

FK

LES
CHEMINS DE FER URBAINS

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET SOCIALE

PAR HENRI RUHLMANN

Ingénieur des Arts et Métiers
et des Arts et Manufactures,
Docteur en droit.

PRÉFACE DE M. PAUL MARTIN

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Administrateur-délégué,
Directeur général du Chemin de fer Métropolitain de Paris.



PARIS
LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
LÉON EYROLLES, ÉDITEUR

61, Boulevard Saint-Germain

1936

Tous droits réservés.

A Michel Fichet,

en souvenir de notre collaboration pour
la construction du Métro de Lille, et en témoignage
de ma vive admiration pour son intelligence
et son enthousiasme.

Mars 1979

H. Reblum

LES

CHEMINS DE FER URBAINS

PRÉFACE

Les chemins de fer urbains, qui font l'objet de ce travail de M. Ruhlmann, sont nés du besoin de vitesse et des difficultés de circulation dans les cités modernes.

Au xix^e siècle, les grandes villes, moins vastes et moins peuplées qu'aujourd'hui, ont pu se contenter des omnibus et des tramways comme seuls moyens de transports publics. Au xx^e siècle, les grandes agglomérations urbaines ont pris une telle étendue, les distances des lieux d'habitation aux lieux d'occupations ont augmenté dans une telle mesure, que la vitesse des véhicules empruntant la voie publique n'a plus été, dans bien des cas, suffisante. En même temps, la concentration journalière de la population dans les quartiers de travail devenait telle que, même dans les villes jeunes comme les cités américaines, la circulation dans les artères était de plus en plus difficile.

Le besoin de vitesse et l'insuffisance des voies publiques conduisaient à substituer, aux moyens de transport circulant dans la rue, le chemin de fer à plate-forme indépendante. En même temps, le coût des terrains et les difficultés des expropriations incitaient à chercher au-dessus et plus souvent au-dessous des chaussées, le passage impossible au niveau du sol. De là, ce fait que « Métropolitain » est presque devenu synonyme de chemin de fer souterrain.

Toutefois, suivant la disposition géographique des villes, les mêmes causes n'ont pas joué tout à fait de la même façon et elles ont conduit, pour la construction des réseaux, comme pour la tarification et le mode d'exploitation, à des solutions un peu différentes.

A Paris, enfermée jusqu'à ces dernières années dans son enceinte

fortifiée, à New-York, longtemps resserrée dans l'île de Manhattan, les réseaux ferrés urbains ont atteint une densité extraordinaire : à Paris près de 2 kilomètres de lignes par kilomètre carré à l'intérieur de l'ancienne enceinte. A Londres au contraire, où l'extension de la ville en surface n'était limