de transport.

Une autre étude d'impact est présentée avec le prolongement de la ligne D du métro de Buenos Aires par Mmes O. VICENTE et P. BRENNAN, cette communication comme celle de Mr L.A. LINDAU & Co. cherche à améliorer analyse et méthodologie.

Mr B.I. SINGAL présente un projet de métro pour Delhi, explique le choix du métro et les conséquences pour la ville si le métro ne se réalise pas: une description technique, les méthodes de financement, les avantages pour l'économie générale et l'organisation de la mise en oeuvre du projet complètent l'exposé de Mr SINGAL.

## **1. Le modèle d'évaluation d'un système guidé de transport de masse du T.R.R.L.**

Une étude en vue de la réalisation de systèmes de transports collectifs rapides dans les Pays en Développement a été effectuée par Halcrow Fox & Associates pour le compte du département Outre Mer du T.R.R.L.

Le but de cette étude est d'identifier sous quelles conditions les métros peuvent être justifiés dans les pays pauvres devant le coût d'autres besoins de base, économiques et sociaux, et d'assister les organismes d'aide en évaluant les projets de métro et en formulant des politiques pour le financement de tels projets.

Cette étude se répartit en deux principaux volets:

- d'abord un travail a été mené sur de nombreux cas de systèmes de métro dans des agglomérations de Pays en Développement pour évaluer leur réalisation et exploitation et connaître leurs impacts.

- ensuite une méthode analytique a été développée pour estimer des projets existants ou en projet, pouvant être appliquée rapidement à n'importe quelle agglomération, en utilisant l'information disponible.

Le modèle développé pour mener ces évaluations a été progressivement amélioré pour être d'une utilisation facile, le programme est accessible aux utilisateurs intéressés auprès du département Overseas du T.R.R.L.

Cette communication décrit le type de données nécessaires pour le modèle, comment il fonctionne et quels sont les résultats.

### ***Le modèle***

Le modèle se compose de deux sous ensembles: un modèle de transport et un modèle d'évaluation:

- Le modèle de transport détermine une première estimation de la fréquentation sur la ligne de métro proposée et l'impact sur les modes en concurrence dans le corridor, en terme de fréquentation et de vitesse commerciale.

- Le modèle d'évaluation estime la valeur économique du système étudié en prenant comme données les résultats du modèle de transport.

Les prévisions faites par le modèle de transport devraient être suffisantes pour déterminer si le projet proposé est économiquement réalisable et, à partir de là, susceptible d'autres études plus approfondies avec une base de données plus complète et un modèle de transport plus détaillé.

L'exactitude des estimations du modèle dépend de l'utilisateur, du nombre et de la qualité des données introduites. Pour des réseaux existants l'estimation de trafic dépasse les 80% du total réellement observé.

### **Les données d'entrée du modèle de transport**

Elles se répartissent en 5 principales catégories:

1. Définition du scénario et de l'année.
2. Spécification des secteurs.
3. Spécification du réseau.
4. Données de planification.
5. Données économiques.

#### **1. Définition du scénario d'une année.**

Le modèle est utilisé sur 3 années différentes: **une année normale** dont les données permettent de caler les performances du modèle, **la première année d'exploitation** du projet à évaluer et enfin **la vingtième année d'exploitation**. Pour chaque année on fait tourner le modèle avec le projet et sans le projet c'est à dire **le scénario avec un nouveau système et le scénario "au fil de l'eau"**.

## 2. Les secteurs.

L'agglomération est subdivisée en secteurs, le nombre de secteurs doit rester constant pour chaque déroulement du modèle relatif à une agglomération donnée.

## 3. Les réseaux.

On constitue **un réseau** basé sur des **liaisons primaires** ( autoroutes ) et **secondaires** ( routes principales ): chaque ligne est caractérisée par les secteurs qu'elle traverse et les stations de correspondance avec les autres lignes. La seule donnée nécessaire du réseau de métro est la vitesse commerciale moyenne de chaque ligne. Les usagers des transports guidés ont un temps d'accès aux stations plus long que les utilisateurs de V.P.et autres modes, mais ceci est compensé par un bonus de temps reflétant la meilleure perception des voies ferrées par rapport au transport public routier.

## 4. Les données de planification.

Deux données, **la population et le nombre de voitures et motocycles** dans l'agglomération permettent au moyen du modèle d'estimer **la demande de déplacements journaliers** en fonction du niveau de revenu moyen indiqué dans les données économiques. Le trafic externe à l'agglomération en provenance des régions périphériques est quantifié soit en prenant **5 % du total des voyages** s'il n'y a pas de données, soit s'il y a des données le modèle peut faire une **synthèse de la demande annuelle de déplacements** en traitant la zone externe comme une variable.

En ce qui concerne le taux d'emploi entre le centre et l'ensemble de l'agglomération des **valeurs standards** sont introduites dans le modèle selon que l'on considère ce **taux comme bas, moyen ou fort**.

## 5. Les données économiques.

Les données économiques concernent 2 principales catégories, **les revenus et les coûts du transport**. Le modèle de transport détermine le choix du mode en fonction de 5 groupes de revenus. Si la répartition des revenus est inconnue, soit on prend une **répartition "moyenne"** pour les pays où la richesse est raisonnablement répartie, soit une **répartition "extrême"** lorsque la richesse est aux mains d'un petit nombre d'habitants ce qui est souvent le cas des pays à faible produit national brut.

### *Les sorties du modèle de transport*

On obtient 2 niveaux d'information , un niveau minimum qui est **la fréquentation par mode, les recettes, et le nombre de correspondance par mode**.

A un niveau plus détaillé, on peut obtenir, **la demande de déplacements, le temps passé et le coût pour les voyageurs sur n'importe quel mode ou ligne du réseau**.

### *Les entrées du modèle d'évaluation*

La plupart des données requises proviennent des entrées ou sorties du modèle de transport , cependant quelques données supplémentaires sont nécessaires:

- **Les coûts d'investissement , d'exploitation et la longueur** du métro proposé.
- **le taux de motocycles / voitures et le trafic des motocycles.**

### *Les sorties du modèle d'évaluation*

Le modèle d'évaluation estime les avantages apportés aux usagers, exploitant et gouvernement et calcule le **montant en monnaie courante du projet sur 40 ans.**

### *La méthodologie du modèle.*

#### **La structure du modèle de transport.**

Les données disponibles sont utilisées pour établir les **matrices des déplacements quotidiens** constatés sur les transports publics et privés et développer le réseau existant d'axes primaires.

Les matrices des déplacements des années futures découlent des matrices des déplacements observés.

#### **L'étalonnage.**

Lorsqu'on a évalué les trafics par tronçons on les compare avec des données relatives aux déplacements d'usagers des transports publics et privés et on ajuste soit le réseau, soit les matrices de déplacement: ces changements sont pris en compte lors du déroulement du modèle pour les années futures.

#### **Les sous modèles de transport.**

##### **Modèle origine - destination**

Ces modèles, étalonnés à partir de données obtenues dans des agglomérations de Pays en développement, sont établis en utilisant les techniques à régression multiple et expriment les déplacements globaux par modes dans une agglomération comme une **fonction de la population, du nombre de voitures et motocycles , et du revenu moyen per capita** dans cette agglomération.

On trouve ensuite les **modèles de répartition, d'affectation, de génération / suppression de déplacements et enfin de partage modal.**

### *Modèle d'évaluation*

Le sous modèle d'évaluation calcule le coût - bénéfice du projet. Le gain de temps pour les usagers par mode est calculé conventionnellement.

Les gains sur les coûts d'exploitation sont estimés comme la différence entre les coûts d'exploitation du scénario où l'on a un projet et celui où l'on ne fait rien.

### *Analyse de probabilité*

#### **La méthode**

L'évaluation d'un investissement à long terme tel qu' un métro est pleine d'incertitude. De nombreux paramètres doivent être estimés pour le présent et l'avenir, avec projet ou sans le projet de métro. Prévoir tous ces paramètres pour dans 20 ans entache la réponse finale d'une grande incertitude.

Les résultats donnés par le modèle ou " meilleure et unique estimation "doivent faire l'objet d'une **analyse de probabilité** qui est une façon d'examiner le **degré d'incertitude** inclus dans les estimations, en mesurant la sensibilité des

estimations aux erreurs dans les hypothèses, et en faisant d'autres estimations qui donnerait une " meilleure estimation " corrigée.

### **Les tests de sensibilité**

Il y a quelques nombres, tels que la population ou le linéaire des lignes, qui peuvent influencer sérieusement le résultat et doivent être tout à fait sûrs.

Il y a des variables telles que les coefficients de partage modal, taux de déplacements, croissance démographique, des revenus, etc., incertaines et ayant une influence, qui doivent faire l'objet de tests de sensibilité.

### ***Le logiciel***

Le logiciel du sous modèle de transport et du sous modèle d'évaluation sont largement issus de l'ensemble "Transport" de H.F.A. qui recouvre l'élaboration des matrices, la répartition des déplacements, la construction du réseau, l'affectation et les procédures d'évaluation utilisés par le modèle: l'ensemble du modèle est utilisable facilement.

Une fois les données préparées, le modèle prendra 5 à 10 minutes pour dérouler l'ensemble des étapes: l'utilisateur peut ainsi créer et essayer une large gamme de propositions alternatives pour une ou plusieurs agglomérations.

-----

--

## **2. Les atouts des métros légers dans une politique de développement des transports collectifs: critères de choix techniques et financiers.**

On observe depuis quelques années, un intérêt grandissant pour une technologie intermédiaire de transport de masse : **le métro léger**.

Actuellement, plus d'une soixantaine de projets de métros légers ou tramways, partiellement ou intégralement en site protégé, au sol ou en viaduc, ont fait l'objet d'études approfondies, dont un tiers dans les Pays en développement ( Amérique latine, Asie, Pays du Maghreb ), un tiers dans les Pays d'Europe et approximativement un autre tiers pour les Pays d'Amérique du nord.

### **I. L'évolution et les perspectives du métro léger.**

#### **Les réseaux de tramways existants.**

**En 1988, on compte 304 réseaux de tramways dans le monde** ( 20 730 km de lignes et près de 52 000 véhicules ), **dont 17 dans les PED**, 179 dans les Pays de l'Est et 108 en Amérique du Nord, Japon et l'Europe.

Sur 125 villes répertoriées dans le monde, il y a 1300 km de métro et **400 km de métro léger en cours de construction dont 100 km dans 8 villes des PED.**

#### **La capacité d'un système de métro léger.**

Le métro léger offre des capacités qui se situent entre 10 000 et 45 000 passagers par heure et par sens: **ses caractéristiques dépendent de son mode d'exploitation.**

La souplesse d'adaptation du système de métro léger permet de passer des caractéristiques du tramway, au sol, en site propre partiel avec franchissement à niveau des carrefours, à un système se rapprochant du métro, avec site propre intégral.

**Pour des caractéristiques maxima**, c'est à dire avec des fréquences de passage de 30 à 50 par heure pour des rames pouvant aller jusqu'à 900 places, **le métro léger doit être entièrement isolé** des autres circulations urbaines et être doté d'une signalisation de régulation et de protection: son coût d'investissement est alors comparable à celui d'un métro.

Le métro léger reste en compétition avec les systèmes d'autobus qui permettent, lorsqu'ils circulent dans des couloirs réservés, des capacités équivalentes ( 10 000 pas./ h / sens et jusqu'à 30 000 pas./h/sens avec une organisation très particulière au Brésil ); cependant le métro léger assure des conditions de régularité, de vitesse et confort beaucoup plus grandes.

### **La progressivité du système.**

Un système de métro léger peut être **réalisé progressivement**: la construction peut se limiter à certains tronçons ou concerner l'ensemble du réseau: l'investissement est alors progressif.

Mais lorsque les prévisions de trafic sont suffisamment élevées il peut s'avérer nécessaire de construire **dès la 1<sup>ière</sup> phase un métro léger en site propre intégral**, avec la signalisation de régulation et de protection, **c'est alors un métro**.

### **Le coût d'investissement.**

A partir d'un certain nombre d'hypothèses ( coût d'un véhicule 6 MF , coût de l'infrastructure et des équipements situé entre 60 et 120 MF / km de voie double selon le pourcentage de site propre intégral de 0 à 100 % ), **on peut situer le coût au km de métro léger y compris le matériel roulant entre 90 et 200 MF par km de ligne** selon la taille de la ville qui varie entre 0,5 et plus de 6 millions d'habitants. Ces chiffres sont des ordres de grandeur, dans chaque cas on doit adapter les coûts d'infrastructures aux conditions économiques du pays et le coût du matériel roulant à la quantité commandée.

## **II L'approche méthodologique et les critères de choix.**

### **Le cadre général de l'approche méthodologique.**

D'une manière générale, on compare 2 ou plusieurs scénarios:

- **l'un sans axe lourd**, avec un minimum d'amélioration du système actuel, **servant de référence**,

- **l'autre avec axe lourd**, pour mettre en évidence les avantages et les inconvénients des solutions intégrant une nouvelle technologie.

L'axe lourd métro léger ayant **des effets structurants** dont les conséquences n'ont de mesures qu'à terme, l'analyse se fait à un horizon de 10 à 20 ans.

### **Les instances de décision.**

L'étude d'un métro / métro léger fait intervenir des décisions en terme d'aménagement et de planification urbaine: ceci suppose l'intervention et l'implication des différentes instances de décision concernées.

### **La planification.**

Les études d'opportunité d'un axe lourd ou d'un transport en commun en site protégé de type métro léger fait intervenir 3 phases:

- L'opportunité d'un axe lourd dans une agglomération,
- La faisabilité du projet,
- Les impacts du projet.

### ***L'opportunité d'un axe lourd dans une agglomération.*** **Les caractéristiques urbanistiques.**

Cette opportunité peut se déduire à partir d'un certain nombre de **critères urbanistiques, contraintes d'insertion, du diagnostic et des prévisions, du choix de la technologie.**

Les cas existants de métro léger font apparaître des situations très différentes selon que l'on se trouve en pays industrialisé ou en développement.

La fonction que joue l'axe du métro léger dans l'agglomération est également différenciée selon qu'il constitue **l'épine dorsale du système de transport** ou qu'il intervient en **complément ou en prolongement** d'un système de métro lourd.

#### **Le diagnostic et les prévisions**

Les autres données pour établir un diagnostic sont le PIB / hab., le taux d'activité, l'emploi, les données socio - économiques, les grands équipements, les caractéristiques des déplacements, de la demande, de l'offre, du stationnement, etc...

#### **Le choix du mode et son dimensionnement**

Le choix de la technologie se fait à partir d'un critère principal qui est **l'intensité du flux à l'heure de pointe**: ce critère est différent selon que l'on se trouve dans un pays industrialisé ou en développement.

Par exemple en France, le flux se situe entre 1500 et 3000 pas./ h / sens tandis que dans les PED le flux se situe entre 10 000 et 30 000 pas./ h / sens.

### ***La faisabilité du projet***

#### **Le bilan économique et financier.**

On distingue le **coût d'investissement et les dépenses d'exploitation** selon le type de technologie retenue et son mode d'exploitation ( type d'infrastructure, vitesse commerciale, capacité ). Ce bilan est à comparer à la **situation au fil de l'eau.**

On utilise de plus en plus des **analyses multicritères** pour apporter un éclairage sur la rentabilité d'un projet pour la collectivité, non seulement d'ordre financier mais aussi des éléments non directement financiers tels que le gain de temps, la pollution, etc...

#### **Les problèmes institutionnels.**

La plupart des PED sont caractérisés par la présence **d'une multiplicité de centres de décision** agissant sur le système de transport, qui est un obstacle à la mise en place d'un système global et intégré de transport, basé sur **la complémentarité.**

Une des remarques essentielles de l'étude du TRRL sur les métros en PED est que la mise en place d'un axe lourd n'est pas viable à terme dans des conditions de concurrence entre modes.

### ***Les impacts du projet d'axe lourd.***

#### **Les impacts urbains.**



Certains impacts peuvent être évalués par des enquêtes avant et après réalisation du projet: dans les cas de Nantes et Grenoble l'effet " image " du tramway a entraîné un trafic induit sensible.

Les effets sur le développement urbain sont plus difficiles à mesurer, le remodelage de la voirie et des espaces publics autour du tramway valorisent les immeubles et terrains autour de ces axes. Par ailleurs, un nouveau système de transport contribue à valoriser l'ensemble des transports publics d'une agglomération.

### **La dépendance financière.**

L'examen du développement récent des grandes agglomérations mondiales montre que le montant des investissements en transports collectifs et individuels représente en général **entre 1% et 2% de la production intérieure brute**. Sur une période de 20 ans, 1% de la PIB constitue un effort remarquable pour les investissements en transports collectifs et 0,5% un effort raisonnablement équilibré. L'enveloppe financière ainsi fixée, est un indicateur pour déterminer les limites dans lesquelles les projets de transports collectifs peuvent s'inscrire.

Les possibilités financières d'un pays dépendent aussi du niveau d'endettement et des modalités financières d'un projet, c'est ainsi que souvent une proposition de financement différencié l'emportera sur le choix technologique.

### **Les transferts de technologie.**

L'introduction d'un système nouveau à traction électrique du type tramway, avec un niveau technologique similaire à celui rencontré dans les pays développés permet un **transfert de savoir faire** qui a plus ou moins long terme constitue une opportunité de développement des industries locales: de nombreux exemples tels que le métro de Mexico, de Sao Paulo, le métro léger de Buenos Aires, de Monterrey, de Guadalajara, de Rio, etc... sont des exemples réussis de transfert technologique.

### **Conclusion**

Il n'y a pas de choix technologique évident; néanmoins le métro léger présente un certain nombre d'atouts:

- au niveau urbanistique,
- au niveau de la capacité offerte,
- au niveau des effets sur les transports grâce à l'effet "image",
- au niveau des coûts d'investissements, mais pour les très fortes capacités, la nécessité d'adopter le site propre intégral et la signalisation de régulation et de sécurité feront appel à des investissements plus importants comparables à ceux d'un métro,
- au niveau de ses fonctions dans un réseau soit en étant l'épine dorsale d'un système de transport ou le complément d'un réseau lourd,
- ses effets sur l'environnement et les économies d'énergie.

Pour assurer la réussite d'un projet de métro léger des mesures complexes devront être prises:

- un partage de la voirie, avec une protection du site du tramway et la priorité au niveau des carrefours,
- une nouvelle organisation du système global avec création d'une autorité organisatrice.

-----

----

### **3. Etude comparée d'impacts de différentes technologies de transport**

La mise en place de nouvelles technologies de transport entraîne des impacts différenciés autant sur les systèmes de transport que sur l'environnement urbain.

**L'intensité et la nature des impacts** changent tout au long de cette mise en oeuvre.

Cette communication s'intéresse à l'analyse d'impacts de technologies relatives à **des couloirs de transport de moyenne capacité en zone urbaine**.

Cette analyse fait l'objet d'une recherche en cours, réalisée par l'UFRJ (Université Fédérale de Rio de Janeiro) et l'UFRGS (Université Fédérale de Rio Grande do Sul), financée par CNPq et l'EBTU; elle est réalisée en 2 étapes:

- développement de la méthodologie,
- application de celle - ci à la Région Métropolitaine de Porto Alegre (RMPA) où se trouvent 2 technologies relatives à des couloirs de moyenne capacité, des couloirs **en site séparé pour autobus** et un couloir pour **train de banlieue**.

#### ***A propos des études d'impacts.***

Il y a un rapport étroit entre les systèmes de transport et les espaces urbains sur lesquels ils agissent.

Les modifications dans le système de transport interviennent directement sur l'accessibilité qui prend à l'espace urbain des possibilités de développement d'autres activités.

**L'accessibilité** entraîne des changements qualitatifs et quantitatifs dans l'usage des sols, ayant une influence sur la mobilité sociale et spatiale de la population et sur l'appropriation privée des revenus apportés par le secteur public.

**Le fonctionnement** des activités productives et sociales et **leur localisation** dans les villes déterminent le choix des déplacements aboutissant à la réalisation d'un système de transport.

Les impacts dûs à l'implantation de technologies de transport en milieu urbain sont différents et hétérogènes: ils peuvent être classés en " catégories " d'impacts sociaux, économique-financiers, politiques, urbains, sur l'environnement, techniques, institutionnels, etc..., présentant des indicateurs propres et des variables qui permettront leur évaluation.

Pour certaines catégories d'impacts, **les variables et les indicateurs** sont facilement mesurables et identifiables et peuvent être quantifiés et évalués à partir d'analyses avant et après.

**Les impacts de caractère plutôt qualitatifs** (sociaux, urbains et politico-institutionnels) s'avèrent plus difficilement identifiables et mesurables.

Un système de transport se réalise selon 3 phases: le projet, la construction et l'exploitation. Les impacts de cette réalisation apparaissent tout au long de celle ci mais varient en intensité et qualité.

**Les études d'impacts privilégient une certaine catégorie d'impacts, les évaluations technico-financières prédominent, il y a peu d'études d'impacts sociaux et urbains.**

### *La démarche méthodologique.*

Tout d'abord les principales catégories d'impacts, indicateurs et/ou variables correspondants ont été identifiés. Ensuite une matrice interactive a été mise au point. Cette matrice est composée de 3 blocs:

- **les catégories d'impacts, les indicateurs et variables, répondant à la question "quoi?"**: sur l'environnement, économique-financiers, technico-opérationnels, sociaux culturels, urbains et politico-institutionnels.
- **la dimension temporelle (projet, chantier, opération/court, moyen et long terme), répondant à la question "quand?"**.
- **les acteurs qui subissent ou provoquent l'action, répondant à la question "qui?"**.

Les corrélations entre les impacts et les acteurs apparaissent dans cette matrice.

Dans un deuxième temps on approfondit l'analyse et donc la nature et l'intensité de chaque impact.

La recherche en cours doit avancer **dans la définition des paramètres et sur l'adéquation de la matrice aux catégories d'impact**.

La méthodologie d'analyse et d'évaluation d'impacts sera ensuite testée en situation réelle à des couloirs de transport de capacité moyenne sur la RMPA.

### *L'analyse d'impacts: approche des coûts.*

**Les coûts** constituent un des principaux éléments de la matrice d'analyse d'impacts. Les systèmes de transport sur rail présentent des coûts d'investissement et d'exploitation souvent élevés et absorbent une partie importante des budgets mis à la disposition des villes: les coûts réels sont souvent largement supérieurs aux estimations annoncées.

### **La dimension de l'analyse.**

L'évaluation des coûts des systèmes de transport doit se faire par rapport aux acteurs qui subissent leurs impacts tout au long de la mise en oeuvre et pour leur exploitation: les études et les projets sont exprimés en pourcentage de l'investissement, le coût de la mise en place d'une entreprise exploitante est calculé en fonction du nombre d'employés basé sur la demande d'utilisateurs prévue.

**Les coûts de construction** sont **fonction de la conception du projet** (tracé au sol, en viaduc ou en souterrain), ils sont comparés postérieurement à d'autres systèmes analogues ou alternatifs.

**Les coûts d'exploitation** comprennent la charge des salaires, l'achat de matériel d'entretien, les dépenses de gestion et le coût financier du capital investi: ces coûts sont comparés avec ceux d'autres réseaux ou avec ceux d'autres modes alternatifs pour vérifier si les hypothèses des études de viabilité du projet se vérifient.

Un recueil de données annuel comprenant les coûts d'exploitation, les recettes, le tarif moyen, le coût d'exploitation passager / km, le kilométrage parcouru, la demande desservie, l'offre, la distance moyenne de voyage des passagers, présente un tableau de bord dynamique de la capacité du système comparant les résultats par rapport aux ressources affectées.

**Les principaux acteurs** qui subissent les impacts des coûts du nouveau système sont:

- les usagers du système avec le **temps de déplacement et le tarif**,
- les non usagers voisins avec **la réduction du niveau de pollution** et les modifications éventuelles du **niveau d'encombrement et de sécurité aux alentours du nouveau système**,

- l'exploitant du système étudié avec **les coûts et les recettes** c'est à dire l'efficacité du système et les exploitants d'autres modes,
- la population en général avec le **paiement des impôts** par exemple,
- les pouvoirs publics avec la responsabilité **des tarifs** des différents modes de transports, **l'intégration tarifaire** étant difficile à mettre en place.

### **La méthodologie d'évaluation des coûts.**

Devant la multiplicité et l'hétérogénéité des facteurs, on utilise un modèle informatique qui permet l'évaluation des coûts annuels des différentes phases décrites ci dessus.

Ce modèle, dénommé AMT 2.0, est implanté dans un micro ordinateur compatible IBM/PC et contient 4 modules: l'entrée des données, les paramètres de configuration et d'exécution, le module de calcul, les sorties.

### **Spécifications du modèle.**

Ce modèle détermine les **coûts annuels de réalisation et d'exploitation** à partir de variables.

Un scénario est défini, par exemple, par l'extension d'un couloir, le réseau d'alimentation électrique, le nombre de stations, etc...

Pour la demande, les variables se réfèrent au volume journalier de passagers transportés, le pourcentage du total pendant les heures de pointe et en dehors, et la durée de ces différentes périodes.

Pour chaque mode on spécifie les intervalles minima et maxima pendant les heures de pointe et en dehors, les vitesses commerciales, et les taux d'occupation des véhicules.

Pour chaque mode on prévoit le personnel nécessaire pour l'exploitation et l'entretien du système selon la taille du parc et le nombre de stations.

On peut introduire dans le modèle l'âge de chaque composant, ce qui est particulièrement utile dans le cas d'amélioration d'un mode, par exemple l'introduction d'un couloir réservé pour autobus sans utilisation de nouveaux autobus.

Les coûts d'énergie, les coûts annuels d'entretien, les coûts unitaires de mise en oeuvre soit de km de voie ou de véhicule, peuvent être introduits sous forme de matrice dans le modèle.

Les coûts totaux peuvent être exprimés de 3 manières différentes:

- les **coûts annuels de l'exploitation et de l'entretien du système sans considérer les coûts financiers** tels qu'ils sont perçus par les exploitants.

- les **coûts pour exploiter et entretenir le système, y compris les coûts des véhicules, des garages, de la signalisation et du réseau d'alimentation électrique:** ceux sont les coûts perçus par les exploitants qui ne paient pas le coût des constructions.

- les **coûts annuels totaux pour exploiter et entretenir le système, y compris les coûts de capital relatifs à tous les équipements demandés par le système et le coût de construction de la voie.**

### **Conclusion**

La recherche méthodologique portant sur les études d'impact offre un champ d'analyses très étendu étant donné la complexité du thème " technologies des transports en milieu urbain ", et le manque d'approches méthodologiques générales existantes sur ce thème.

La matrice interactive proposée comme un instrument d'évaluation d'impacts, considère les variations dans le temps et les rôles des différents acteurs intervenant dans le processus:

dans le cadre de cette recherche, on devrait développer le croisement entre les catégories d'impacts à l'intérieur de la matrice et procéder à la définition des paramètres d'évaluation de variables mesurables et non mesurables.

La méthode d'évaluation des coûts avec le modèle informatique doit être approfondie pour pouvoir l'appliquer à des situations plus complexes telles que **l'analyse simultanée entre les différents modes et l'utilisation de variables autres que les coûts.**

Cette méthodologie permet cet élargissement en se référant à des scénarios urbains différents.

-----

-----

#### **4. L'utilisation des emprises ferroviaires pour l'organisation de dessertes urbaines.**

L'existence d'emprises de chemin de fer traversant les agglomérations est souvent liée à la fonction que les chemins de fer jouaient dans le transport de marchandises et le transport interurbain.

L'importance de ces fonctions a largement diminué que ce soit dans les pays industrialisés ou en développement: ceci est souvent dû d'une part, au changement de localisation des activités industrielles et des activités portuaires pour les villes côtières, d'autre part du fait de l'évolution des technologies de transport et du rôle de plus en plus important joué par le transport routier.

De nos jours, nous trouvons donc soit l'abandon total de l'exploitation des réseaux de chemins de fer, soit le maintien d'un service minimum qui a permis de préserver l'existence du système mais qui n'assure plus un rôle important dans le système de transport urbain.

Aussi les responsables de certaines agglomérations ont décidé de procéder à **la réhabilitation des emprises et des services pour améliorer au moindre coût le fonctionnement des réseaux de transport.**

***La situation des emprises et les solutions qui peuvent être développées.***

##### **La situation des emprises**

###### **a / Les emprises abandonnées.**

Ce cas limite les contraintes techniques, le projet n'interférant pas avec un système existant, par contre les emprises n'ont pas pu être totalement protégées, ce qui conduit à des expropriations longues et coûteuses.

Par ailleurs, les riverains de ces emprises sont très sensibles aux nuisances apportées par un nouveau système, l'emprise peut être coupée en de nombreux endroits par le réseau de voirie, l'absence d'organisme clairement en charge de la gestion de ces emprises, peuvent rendre plus difficile la mise en oeuvre des projets.

**b / Les emprises où un service ferroviaire interurbain et/ou de marchandises a été maintenu.**

Les avantages de cette situation sont que l'intégrité des emprises a été en général préservée.

Par contre, les projets doivent tenir compte des contraintes techniques de l'existant, des méthodes d'exploitation en vigueur, des dessertes interurbaines et des projets de développement des services de marchandises.

Il peut y avoir conflits d'intérêt entre les organismes décideurs au niveau du système de transport urbain et les objectifs de l'entreprise chargée du service existant.

c / Les emprises où **un service urbain a été maintenu.**

C'est la situation **la plus favorable à la mise en oeuvre d'un projet**, qui consiste alors en un renforcement de la desserte existante ou une modernisation du système ferroviaire: il ne faut pas sous - estimer les difficultés liées à la cohabitation de services urbains, interurbains, et de marchandises.

**Les solutions qui peuvent être développées.**

a / Création d'un **service urbain sur les mêmes voies** que les services interurbains.

L' avantage de cette solution est son coût très modéré, généralement limité à l'achat de matériel roulant et à l'amélioration des systèmes de signalisation et de contrôle de l'exploitation. La capacité de transport peut être limitée par les contraintes d'exploitation.

b / La **spécialisation des voies**: desserte urbaine, interurbaine et/ou marchandises.

Les avantages de cette solution sont une exploitation plus sûre et plus facile, une capacité de transport supérieure, avec une vitesse, régularité et fiabilité meilleures.

Les inconvénients sont la nécessité de disposer d'une emprise plus large, de tenir compte des contraintes d'exploitation existantes, la superposition des services urbains et interurbains sur certaines sections critiques: c'est donc une solution plus coûteuse à mettre en oeuvre.

c / La **modernisation** d'un service urbain existant.

Les **avantages** sont les mêmes que ceux des solutions précédentes mais en plus on peut **concevoir le projet sur la base** des équipements et des structures existants.

Les **inconvénients** peuvent être les contraintes liées au **maintien de certaines options techniques**, l'**image négative** auprès du public du système existant, la formation et la motivation du personnel des équipes qui exploitaient l'ancien système.

d / La **reprise de l'emprise seule** pour la création d'un système nouveau.

Au delà des économies liées à la libération des emprises, un tel projet nécessite souvent des niveaux d'investissement élevés.

***L'approche des projets de desserte urbaine utilisant une infrastructure ferroviaire existante.***

**Les enjeux liés à l'organisation du système de transport.**

L'implantation d'un nouveau système de transport sur une emprise ferroviaire présente quelques difficultés telles que **l'emprise offre rarement une desserte optimale du tissu urbain**, l'axe ne correspond pas toujours à une logique de demande de transport urbain en terme d'origine - destination, il est alors nécessaire d'envisager des modes de transport complémentaires.

On doit donc, dans le cadre d'une évaluation globale du système de transport, **identifier l'objectif du projet**, soit c'est une desserte urbaine fine ou une liaison pôle à pôle dans l'agglomération. Enfin de par sa caractéristique " **d'infrastructure permanente** ", la desserte ferroviaire influence la localisation des pôles d'activité et le développement des logements, il faut donc prendre en compte les influences réciproques entre le système de transport et le plan de développement urbain.

### **Les enjeux liés au choix techniques.**

Les choix techniques concernent toutes les disciplines techniques:

a / Les infrastructures et la voie.

L'exploitation à **voie unique** peut être retenue mais il y a une limitation de capacité et une nécessité de signalisation performante.  
Le maintien de **passage à niveau** a des conséquences sur la capacité de transport et la sécurité.

b / Le matériel roulant.

On peut choisir entre la traction électrique et la traction diesel et utiliser le matériel existant mais on prendra en compte les difficultés pour l'exploitant qui doit utiliser des matériels différents.

c / L'électrification.

On tiendra compte des avantages de la traction électrique pour le long terme et l'impact sur l'environnement.

d / La signalisation.

Cette signalisation sera adaptée aux différents systèmes en présence, aux objectifs de capacité à court , moyen et long terme, enfin satisfaire aux contraintes de sécurité et de fiabilité.

e / L'exploitation.

Elle doit satisfaire aux objectifs de desserte, garantir l'exploitation de toutes les composantes du système, en situation normale comme en situation dégradée.

### **Les enjeux liés à l'organisation du projet.**

Une analyse de la situation doit permettre d'élaborer la meilleure stratégie d'implantation du projet:

a / Quelle société d'exploitation ?

Faut il créer une nouvelle société d'exploitation qui permet de gérer différemment et utiliser un personnel spécialement formé à un nouveau système ?

Est il préférable d'utiliser la structure existante qui permet d'implanter plus rapidement le projet, en diminuant les risques de conflit dans l'exploitation des différents services, de former le personnel à de nouvelles techniques qui seront diffusées à l'ensemble de l'entreprise ?

b / Quels objectifs financiers ?

L'étude de **viabilité** de ces projets doit d'une part, inclure une vision globale des objectifs du système de transport de l'agglomération, d'autre part prendre en compte en détail les contraintes de l'existant à travers des études de faisabilité de l'exploitation, pour atteindre rapidement une situation d'équilibre financier.

Le choix du **point d'équilibre entre le degré de modernisation ou de niveau de service et le coût accepté pour les investissements** est une des difficultés majeures dans le déroulement de ce type de projet: on court le risque, partant d'un **projet performant à coût élevé**, en raison d'économies d'arriver à un projet limité **à coût réduit aux performances modestes**, qui n'est **plus attractif pour les décideurs**.

#### *Examen de quelques cas concrets.*

De nombreux projets d'utilisation d'infrastructures ferroviaires ont été réalisés avec plus ou moins de succès:

Le RER à Paris, la ligne de Dakar Suf, la ligne régionale du Caire ont été mises en oeuvre avec des succès tout à fait probants en matière de trafic ( 1 million de passagers sont transportés quotidiennement sur le RER ligne A et sur la ligne régionale du Caire ).

Les cas d'Abidjan et Djakarta montrent les difficultés rencontrées telles qu'une absence de volonté politique claire, une infrastructure située en limite d'urbanisation pour Abidjan et un service existant de piètre qualité à Djakarta.

D'autres projets sont restés au niveau des études ou donnent de mauvais résultats comme ceux de Lima, les grandes villes du Brésil, Manille, Shanghai, Guatemala City, Caracas, etc...

#### *Conclusion*

La **présence d'une ligne urbaine de chemin de fer** présente un **atout majeur pour une agglomération**: l'organisation d'un nouveau système de transport sur cette emprise doit tenir compte des contraintes de l'existant qui peuvent s'avérer tout autant des atouts que des obstacles que ce soit au plan organisationnel ou technique.

-----

----

### **5. Le développement technologique du Métro de São Paulo**

#### *La réalisation de la première ligne*

Dès sa création, l'entreprise du Métro de Sao Paulo s'est intéressée au développement technologique du métro.

En effet, devant la pénurie de techniciens locaux, l'entreprise a fait appel à un bureau de conseil étranger et à envoyé des techniciens à l'étranger pour se spécialiser aux techniques du métro: un processus de transfert de technologie a permis de former la main d'oeuvre pour exploiter et maintenir le métro et construire d'autres métros au Brésil, un appui a été offert pour la réalisation des métros de Recife, Belo Horizonte et Porto Alegre, des accords techniques ont été signés avec le métro de Rio et de Caracas. La compagnie du métro de Sao Paulo a participé à travers un bureau d'études brésilien au projet du métro de Bagdad.



Les 3 principes de base retenus pour un bon fonctionnement du métro ont été: **la fiabilité, l'efficacité et la sécurité.**

Ces objectifs n'ont pu être atteints qu'en adoptant la qualité et le développement technologique, ainsi on a adopté le hacheur dans l'équipement de traction, l'acier inoxydable pour la construction des caisses du matériel roulant, l'automatisation du contrôle et de la signalisation pour l'exploitation, la voie à fixation directe sur dalle, le troisième rail bimétallique, la réalisation du tunnel au bouclier.

L'industrie brésilienne a surmonté un défi **en réalisant 65 % des équipements du métro pour la première ligne.**

Pour éviter un manque de pièces de rechange et ne pas peser sur la balance commerciale du pays, 2200 pièces sur 5000 pièces d'origine étrangère ont été fabriquées au Brésil ce qui a permis un gain d'une valeur globale de 128 M US \$.

### ***La réalisation de la deuxième ligne***

Cette réalisation s'est faite en augmentant les taux de participation du parc industriel brésilien: mais le manque de marché de métros au Brésil entraîne des coûts plus élevés pour certains équipements comparés aux équipements identiques étrangers.

**Le taux de nationalisation pour la deuxième ligne a été de 93 %,** ce qui a augmenté le développement d'entreprises brésiennes en technologie propre et la formation de la main d'oeuvre.

### ***La réalisation de la troisième ligne***

Pour la construction de la troisième ligne apparaît un nouveau point de vue sur le développement technologique du pays basé sur :

- la **participation de l'initiative privée dans les investissements d'infrastructures de transport auparavant à la charge de l'Etat.**

- l'**élimination des barrières douanières** notamment pour l'informatique.

- la **libre importation de technologies** pour provoquer une concurrence libre au niveau brésilien et une augmentation de la productivité et de l'efficacité de l'industrie nationale.

- la **promotion de la recherche et du développement de nouveaux produits brésiliens** face au nouveau marché compétitif.

Cependant le premier tronçon réalisé sous l'Avenue Paulista ouvert en 1990, a été mis en oeuvre selon la politique adoptée lors de la construction de la deuxième ligne: le développement de la technologie a continué sur ce tronçon avec l'utilisation du bouclier pour la réalisation du tunnel: la moyenne d'avancement de la construction du tunnel a été de 18 mètres par jour avec des pointes à 45 mètres. La construction des stations sous l'avenue Paulista s'est faite selon la technique d'enfoncement horizontal de tubes de gros diamètre, remplis de béton, soutenant la chaussée sous circulation et faisant office de couverture de la future station.

### ***L'innovation et la diminution des coûts***

Le nouveau matériel roulant devra incorporer des **améliorations technologiques nécessaires pour les performances de l'exploitation;** on utilisera le moteur à courant alternatif, les bogies inscriptibles pour réduire les problèmes d'adhérence roue - rail et l'usure. Un nouvel équipement, le "data - bus", constitué de microprocesseurs et de software de contrôle se substituera aux différents câbles nécessaires aux communications, contrôle et signalisation entre les voitures.

Contrairement à la politique suivie pour la deuxième ligne, l'appel d'offres sera international avec la participation significative de l'industrie brésilienne.

Il reste encore beaucoup de progrès à faire notamment dans la **recherche d'une diminution des coûts de construction d'un métro.**

Le coût actuel d'une ligne avec les équipements nécessaires et le matériel roulant est de **100 M US\$ / km.**

Sur le réseau de Sao Paulo, le coût d'investissement est réparti en:

- expropriations et génie civil: 53 %
- matériel roulant: 30 %
- équipements fixes: 17 %

Les caractéristiques des véhicules devraient être améliorées pour diminuer le dimensionnement des infrastructures, offrant ainsi des conditions de tracé plus souple permettant de rapprocher le profil en long de la surface, et évitant des expropriations: l'utilisation du moteur linéaire et du bogie inscriptible devrait permettre de réduire la section des ouvrages de 30 à 50 %, favorisant ainsi l'expansion du réseau.

La compagnie du métro de Sao Paulo prévoit de construire une voie d'essais pour vérifier les possibilités d'un nouveau matériel roulant qui adopterait **de nouvelles technologies telle que le moteur linéaire.**

Un rapprochement de l'Université et des Instituts de Technologie avec la compagnie du Métro est souhaitable pour évaluer les différentes technologies applicables au métro de l'avenir.

L'ouverture du marché des métros à la **compétition internationale** va stimuler l'industrie nationale, améliorant son niveau de qualité et de fiabilité pour se **mettre à un niveau de technologie comparable à celui des pays développés.**

-----

----

## **6. L'expérience de la planification du métro de Mexico**

Avec 141 km répartis en 8 lignes, 125 stations dont 12 de correspondance et 4,5 millions de voyageurs quotidiens, le Métro de Mexico est sans aucun doute le plus avancé d'Amérique latine. Ce métro a changé la physionomie de la ville.

### ***Une ville en pleine croissance***

Dès le début de ce siècle la ville de Mexico se renforce démographiquement. L'absence de politique régionale et surtout par le centralisme décisionnel des gouvernements successifs, la ville de Mexico aura la primauté des investissements sur le système urbain national.

**En 1940**, Mexico compte 1 760 000 habitants et devient du fait de la guerre un grand centre industriel.

La croissance est telle qu'**en 1960** on compte 5 240 000 habs et **en 1970**, 8 800 000 habs.

Dès 1960 la ville dépasse amplement les limites du District fédéral au nord et vers l'est.

### ***Une planification pour la voiture***

La planification de la ville de Mexico débute par la préoccupation, dès la fin du siècle dernier, pour les questions d'hygiène.

En fait, la **planification moderne** de la ville débute vers 1928, sous l'influence d'architectes urbanistes comme Carlos Contreras qui jusqu'en 1940 réalise avec son équipe une modernisation de la ville et établit **un schéma directeur** rationalisant l'espace, avec de nouveaux tracés de la voirie et un périphérique limite de la croissance de la ville: on impose ainsi le modèle américain de la ville pour la voiture. Ce schéma ne verra pas le jour mais **en 1950 un plan directeur** est établi, donnant la priorité à la voiture.

**A partir de 1950**, il n'y aura pas vraiment de planification de la ville, mais surtout **un cadre de programmation** des grands travaux de modernisation.

### *La décision du métro*

Du fait du manque de planification, la ville de Mexico présente à partir de 1960 de sérieux problèmes de mobilité. La population atteint **6 330 000 habitants en 1965 et le centre accentue sa primauté sur l'ensemble de l'espace urbain**. Ainsi l'ensemble des terminus des lignes d'autobus se situent en plein centre ville, 75 % de la population utilise les transports publics.

**En 1966**, une conjoncture particulièrement favorable à la veille des Jeux Olympiques permet au D.D.F de **décider de la réalisation du métro** qui devient un projet prioritaire.

### *L'évolution du réseau*

a/ La première tranche: les 3 premières lignes

Le début des travaux remonte au **15 juin 1967** et 26 mois après, 13 km de la 1<sup>ère</sup> ligne sont inaugurés. Le choix d'implantation des premières lignes se fait pour décongestionner le centre: c'est **un réseau en anneau autour du centre** qui ouvre des dessertes en direction des zones populaires les plus importantes du District Fédéral.

Les 3 premières lignes du réseau sont totalement mises en service sur **un linéaire total de 42 km en 1970**.

b/ La deuxième tranche

La **création de COVITUR dès 1977**, annonce la reprise des travaux de réalisation du métro: d'abord c'est la continuation des premières lignes de 1977 à 1980 et la mise en service de nouvelles lignes en 81, 82 et 83 dont la construction se terminera jusqu'en 1985.

Il s'agit d'abord d'accroître les possibilités de déplacements sur les lignes existantes, puis d'ouvrir des communications est - ouest, puis dans le nord du District Fédéral par l'intermédiaire des lignes 5 et 6, la 4 faisant office de drain entre la 1<sup>ère</sup> phase du réseau et la 2<sup>ème</sup>.

La réalisation des lignes 4, 5 6 et 7 et les prolongements des lignes 1,2 et 3 **fait un linéaire de 72,88 km**.

c/ La troisième tranche

Au cours du nouveau sexennat ( décembre 1982 à décembre 1988 ), malgré la crise, le réseau s'est encore étendu pour **atteindre 141 km en 1988**.

La ligne 7 et 9 ont des fonctions différentes aux précédentes: la 7 est une ligne qui articule l'espace ouest du District Fédéral, sur une grande partie en parallèle avec la grande voie "périphérique", alors que la 9 articule l'est ( l'aéroport ) avec l'ouest.

La réalisation de la ligne 9 avec les prolongements des lignes 6 et 7 **fait un linéaire de 25,65 km**.

### *La planification du Métro*

La planification et la gestion du réseau ont subi de fortes mutations en accord avec deux facteurs essentiels: la consolidation du rôle de l'Etat dans le développement de ce système de transport et les transformations progressives dans les mécanismes d'administration publique.

#### *La planification de la 1<sup>ière</sup> tranche*

La décision de construire un métro ayant été prise au plus haut niveau de l'Etat, les délais étant très courts, on a dû créer rapidement une nouvelle instance administrative "**Système de transport collectif**" en avril 1967, entreprise para-publique décentralisée rattachée au DDF, qui aura à sa charge la maîtrise des chantiers du métro avec les constructeurs mexicains ICA et les entreprises françaises.

Avant le démarrage des travaux, en juin 1967, un **contrat de consultant** est passé avec une filiale du groupe ICA, l'entreprise ISTME " Ingénierie de systèmes de Transports Métropolitains ", qui déterminera les meilleures techniques de construction après avoir défini les tracés.

#### *La planification des tranches suivantes*

En 1977, les méthodes de planification se modifient, le gouvernement mexicain décide la création d'une **nouvelle institution, COVITUR**, Commission de Voirie et Transports Urbains, dépendant du DDF.

La mission de COVITUR consiste principalement à **développer l'infrastructure nécessaire pour la réalisation de nouvelles lignes de métro** et pour l'extension des premières lignes, ainsi que **créer les conditions pour un développement des actions gouvernementales en matière de transport urbain**.

COVITUR prend à sa charge la fonction de planification du réseau qui était initialement à la charge du groupe ICA mais continue à avoir des rapports privilégiés avec ce groupe.

A partir de 1982, COVITUR est mise sous la tutelle d'une **Coordination Générale des transport** aux fonctions plus vastes que COVITUR. La planification du métro est intégrée dans un système hiérarchisé qui envisage la planification de l'ensemble des moyens de transports.

Les lignes postérieures à la 1<sup>ière</sup> tranche sont planifiées, projetées et construites en accord avec les méthodes expérimentées en 1964 - 1970. Mais avec la création de COVITUR et la Coordination Générale, l'apparition de techniciens en développement urbain et en planification introduit une prise en considération des nécessités intégrales de la planification sociale, de communication et d'articulation, les solutions du génie civil ne suffisant plus à faire front au conflit de voirie qui existe.

Ainsi apparaît dans le "**Plan directeur de développement urbain du District Fédéral**" en 1979, la **création de huit sous - centres urbains** à la double fin de planifier le développement du réseau de métro et de déconcentrer les activités tertiaires.

Trois sous - centres sont déjà localisés aux extrémités des lignes 1 et 2 du métro, à partir de là en utilisant les extrémités et surtout les croisements de ligne on prévoit de développer des pôles de déconcentration des activités commerciales et des services. Les connexions directes entre ces sous - centres devraient permettre d'établir des relations directes entre eux, sans le passage obligé par le centre.

Parmi les huit sous - centres prévus, 6 sont planifiés autour des stations de correspondance ou d'extrémité de lignes.

En 1984, le "**Programme général de développement du District Fédéral**" implique une révision du "**Plan Maestro**" du métro dont une version est établie en 1985. Tout en gardant l'aspect d'un quadrillage de l'ensemble du District Fédéral, une moindre importance est accordée aux sous - centres, et le réseau commence à être relié organiquement au reste de l'agglomération par des modes de

transport rapides et complémentaires: le train léger de Tasquena - Xochimilco, le métro léger Zaragoza - Santa Marta et les projets de métro léger à l'ouest et au nord de l'Etat de Mexico.

A partir de cette date, le plan d'urbanisme s'accompagne d'un "**Plan intégral des transports**" élaboré par la CGT, le syndicat des transports de l'agglomération de Mexico.

A l'horizon 2010, le programme principal de prolongement du métro prévoit un linéaire en exploitation **de 315 km avec 274 stations et 838 rames** avec une hypothèse de croissance démographique contrôlée, soit un système dimensionné **pour une demande prévue de 13,23 millions de voyages / jour ou 2,99 millions de voyages à l'heure de pointe.**

### *Conclusion*

Les plans du métro ont été jusqu'à une période récente les éléments centraux de la planification urbaine.

A partir de 1982, les autorités envisagent la planification de l'ensemble des moyens de transport mais le métro reste l'élément fondamental de la planification de l'agglomération de Mexico: le programme directeur de la ville de 1987 prévoit de restructurer l'espace urbain par le biais de "couloirs urbains", "centres urbains", et "centres secondaires", qui coïncident pour une bonne part avec les lignes de mobilité induites par le tracé du réseau de métro.

**Pour l'avenir, une meilleure intégration du métro est recherchée:**

- par une meilleure desserte des zones de demande de transport massif c'est à dire la construction de plusieurs lignes qui ne passent pas par le centre.
- une meilleure intégration à l'espace urbain, le métro n'étant qu'un élément qui contribue aux besoins de la ville.

## **7. Les effets des investissements en Transport Urbain sur l'emploi**

### *Effets de distribution ou effets sur l'emploi ?*

Les **projets publics d'infrastructures** pourraient être justifiés par leur effet de distribution: jusqu'où un certain investissement conduit il à économiser des possibilités productives, qui peuvent être alors utilisées pour accroître la puissance de production ( exemple, la réduction des pertes de temps, des accidents de la circulation et de la pollution sur l'environnement ).

Ils doivent être aussi justifiés au delà des bénéfices distribués par rapport aux coûts, les effets sur l'emploi peuvent être un critère qui renforce positivement la balance: les arguments qui suivent, se situent entre la politique des transports et la stabilité macroéconomique, élargir le débat au transport urbain dans les pays en développement présente un intérêt spécifique.

### *La méthode*

Au départ l'analyse entrée - sortie fournit les effets primaires et secondaires sur la production et l'emploi.

Les effets primaires contiennent les influences sur les producteurs d'investissement et sur les industries concernées.

Les effets secondaires décrivent les changements dans la production et l'emploi en dehors des salaires des employés au niveau de l'investissement et les changements résultant dans la demande des produits de consommation.

Le modèle entrée - sortie est le modèle statique de Léontief: pour résoudre ce modèle, les valeurs d'entrée brute  $x$  de chaque secteur doivent être sorties en supposant des coefficients d'entrée constant et une demande finale donnée  $y$ :

$$x = (E - A)^{-1} y \quad (E = \text{matrice unité})$$

$(E - A)^{-1}$  est l'inverse de la matrice de Léontief, dans laquelle la somme de chaque colonne est multiplicateur sectoriel de production.

Pour calculer l'effet sur l'emploi, d'abord le vecteur de demande finale  $y$  doit être substitué à la matrice d'investissement. Cette matrice décrit la répartition des dépenses sur les différents secteurs comme résultat d'un certain investissement.

Multiplier la matrice des coefficients inverses avec la matrice d'investissement conduit aux effets primaires sur la production pour chaque investissement particulier. Les effets sur l'emploi sont calculés à partir de ces effets sur la production multipliés avec les coefficients du secteur correspondant du travail.

### *Les données*

Le calcul des effets de l'investissement dans les transports urbains sur l'emploi dans les PED est compliqué à cause du peu de données disponibles.

On a essayé à partir d'ajustements appropriés de générer une meilleure comparaison des données utilisées, mais des compromis ont dû être fait:

- 1. Les **effets sur l'emploi** sont calculés sur la base d'une liste d'un PED pour lequel des données relativement bonnes existent. Les données de l'année 1974 des Philippines ont été retenues.

- 2. Les **données sur les structures des dépenses d'investissement** en transport urbain ( matrice d'investissement ) ne sont pas disponibles pour les PED. Aussi on suppose que la structure des dépenses aux Philippines est très similaire à celle de la RFA. Franchir ce pas est sans doute problématique, mais semble être acceptable..

Par exemple, la construction d'une route ne semble pas avoir d'effets très différents sur les premiers flux de production dans la construction, l'industrie métallurgique, la chimie, etc... dans chaque pays. Les différences apparaissent probablement des transactions intermédiaires de base et dans les valeurs de productivité du travail: ces différences spécifiques peuvent être prises en compte.

- 3. A partir des productivités de travail connues, liées avec les coefficients de production aux effets sur l'emploi, on peut obtenir d'autres hypothèses pour des pays autres que les Philippines.

### *Les résultats: effets sur la production et l'emploi*

Sur près de 40 projets spécifiques, les **vecteurs d'investissement** relatifs à 5 ratios de structures de dépenses ont été examinés:

- le ratio autoroutier: c'est le pourcentage tiré des différents projets autoroutiers en région urbaine ( reconstruction autoroutière, voies rapides )
- l'élargissement autoroutier (voies supplémentaires)
- voies urbaines ( ratio à partir de différents projets )
- transport public ( ratio de souterrain, de train de banlieue, tram )
- chemins de fer ( ratio des lignes )

Les multiplicateurs de production montrent qu'un **investissement en transport urbain entraîne un effet double sur la production** conditionnée par les transactions intermédiaires.

Le niveau de croissance de la production aux Philippines est très similaire à celui de la RFA. Il utilise en partie des vecteurs d'investissement identiques, mais reflète aussi une structure de transactions intermédiaires aux deux pays.

Par contre, la structure des effets sur la production diffère: les investissements en chemin de fer et transport urbain aux Philippines, à cause de leurs

transactions intermédiaires relativement hautes, ont un effet plus grand sur la production qu'en RFA.

Un **investissement de 100 M DM.** en transport urbain entraîne **un effet sur l'emploi de 25 000 à 36 000 emplois.** En RFA, les valeurs correspondantes sont **1900 et 2100 emplois.**

En comparant les deux pays, on constate que **la productivité du travail aux Philippines est 15 fois plus faible qu'en RFA** : c'est pourquoi des montants équivalents d'investissement entraînent un effet sur l'emploi aux Philippines 15 fois plus fort qu'en RFA.

Mais à ces premiers effets sur l'emploi produits par l'investissement lui-même, on doit ajouter les effets secondaires.

Les revenus sont dépensés pour la consommation qui crée une nouvelle production qui va accroître l'emploi et ainsi de suite. Ces effets secondaires dépendent du taux marginal de consommation. Empiriquement, on peut dire que les **effets secondaires représentent 20 à 25 % des premiers effets.**

Il est important de savoir si un certain investissement conduit vraiment à des **effets positifs sur la production et l'emploi** ou au cas où l'économie concernée est écrasée par le montant des investissements, **augmente les importations et / ou les prix.** Ceci n'est pas souhaitable, un critère de test est développé ci après.

L'idée est qu'un accroissement de la production domestique n'est pas possible quand le montant de l'investissement produit des accroissements sectoriels qui sont, contraires au rendement brut du secteur correspondant, plus grands qu'une valeur critique. Selon la tendance, les importations dans les secteurs dont les taux d'importation sont élevés vont grimper plus haut. Des prix en augmentation peuvent être attendus dans des secteurs, à faible taux d'importation, et en conséquence ne peuvent pas être satisfaits par un renversement du marché mondial.

Cependant, les seuls secteurs importants pour l'économie domestique - au sens de l'influence sur les importations et les prix - sont ceux avec de fortes parts dans le rendement brut. Nous mettons une limite à une participation de 5 % du rendement brut. Seulement 7 secteurs parmi 28 franchissent ce seuil.

Un investissement de 5 milliards de pesos val.1975 (1,7 milliards de DM75) a été testé sur 5 projets d'infrastructure de transport urbain.

Les effets des différents projets produisent généralement un effet moyen sur la production, par exemple l'agriculture: de 6 à 20 %.

En particulier sous l'hypothèse que ces secteurs ne travaillent pas à leur capacité, les différents accroissements peuvent être conduits sans problème. Cependant rien que le **secteur de la construction** est problématique parce que son effort se situe entre 250 - 520 % de sa capacité. En conséquence les projets en infrastructure urbaine de ce montant d'investissement ne peuvent être dirigés. Comme le **taux d'importation est seulement de 0,36 %**, appelé pour cela secteur de marchandises non négociables, la demande croissante dans la construction ne conduit pas à des accroissements énormes d'importations. Sa part en rendement brut est d'environ 5 %, les effets sur les prix ne sont pas surestimés. Mais au total, le secteur de la construction limite l'économie entière des Philippines et ses possibilités de croissance.

Des **valeurs acceptables** pour l'effort de construction seraient atteintes pour des montants d'investissements situés autour de **500 à 750 millions de pesos.**

### **Conclusions.**

- 1. Le calcul des effets des investissements dans l'infrastructure de transport doit être fait sous certains principes et hypothèses - à cause du manque de données disponibles -. Ils ont donc, au moins partiellement, **le caractère d'un modèle qui peut aider au choix dans la planification** d'infrastructure de transport.

- 2. Les résultats montrent qu'à la fois pour les pays industrialisés ou en développement, les investissements en transport urbain ont **un effet sur l'emploi.** La différence entre les deux types de pays aboutit à une plus grande productivité du

travail et une plus intense production du capital dans les pays industrialisés. Dans ces derniers, les effets sur l'emploi diminuent avec l'accroissement du revenu.

- 3. **Les effets quantitatifs** basés sur les données entrée - sortie doivent être **relativisés à certains égards**. Il y a des limites à l'efficacité si des secteurs stratégiquement importants travaillent à leur capacité. Alors, on peut s'attendre à **l'augmentation de prix et / ou d'importations** avec dans les deux cas des effets vraiment réduits pour l'économie domestique. Aussi doit on fixer des **facteurs de substitution** ( amplitude de l'augmentation du capital ) qui réduisent aussi l'effet sur l'emploi.

- 4. Le problème principal de l'analyse des effets sur l'emploi, est qu'il **manque des données distinctes et courantes**. Les conditions préalables d'élaboration pour les investissements en transport urbain devraient être spécialement examinées. Ceci ne peut être fait d'une façon convenable, qu'**en coopération avec les entreprises et les administrations locales**.

- 5. Le gouvernement exécute -t- il ses propres programmes pour l'emploi ? La controverse entre les économistes au sujet de la vraie politique macroéconomique continue encore, la discussion n'est pas résolue ici. Néanmoins les résultats de notre investigation permettent une importante conclusion:

- si le gouvernement essaie d'influencer l'emploi à travers une conduite de la demande, **les investissements en infrastructure** pourraient faire partie des mesures choisies car ils ont **un effet positif sur la richesse à long terme de l'économie en plus des grands effets sur l'emploi**.

Cependant, toutes les décisions au sujet des objectifs d'investissement devraient être prises dans le but d'atteindre **une répartition optimale des ressources économiques et non d'atteindre avant tout de hauts niveaux d'emploi**.

## **8. Extension du métro de Buenos Aires ligne D: Etude d'impact.**

La Région métropolitaine de Buenos Aires est constituée du District Fédéral et d'un groupe de villes qui l'entoure. Ceci entraîne une complexité institutionnelle qui intervient dans le processus de décision avec **3 niveaux de juridiction**, les municipalités, le gouvernement provincial et le gouvernement national, avec les organes de l'administration centrale, ceux qui sont décentralisés et les entreprises des services publics.

La région avec un peu plus **de 10 millions d'habs**, est le centre de prise de décisions et de contrôles nationaux.

Le métropolitain et son complément le prémétro ont leur tracé qui se développe entièrement dans le District Fédéral, ils sont exploités par la compagnie du métro de Buenos Aires qui dépend de la municipalité du District Fédéral: à peine un **peu plus de 4 % des voyages** réalisés en Transport collectif sont effectués par Métro.

L'exploitant reçoit près de 30 millions de dollars annuels auxquels s'ajoutent la recette qui permet de couvrir les frais d'exploitation et de maintenance.

Actuellement le Métro de Buenos Aires se trouve confronté à l'analyse et l'évaluation des projets d'extension de lignes et principalement à déterminer le financement requis pour stimuler le **Plan d'expansion**.

### ***Le réseau de Métro et les extensions prévues***

Le réseau actuel compte **36,4 km de voies doubles réparties en 5 lignes**:

- Ligne A: Plaza de Mayo - Primera Junta      6,8 km



- Ligne B: Leandro N. Alem - Fco Lacroze	8,7 km
- Ligne C: Prza. Constitucion - Retiro	4,3 km
- Ligne D: Catedral - Mtro. Carranza	7,0 km
- Ligne E: Bolivar - Pza. Los Virreyes	9,6 km

A l'ensemble de ce linéaire on peut ajouter 21 km de voies simples pour manoeuvre et garage. La totalité des voies est construite au gabarit de 1,435 mètres. Il y a 62 stations dont 4 stations de correspondance, l'interstation moyenne est de 500 mètres et varie de 310 à 1083 mètres.

Le prémétro avec un linéaire de 7,5 km prolonge la ligne E du métro jusqu'à la limite sud ouest du District Fédéral.

**Le prolongement de la ligne D depuis la station Carranza vers la station Monroe (3 km) est en cours de construction** très en retard en raison de problèmes de financement.

**L'étude d'impact** du système de transport public sur le milieu urbain se situe dans la phase finale, elle a été réalisée pour le programme " La ville et le Transport " et constitue le thème de cette communication. L'objet de ce programme est de coordonner les juridictions de planification et de programmation représentées par le Sous secrétariat des Transports de la Nation, la municipalité de la ville de Buenos Aires, le Métro et les Chemins de fer Argentins.

### *Caractéristiques de l'offre*

L'état de la voie est sur les 2/3 de son linéaire très mauvais, ayant largement dépassé sa durée de vie utile. Le système de signalisation a été renouvelé sur quelques lignes, son état est bon et régulier. La vitesse moyenne est de 24 km / h, elle est supérieure à celles des autobus qui se situent entre 14 et 17 km / h selon les couloirs.

L'exploitation des services est réalisée exclusivement à partir des fréquences d'offre, selon la période du jour, il n'y a pas d'horaires et de diagrammes préétablis, le responsable de chaque ligne ordonne les départs en fonction des fréquences établies et la disponibilité du parc.

Le parc est constitué de 447 véhicules de 8 marques ou modèles différents. Les voitures ne sont pas compatibles entre les lignes sauf celles des groupes C, D et E. Les 2/3 du parc excède les 50 ans, on peut considérer que le temps de vie utile est largement dépassé. Aussi est il nécessaire de réaliser de fréquentes opérations de maintenance ce qui entraîne un faible taux de disponibilité.

### *Caractéristiques de la demande*

La fréquentation est croissante entre 1965 et 1970. **A partir de 1970, on constate une diminution de la demande** de l'ordre de 5 à 6 % par an, le volume de passagers transportés se **stabilise après 1976, il est de 400 000 passagers quotidiens transportés actuellement.**

Les raisons principales de cette diminution de la fréquentation sont:

- 1. **L'augmentation réelle de la valeur du prix du billet.** L'exécutif municipal fixe le tarif du métro qui a subi une augmentation progressive en relation avec le tarif des autobus et qui se situe actuellement au dessus du tarif minimum de l'autobus ce qui affecte le métro, les usagers pouvant continuer leur voyage en autobus vers leur destination finale.

- 2. **Baisse de la qualité de service.** Bien qu'acceptable, le service présente un manque de fiabilité ( dû au vieillissement des infrastructures et du parc) qui entraîne une certaine désaffection des usagers.

- 3. **Influence de la réduction du trafic subi par les chemins de fer.** Les stations terminales des chemins de fer de la Région sont reliées aux terminus du métro et constituent ainsi un important trafic pour celui ci.

D'une façon générale, la moitié du trafic est concentré sur les lignes A et B.  
La demande actuelle se caractérise par:

- **Motif de voyages:** 62 % des usagers voyagent pour leur travail, 10 % pour leurs études et 8 % pour les achats

- **Fréquence:** 55 % des voyages sont effectués quotidiennement, 16 % une fois par semaine et enfin les voyages qui s'effectuent selon un autre type de périodicité.

- **Symétrie des voyages:** 68 % des usagers questionnés utilisent le métro pour le retour, 25 % utilisent d'autres modes..

- **Possession d'une voiture particulière:** malgré 26 % d'usagers qui ne répondent pas, 52 % répondent ne pas posséder de voiture.

- **Emploi des enquêtés:** malgré une grande dispersion dans les réponses, 29 % ont un emploi privé, 15 % sont étudiants, 11 % une profession indépendante, et 9 % un emploi d'état.

- **Recherche pour améliorer le service:** dans leur grande majorité, les usagers demandent une augmentation de la fréquence, seulement 2 % des usagers questionnés suggèrent une extension des lignes.

- **Mode d'arrivée aux stations:** dans les terminus ou stations de correspondance, les usagers arrivent en train ou en taxi collectif, dans les autres stations les usagers arrivent à pied, la distance moyenne étant de 1200 mètres. Peu d'usagers arrivent en auto ou en taxi: il n'y a pas de parking de stationnement pour les voitures particulières à proximité des stations.

### *Description de la zone étudiée*

L'axe étudié est le principal axe radial vers le nord de la région métropolitaine de Buenos Aires, considéré comme l'entrée - sortie du District fédéral et la liaison entre le centre et la périphérie: il y a 25 lignes d'autobus et 3 lignes de chemin de fer de banlieue exploitées. La population de cette zone est estimée **en 1989 à 298 000 habs, le taux de croissance de cette zone étant supérieur à la moyenne.**

### *L'étude d'impact*

On a dû évaluer les effets résultant de la réalisation d'une intervention urbaine afin d'identifier:

- 1. Les effets négatifs qui doivent se compenser ou s'atténuer avec des mesures complémentaires;
- 2. Les aspects positifs qui bénéficieront aux propriétaires d'immeubles à proximité de l'opération afin de considérer des alternatives pour son financement.

A partir de là, deux grands thèmes sont identifiés: l'usage du sol et le système de transport.

L'étude s'intéresse à:

- a/ l'identification, au diagnostic et à la projection de la demande actuelle de voyages pour évaluer la demande qui se tournera vers le nouveau mode de transport ( métro ) et mesurer l'impact sur les exploitants actuels de transport.

b/ le diagnostic des activités et usage du sol de la zone d'influence du prolongement afin de déterminer les différents lieux d'amélioration et les zones susceptibles de changement dans l'avenir.

L'autobus qui transporte actuellement 90 % des usagers des différents modes supportera les effets majeurs du nouveau mode de transport.

Le réseau d'autobus de la ville de Buenos Aires est **exploité par des entreprises privées contrôlées par l'Etat, sans recevoir d'aide financière**, les conditions d'équilibre doivent être préservées afin d'éviter que la perte de passagers sur une ligne due à la diminution de l'accessibilité sur son tracé spécialement dans ces secteurs qui ne seront pas desservis par le nouveau mode, n'entraîne un abandon du service.

**Quant'à l'identification des activités et l'usage du sol**, un relevé de ces caractéristiques contribue notablement à déterminer les avantages locaux en relation avec les différents sous espaces composant la structure urbaine. Parmi ces avantages on trouve:

- 1. **L'accessibilité aux marchés ou autres équipements**, qui se transforme en réduction de coût et de temps de transport.
- 2. **La possibilité d'obtenir des économies d'échelle** et différentes vitesses de circulation du capital dans le cas d'utilisations productives.
- 3. **Les caractéristiques du type et l'intensité d'utilisation** que les conditions spéciales représentent pour l'attractivité, la création et la modification des voyages.
- 4. **Une certaine localisation en fonction du voisinage** qui possède des caractéristiques déterminées, physiques, sociales et symboliques en relation avec les lieux de travail, les zones commerciales, les services sociaux, etc...

### *Cadre méthodologique*

L'ensemble des effets sur le système de transport public a été évalué à partir de l'information obtenue par **les mesures et les enquêtes réalisées au mois de mars 1989**. L'enquête origine - destination a été réalisée suffisamment dans le détail afin d'obtenir le maximum de précision territoriale et évaluer les volumes de trafic qui se répartiront entre l'autobus et le métro.

Le modèle de répartition choisi est du **type logistique**, qui se calibre en utilisant des paramètres vérifiés dans les corridors confirmés. Ce modèle simple d'utilisation a donné des résultats satisfaisants pour des applications similaires dans d'autres grandes agglomérations.

### *Résultats obtenus*

a / Les tendances de changement dans l'usage du sol.

**A court terme** ( inauguration du prolongement de la ligne D 1995) pour l'utilisation résidentielle si la tendance actuelle continue, on prévoit la croissance constatée au dernier recensement.

**A plus long terme**, la densification progressive peut atteindre certaines limites dans les zones construites ralentissant le processus de croissance vers un niveau de consolidation plus élevé, non seulement par densité mais aussi pour le volume de capital fixé au sol et son faible niveau de dépréciation.

Les circonstances inverses groupées à un effet majeur de l'attractivité par le métro sur la rentabilité des investissements, peuvent être les éléments libérateurs du processus de valorisation de différentes zones, se caractérisant par un montant de capital inférieur, un plus haut niveau de dépréciation et moindre densité, et identifiées dans la zone étudiée comme dans les zones extérieures à l'ouest des stations Ministro Carranza, Colegiales et Monroe.

**En ce qui concerne les commerces**, trois situations peuvent être distinguées: le centre commercial, le commerce local, les stations terminus et de correspondances.

**Le premier cas** se présente comme une utilisation hautement consolidée: le métro a peu d'influence sur ce type d'implantation, les centres commerciaux ont une grande capacité de mobilité et de choix d'implantation.

**Le deuxième cas** se trouve plus lié à la population résidentielle et par conséquent est plus lié à l'accroissement de population mais les changements dans les règles d'achat montrent que la relation n'est pas linéaire.

**La 3ième situation** à considérer dans le secteur du commerce est en relation avec les stations terminus et les centres de correspondance.

La station Ministro Carranza est un site qui peut accroître son utilité commerciale en consolidant le transfert train - métro et en remettant en place la circulation sur l'Avenue Santa Fé actuellement interrompue par les ouvrages du prolongement.

La station Monroe s'articulera entre les services d'autobus et le métro vers une aire d'influence s'étendant vers la dernière station.

Enfin, **toute réalisation bien desservie par le métro sera un facteur inducteur de grande importance**, l'amélioration de cet usage dépend considérablement de l'action des agents immobiliers.

b/ Identification de la demande dans la zone étudiée.

L'enquête réalisée a donné pour résultat un mouvement journalier dans le sens Nord Sud de 120 262 personnes tandis qu'entrent dans la zone 51 988 personnes.

- **48 % des voyages** réalisés dans la zone correspondent à des **motifs de travail**.

- **16 % à des motifs d'études**.

- **5 % pour achats**.

- **8 % pour formalités**.

- **13 % pour autres motifs, tandis que 5 % ne répondent pas**.

Quant à la fréquence des voyages 54 % sont réalisés journalièrement, 17 % par semaine, 6 % mensuellement, 14 % avec une autre fréquence et 9 % d'usagers ne donnent pas de réponses.

**Sur les 120 262 voyages Nord - Sud réalisés par jour, 72 %** retourne avec le même mode, **12 % ne le font pas, 16 % ne le disent pas**. On constate une grande proportion de voyages pendulaires confirmant l'hypothèse formulée, à savoir, appliquer l'enquête sur un seul sens de voyage.

**Sur les 172 250 usagers du corridor**, 83 138 soit **48 %** des voyages correspondent aux usagers qui montent dans la zone du prolongement . 34 366 usagers qui montent soit **20 % de la totalité** ont leur destination vers des zones reliées au métro . Enfin, sur la totalité de 172 250 voyages, 109 626 soit **64 %** ont leur destination vers des zones desservies par le métro.

L'étude d'impact se trouve maintenant dans la phase d'application du modèle de simulation.

Pour la projection des voyages générés en transport public dans l'année 1995, on prend:

1/ taux constant de génération de voyages.

2/ les voyages qui ont pour origine les autres stations de la ligne D, augmenteront à un taux moindre que sur le tronçon du prolongement. On retient un **taux d'accroissement de 10 %** par rapport au nombre de voyages actuels.

Pour le calcul de la relation offre - demande on prend:

1/ maintien de la relation actuelle entre les voyages qui se réalisent sur la ligne D à l'heure de pointe et la moyenne des autres lignes (1,9).

2/ 20 heures par jour de fonctionnement du métro.

3/ 22160 places possibles ( assises et debout ) sur la ligne D par heure ce qui implique une utilisation maximum de l'infrastructure actuelle.

4/ 16702 passagers à l'heure de pointe actuellement pour 12800 places offertes, soit une relation de 1,3.

A partir de ces critères, un tableau permet d'observer que les voyages estimés pour 1995 selon les 2 premières alternatives ( dérivation de 10 ou 20 % des voyages ) présentent un niveau de confort meilleur qu'actuellement ( moins de 1,3 pas/places ) même si le service offert atteint le niveau de places/heure possible de 22 160. Si on essaie de capter plus de 20 % du total des voyages, générés pour la zone, et toujours à partir des critères énoncés, on devra accroître le nombre de places à l'heure possibles.

### *L'équipe et le coût de l'étude.*

L'étude d'impact décrite dure 18 mois, actuellement elle atteint le 13<sup>ème</sup> mois. 11 spécialistes et 8 techniciens par mois travaillent en moyenne sur cette étude. L'étude comprend aussi les effets du chantier sur la circulation dans la zone étudiée.

Le coût de l'étude, à l'heure actuelle, se décompose de la façon suivante:

- réorganisation de la circulation	3243 \$ US.
- enquêtes	3533 \$ US.
- équipes de spécialistes et techniciens	21737 \$ US.
- imprimerie	794 \$ US.

L'étude devrait coûter à son achèvement près de 40 000 \$ US. Si l'on tient compte du montant total du prolongement de 140 millions de \$ US.**soit 0,03 % du projet.**

Devant le montant peu significatif de l'étude, on peut se demander pourquoi les Preneurs de décision n'ont pas demandé d'effectuer cette analyse avant de réaliser les travaux d'une telle ampleur.

La réponse se trouve peut être dans le peu d'estime pour la Planification en République Argentine et au manque de considération des fonctionnaires politiques pour les spécialistes du Transport.

## **9. Un système de Transport rapide de masse pour DELHI.**

Cette communication développe le besoin pour la ville de Delhi d'un système guidé de transport de masse et les conséquences si ce système n'est pas réalisé.

### *Pourquoi un système de transport de masse pour Delhi ?*

Le système d'autobus actuel est inadapté et surpeuplé avec de longues périodes d'attente. **A partir de 2001, la demande sera de 2,7 fois plus importante qu'actuellement: 4,2 millions de passagers ont été transportés en 1988 - 89.** L'amélioration des transports publics en qualité et en volume est donc essentielle.

Le système de bus en circulation banalisée peut transporter **10000 pas/h/sens** sans confort pour les usagers.

**Les prévisions pour 2001** montrent que 200 kms de routes devront écouler **20000 pas/h/sens**, 135 kms jusqu'à **30000 pas/h/sens** et 33 kms jusqu'à **40000 pas/h/sens**. Ainsi les autobus ne pourront pas transporter le trafic prévu sur au moins 368 kms de lignes, le linéaire total de lignes devrait être de 1122 kms en 2001.

On ne pourra pas réaliser l' accroissement de routes nécessaires par manque de terrain ni les doubler.

Le Brésil est capable d'exploiter des systèmes d'autobus avec des capacités de 20000 pas/h/sens sur des voies spécialisées. Au delà de ce niveau de demande, la capacité du système diminue.

Le métro léger de surface ( pour garder un coût d'investissement bas ), a un niveau de capacité légèrement supérieur, mais a des problèmes d'exploitation similaires à ceux de l'autobus sur voies spécialisées.

Le seul choix possible pour répondre à la demande prévue **en 2001 est un système sur rail en site séparé**. Par ailleurs c'est la seule manière de dissuader les automobilistes de prendre leur voiture.

### ***La situation au fil de l'eau.***

Si un métro n'est pas réalisé à Delhi, les transports publics ne seront plus attractifs, les usagers prendront la voiture particulière avec toutes les conséquences pour la consommation d'énergie, les embarras de la circulation et la pollution.

Une estimation montre que l'introduction d'un métro à Delhi ferait économiser 1620 millions de Roupies ( 100 Rs = 27,7 FF) soit 449 millions de FF en 2001 et 7110 millions de Rs soit 1969 millions de FF en 2011.

L'accessibilité du centre diminuera si l'on ne fait rien, les affaires se feront ailleurs, de la même manière le développement des extensions de la ville sera limité par manque de transport public adapté.

### ***Le réseau de métro proposé et l'intégration des transports.***

**Le réseau proposé se répartit en 9 lignes d'un linéaire de 184,5 kms.** Ce réseau desservirait l'ensemble de l'agglomération y compris les futures extensions programmées à l'ouest et à l'est: ce réseau pourra être étendu aux villes satellites.

Le souci de réaliser l'intégration physique et opérationnelle du Métro, des Chemins de fer, des Autobus et autres modes de transport nous oblige de prévoir 19 stations d'échange entre le métro, le rail et les terminaux d'autobus.

Les lignes d'autobus seront réorganisées pour alimenter le réseau de métro, en 1<sup>ière</sup> phase le système rabattu couvrirait 60 % de l'agglomération. Des possibilités de correspondance seraient aménagées à chaque station de métro.

### ***Le phasage de la construction***

Le découpage et le phasage de l'opération sont décrits dans le tableau 1 de la communication: ils découlent du nombre de passager . km transportés par km de ligne pour chacune des 16 sections dans lesquelles 9 lignes ont été divisées pour l'étude. La 1<sup>ière</sup> phase inclura les six premières sections (67,5 kms) qui desservent les quartiers les plus fréquentés, s'étendra aux limites du cœur de la ville où le système peut effectivement être intégré aux différentes lignes d'autobus rabattues.

La première phase des travaux devrait être engagée en 2001 et la totalité du système en 2011.

Ce découpage limitera les dépenses pour le projet à **2 % du produit national brut de Delhi**.

### ***Les caractéristiques constructives***

**Le réseau de métro de 184,5 km se répartit en 27 km de souterrain, 140 km de corridors desservis par chemins de fer répartis en 2,5 km de souterrain et 26,5 km de viaduc le reste au sol, 17,5 km de busways au sol: le nombre total de stations de métro et de chemin de fer est de 108.**

Afin de réduire le coût de construction du métro 9,5 km de souterrain seront construits **au tunnelier sans interruption de la circulation** et 17,5 km seront construits avec **la méthode tranchée couverte (cut & cover)**. Le prolongement de la méthode de construction au tunnelier augmenterait le coût du projet et les dépenses correspondantes de devises. Les stations sont situées près de la surface pour minimiser les dépenses d'exploitation des escaliers mécaniques, etc ...

Les prévisions de la demande en 2001 sont de 40 000 pas/h/sens et cette demande devrait être doublée en 2021. Un système de transport guidé lourd est prévu: **des rames de 8 voitures devraient circuler avec un intervalle de 2 minutes.**

L'écartement de la voie retenu est 1676 mm afin de ne pas multiplier les écartements adoptés dans le pays. Les équipements de traction, de signalisation, de conduite des trains, de tarification seront analogues à ceux adoptés sur le métro de Calcutta. Il est proposé d'adopter le hâcheur de courant pour la traction, des équipements contrôlés d'air conditionné et d'escaliers mécaniques afin de limiter les dépenses d'énergie.

### ***Le financement***

La construction d'un système de métro à Delhi est à l'étude depuis 20 ans déjà: ce projet a été implanté de façon à ce que son coût soit aussi bas que possible et que son financement ne soit pas une charge pour l'Etat. **Sur 184,5 km, 155 km sont réalisés au sol, la plupart sur des plateformes ferroviaires existantes.** Le financement du projet est réalisable si l'on admet que l'amélioration des transport profite non seulement aux utilisateurs mais aussi aux automobilistes qui circuleront mieux, aux commerces et aux propriétaires fonciers. Nous proposons ainsi que l'Autorité des Transports publics **prennent en charge directement le développement de l'immobilier au droit du métro afin de générer** des fonds qui permettront de financer le projet.

**Le coût estimé du projet est** de 53 780 millions de Roupies ( **14897 M FF** ) et 25 580 M Rps ( **7086 M FF** ) pour la 1<sup>ière</sup> phase de 67, 5 km ( **soit 105 M FF / km** ).

Le développement foncier de l'espace au droit du métro est estimé devoir produire un profit net de 47 740 M Rps ( **13 224 M FF** ): ce gain pourrait être supérieur en augmentant le coefficient d'occupation des sols pour couvrir le coût total du projet.

En outre l'augmentation de l'attractivité des Transports publics devrait augmenter la viabilité de l'exploitation du métro.

Nous ne perdons pas de vue l'effet contraire d'un tel développement immobilier sur la demande, les contraintes physiques de réalisation d'un tel programme, aussi nous ne prenons en compte que 2 / 3 du coût du projet couvert par le développement immobilier: ainsi le projet de métro coûtera à l'Etat moins de 1000 M Rps ( **277 M FF** ) **à payer pendant 20 ans.**

Au niveau actuel de la tarification de 1,5 Rps par usager en moyenne ( 0,42 FF ), avec une demande estimée de **7 millions d'usagers par jour**, les recettes pour le système complet et la 1<sup>ière</sup> phase sont respectivement de 5790 M Rps ( 1604 M FF ) et 1880 M Rps ( 521 M FF ). Ces recettes couvriront entièrement les coûts d'exploitation, de maintenance et de dépréciation du système de métro respectivement de 4140 M Rps ( 1147 M FF ) et 2000 M Rps ( 554 M FF ). Si la demande suit les prévisions l'exploitant n'aura donc pas besoin de subventions. Aussi pour assurer l'attractivité du futur système, le plus grand soin est accordé à l'intégration physique des différents modes de transports de la ville. On peut envisager si la couverture des coûts d'exploitation n'est pas obtenue de taxer les bénéficiaires indirects du projet.

### ***Les gains pour l'économie générale***

Les gains obtenus sur les temps de parcours et l'économie de pétrole sont estimés à 29 980 M Rps ( 8304 M FF ) pour le système complet et 14 370 M Rps ( 3980 M FF ) pour la 1<sup>ière</sup> phase soit un taux de profit interne de 24,58 à 30, 81 % pour le système complet et 18,94 à 25,5 % pour la 1<sup>ière</sup> phase par rapport au coût estimé du projet . En outre, l'introduction d'un système de métro amènera des économies directes à la fois en capital d'investissement et subventions d'exploitation généralement accordées au système d'exploitation par autobus: elles sont estimées en cumulé à 28750 M Rps ( 7964 M FF ) et 5210 M Rps ( 1443 M FF ) respectivement pour le système complet et la 1<sup>ière</sup> phase.

### *L'autorité organisatrice*

L'aspect le plus important du projet de métro de Delhi est **son plan financier**, à la fois l'investissement et ses gains. Ceci restera la responsabilité de l'administration de Delhi. On propose donc que ce soit l'administration qui organise le projet, les Chemins de fer indiens qui ont l'expérience nécessaire étant Maître d'oeuvre.

**Une compagnie du métro autonome** pourrait être constituée pour projeter, construire et exploiter le système selon les principes commerciaux. En attendant, une autorité provisoire avec un budget alloué peut être constituée immédiatement pour planifier la réalisation du projet .

### *Conclusion*

On peut dire que le projet de métro de Delhi est **un projet très en retard**: tout retard supplémentaire ne peut qu'**augmenter son coût**.

Les gains directs et indirects obtenus par sa réalisation sont élevés. Les économies de pétrole obtenues sur la consommation et l'exploitation des autobus fourniront des économies directes pour la balance commerciale de l'Inde.

Par dessus tout, **l'investissement peut être en grande partie financé par le développement de l'espace environnant du métro, une pratique de plus en plus courante à travers le monde.**

### *Conclusion générale*

Cet atelier dont le thème est **l'évaluation et les impacts de Projets de transport de masse** nous montre que partout dans les pays industrialisés ou en développement les Maîtres d'ouvrage et les Maîtres d'oeuvre de réalisation de système de transport urbain marquent le plus grand intérêt pour toutes les méthodes qui permettent de définir les coûts et les impacts de ces réalisations sur l'environnement urbain en général.

Les modèles et les études d'impact :

- Le modèle d'évaluation pour les systèmes en PED d'Halcrow Fox présenté par MM J.M. THOMSON et R.J. ALLPORT,
- L'approche méthodologique et la recherche de critères de choix techniques et financiers définies par Mme C. BARBIEUX et Mr F.KUHN,
- L'étude comparée d'impacts de différentes technologies présentée par Mr L.A. LINDAU & Co.
- L'élaboration des Plans Maestro pour l'agglomération de Mexico avec les différents scénarios de croissance, de modérée à catastrophique, à l'horizon 2010 présentée par Mme S. LISZT,



- Les effets sur l'emploi des investissements dans les transports urbains étudiés par MM H. BAUM et G. PFAU,

- L'étude d'impact du prolongement de la ligne D du métro de Buenos Aires présentée par Mme P. BRENNAN et H.O. VICENTE,

cherchent à approfondir les paramètres sensibles aux coûts qui pourraient selon le cas permettre de favoriser le bon choix d'un système adapté à telle ou telle ville d'un PED et identifier sous quelles conditions les métros peuvent être justifiés devant la nécessité d'autres besoins de base.

L'expérience du Métro de Sao Paulo décrite par Mr RUMAN, nous rappelle que le métro lourd avec ses coûts importants n'est adapté qu'aux grandes agglomérations ayant de fortes demandes de transport et des possibilités financières importantes pour réaliser ce type de système. Aussi la compagnie du métro de Sao Paulo s'intéresse à toutes les technologies favorables à une baisse des coûts de réalisation et d'exploitation d'un métro et qui améliore la qualité et la fiabilité.

Le projet de réaliser une voie d'essais pour un véhicule à moteur linéaire avec l'aide de l'Université et d'Instituts de Technologie et l'ouverture du Marché brésilien à la compétition internationale sont des éléments concrets qui nous confirment que les responsables de transport public sont souvent à la recherche de la solution qui résout le difficile problème du transport du plus grand nombre d'usagers avec la meilleure qualité de service, à un coût compétitif.

La présence d'une ligne urbaine de chemin de fer présente un atout majeur pour une agglomération mais comme le rappelle Mr HUGONNARD les infrastructures existantes peuvent être tout aussi bien des atouts pour le futur projet que des obstacles.

Enfin le projet de métro de Delhi nous montre qu'il est possible de concevoir un métro sur un grand linéaire en surface et de baisser ainsi les coûts qui sont estimés à Delhi à 105 M FF / km contre 500 M FF sur la 3<sup>ème</sup> ligne du métro de Sao Paulo. Mr SINGAL nous indique qu'à trop attendre des investissements rationnels pour une restructuration des transports publics, on augmente à moyen terme les dépenses de la collectivité pour leur transport avec toutes les conséquences néfastes pour l'équilibre des fonctions urbaines.

## COMPTE RENDU

-----

Objet: Mission au Brésil du 22 septembre au 7 octobre 1990.

-----

Cette mission a eu pour objet d'assister à la conférence CODATU qui s'est déroulée à Sao Paulo du 23 Septembre au 29 septembre, de visiter le réseau de transport urbain de Curitiba avec présentation du projet de métro léger, et de donner 3 conférences sur le métro léger et le métro automatique à l'Université Pontificale de Curitiba associée à l'Université Technique de Compiègne entre le 30 septembre et le 6 octobre 1990.

### **1. La V<sup>e</sup> conférence sur les Transports Urbains dans les Pays en Développement .**

Après la session d'ouverture qui s'est déroulée au Mémorial de l'Amérique latine où les différents orateurs nous ont parlé de l'évolution des échanges et de la coopération internationale et de leurs conséquences sur les transports urbains, la conférence répartie en ateliers, à raison de 3 ateliers menés parallèlement par demi journée, s'est déroulée sur 3 jours, ainsi:

- le premier jour,
  - . Coopération et Transfert d'expériences
  - . Le transport de masse: alternatives techniques
  - . La gestion de la circulation
  
  - . Les acquis des expériences de transports collectifs dans les pays en développement
  - . La maintenance des autobus urbains
  - . La gestion planifiée et intégrée de la circulation.
- le deuxième jour,
  - . La déréglementation du transport urbain
  - . Transport de masse: évaluation et impacts ( cf. résumé de l'atelier ci après)
  - . Session spéciale su le Brésil: le cas de Sao Paulo
  
  - . Transports collectifs: complémentarité et coordination
  - . Transports collectifs: financement et tarification.
  - . Modèles adaptés pour la conception des systèmes de transport.
- le troisième jour,
  - . Transport, environnement et dynamique urbaine
  - . Transport, usagers et mobilité urbaine
  - . Formation
  
  - . Table ronde: Diagnostic et Politiques des Bailleurs de Fonds
  - . Synthèse
  - . Cérémonie de clôture.

- le quatrième jour a été consacré aux visites techniques sur le réseau d'autobus , de trolleybus et de métro de l'agglomération de Sao Paulo.

Je joins en annexe le résumé de l'atelier " Transport de Masse: Evaluation et Impacts" auquel j'ai participé.

On trouve aussi en annexe quelques documents fournis par les principaux exposants qui présentaient leur matériels ou logiciels en parallèle à la conférence.

## **2. Visite de l'agence d'urbanisme de la ville de Curitiba (IPPUC).**

### ***La ville de Curitiba.***

#### **1 - L'Etat du Parana.**

Près de 200 000 km<sup>2</sup>, avec une population de 9,3 millions d'habitants, l'Etat du Parana se situe au sud est du Brésil.

## **2 - Curitiba.**

- 431 km<sup>2</sup> pour 1,6 millions d'habitants en 1989. Le taux de croissance démographique est estimé à 4,6 % dans la période 80 - 90.

- l'activité économique est à 64 % tournée vers le commerce, à 16 % à caractère industriel et 20 % vers les activités tertiaires.

## **3 - Plan de développement urbain**

Ce Plan instauré dans les années 60, reposait sur les principes suivants:

- développement radial de la ville autour d'axes de transports servant d'épine dorsale au développement urbain.

- hypercentre destiné au commerce traditionnel, préservé des nuisances de la circulation automobile par deux anneaux routiers à sens unique tournant en sens inverse.

## **4 - Le plan d'occupation des sols.**

Le premier plan d'occupation des sols a été approuvé dès 1966. Les suivants ont démontré les mêmes volontés de maîtriser le développement urbain en structure radiale:

- un axe lourd autobus encadré par deux voiries de desserte en sens unique avec un COS maximum aux abords immédiats de cet axe privilégié.

Le COS décroît au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'axe structurant. Des voies rapides, à sens unique, sont placées entre les axes structurants, elles sont connectées sur les deux anneaux routiers qui cernent l'hypercentre.

Il est, par exemple, très surprenant de voir des immeubles en construction en plein terrain vague à 4 km du centre ville, au bord d'un axe lourd autobus.

## **5 - Transports publics**

Le système de transport public comporte:

- 13 lignes urbaines (exploitées avec des autobus articulés Volvo sur les axes lourds)
- 7 lignes interquartiers
- 79 lignes en rabattement.

Ce système dessert 65 % de la superficie de l'agglomération et transporte chaque jour 523 000 usagers.

Les 5 axes lourds autobus représentent une longueur de 54 km, les lignes en rabattement 270 km et les lignes interquartiers 185 km.

Le réseau est exploité par 9 compagnies privées qui sont coordonnées par l'URBS (Organisme Municipal chargé de la coordination des transports en commun), sous l'autorité de la Municipalité.

Le parc de véhicules est constitué par 1399 véhicules dont 102 autobus articulés et 1108 autobus standards avec un taux de réserve global de 35 %. On obtient ainsi en ligne à l'heure de pointe 1165 véhicules dont 91 articulés et 932 standards. L'âge moyen des véhicules est de 7 ans.

Le trafic à l'heure de pointe pose de sérieux problèmes puisqu'on peut atteindre 13 150 pas/h/sens sur les tronçons les plus chargés.

## *Les études de faisabilité du Métro léger.*

### **1 - Fréquentation sur les lignes actuelles**

	<b>Nombre de lignes</b>	<b>pas./ jour</b>
1974	10	54 000
1980	57	281 000
1989	99	523 000

On observe actuellement une charge de 13 600 pas / h / sens sur la ligne la plus chargée représentée par le tronçon Sud de la ligne express Nord - Sud.

### **2 - La ligne de Métro léger**

La ligne Nord - Sud de 19 km de long a été retenue comme le futur axe de Métro léger pour répondre à la demande de transport actuelle et offrir une réponse cohérente à la demande prévue:

	<b>Population</b>	<b>% de Population desservie</b>
1990	1 600 000	56 %
2000	2 100 000	58 %
2010	2 400 000	59 %

La demande de transport correspondante est la suivante :

	<b>Pas. / jour</b>	<b>Total</b>	<b>H.P.</b>
1990	150 000	190 000 340 000	13 000
2000	190 000	230 000 420 000	15 000
2010	260 000	280 000 540 000	17 300

### **3 - Tracé**

Le tracé suit celui de l'axe lourd autobus Pinheirinho - Santa Candida, à l'exception de la traversée du centre ville qui comporte un tronçon en souterrain près de l'hypercentre: **la ligne fait un linéaire de 19,04 km.**

### **4 - Etudes comparatives**

Des études comparatives entre différents systèmes (bus standard à 105 pas., bus articulé à 170 pas., tramway à 300 ou 400 pas., métro à 1000 pas. de capacité unitaire) ont été effectuées.

Ces études ont été réalisées en tenant compte des paramètres propres à chaque système (longueur, nombre de portes, durée de vie du véhicule, vitesse commerciale, distance entre arrêts, caractéristiques des équipements fixes, etc...)

Les calculs effectués ont porté en premier lieu sur les coûts annuels d'exploitation, les coûts d'investissements comparés de chaque système y compris l'amortissement des matériels et des installations.

Cette étude a ensuite été complétée par l'effet sur l'environnement de chaque système (bruit, pollution, etc...)

Le Métro léger a été retenu dans la conclusion de cette étude comme la meilleure réponse aux problèmes de transport de Curitiba.

### ***Le projet de Métro léger***

#### **1 - Aspects techniques.**

La ligne fait un linéaire de 19,04 km avec 2 terminus et 5 stations de correspondance intermédiaires, terminus des lignes d'autobus en rabattement, et 23 stations normales.

Le terrain naturel est relativement plat sauf quelques rampes de 8 %.

Les véhicules retenus sont articulés. La capacité unitaire est de 300 à 400 pas. ( 6 pers./m<sup>2</sup>), soit 27 m ou 34 mètres de longueur unitaire avec un gabarit de 2,60 m. La tension retenue est de 750 V continu.

Le nombre de véhicules nécessaires est de 69 unités de capacité unitaire de 300 places ou 52 unités de 400 places.

Les coûts estimés sont:

- pour un véhicule articulé **de 300 places 1,2 M US\$ soit 6 M FF,**
- pour un véhicule biarticulé **de 400 places 1,5 M US\$ ou 7,5 M FF.**

#### **2 - Maîtrise d'ouvrage du projet**

Elle est confiée à l'URBS, l'ingénierie sera assurée par l'IPPUC, renforcée par des techniciens de l'URBS et des consultants pour créer un groupe d'étude pluridisciplinaire.

L'exploitation du Métro léger sera attribuée ensuite à une entreprise privée ou un groupement dans lequel participeraient les exploitants actuels d'autobus, sous couvert de l'URBS.

#### **3 - Coût du projet.**

Le coût total du projet ( sans le passage en souterrain de 0,8 km) est estimé à **240 M US \$ soit 1200 M FF et donc 63 M FF / km** dont 82,8 M US\$ pour un parc de 69 véhicules soit 6 M FF / veh.

Si l'on estime les travaux de tunnel à 70 M FF le km le montant du projet revient à:

$$1200 + 56 = \mathbf{1256 \text{ M FF soit } 66 \text{ M FF / km.}}$$

#### **4 - Planning de réalisation**

L'ensemble du projet doit être réalisé en 24 mois avec le véhicule tête de série du matériel roulant fabriqué en 12 mois. La mise en service est prévue en Janvier 1993.

#### **5 - Etat actuel du projet**

L'avant projet sommaire du projet est terminé depuis début 1990.

Un avant projet détaillé est en cours, réalisé par des bureaux d'études brésiliens ayant travaillé sur le métro de Sao Paulo, par exemple.

Les élus de Curitiba recherchent des financements étrangers, au Japon, et en Espagne par exemple.

### ***Conclusion***

Le projet de Métro léger de Curitiba semble très viable pour plusieurs raisons:

- la ville a une bonne structure de Maîtrise d'ouvrage avec l'URBS, chargé de la coordination des transports urbains et l'IPPUC chargée de la planification urbaine et des études.

- 68 % de la population dépend des Transports Urbains.

- l'emprise du futur tracé existe puisque 17 km sur 19 km réutilisent les sites propres de l'axe lourd autobus et les stations terminus et de correspondance existent, ayant réalisé déjà des réservations pour le futur métro léger.

Restent les problèmes du financement et du planning de réalisation!!

## PERSONNES RENCONTREES

-----

### à SAO PAULO

- Mr Bernard BOIDIN, Conseiller commercial, Consulat Général de France à Sao Paulo
- Mr J.P. GARINO, Ambassade de France
- Mr Ayrton Camargo & SILVA , Métro de Sao Paulo
- Mlle Emilia HIROI, Métro de Sao Paulo
- Mr Waltercio ZANVETTOR, IPT Sao Paulo
- Mr Alberto Guido MULLER, économiste à Buenos Aires
- Mr Luiz Fernando Augusto de OLIVEIRA, TCI, Planejamento, Projeto e Consultoria Internacional Ltda, Brasília
- Mr José Eduardo de ASSIS LEFEVRE, EMURB, Empresa Municipal de Urbanização de Sao Paulo
- Mme Eneida Godoy HECK, EMURB, Sao Paulo
- Mr Carlos Alberto PEDROSO, DIGITRAN, Engenharia de Sistemas Ltda, Sao Paulo
- Mr Joao Carlos CASCAES, Empresa Meridional de Consultoria
- Mr Oscar FIGUEROA, REDES, Santiago de Chile
- Mr Luis Iriarte GARCIA, Jefe Depto Planificacion, Métro de Santiago
- Mr Benjamin G. PEREZ, Parsons & Brinckerhoff, New York
- Mr Taoufik BOUKHRIS, Directeur de la Planification, Métro léger de Tunis
- Mr Louis E. SERVANT, IAURIF
- Mr Bernard ETTEINGER, IAURIF
- Mr Geoff GARDNER, Overseas Unit TRRL, Londres
- Mr P.R.FOURACRE, Overseas Unit TRRL, Londres
- Mr Maurice JALLAGEAS, Dept du Matériel Roulant Bus, RATP
- Mr Mahmoud BEN FADHL, PDG de La SNT, Tunis
- Mr Bernard DESERT, Ing en chef Assainissement CUDL, Lille

- Mr KNAFF, directeur technique à la CUDL, Lille.

#### à CURITIBA

- Mr SCHAEGER de l'UTC, Compiègne
- Mr Gierson KOCH, GTU, Pontificia Universidade Catolica, Parana
- Mme Nadiesda ROMANO, Alliance Française,
- Mr Cassio TANIGUCHI, Directeur de l'IPPUC
- Mr Luiz HAYAKAWA, Directeur de la planification, IPPUC
- Mr Ricardo HAYASHI, Directeur du Projet, IPPUC
- Mr Roberto del SANTORO, IPPUC
- Mr Fric KERIN, économiste & Directeur des Relations Publiques, IPPUC.

#### à RIO

- Mme Maria Darcy F.C. ZYLBERBERG, Relations Publiques du Métro de RIO.
- Mr Marcos ZYLBERBERG, Gerente de Departamento de Operações, Métro de RIO.



## DOCUMENTS RAPPORTES

-----

- Etude de faisabilité du projet de Métro léger de Curitiba réalisée par l'IPPUC en 1990.
- Les N° 48, 39, 32 de la revue des Transports Publics ANTP du Brésil.
- Revues interne de l'entrepreneur de Génie Civil Andrade Gutierrez n°10, 13, 15, 16 et 18.
- Revue n° 138 de Cités Unies.
- Sistema estrutural de Média capacidade, ( système de trolleybus de São Mateus ) cuaderno 3 vol.4 . par le Métro de São Paulo.
- Relatorio da ADMINISTRACAO 1989, Métro de São Paulo.
- Estudo de Viabilidade da Implantação do Aeromovel em Manaus, Prefeitura Municipal de Manaus édité par TCI.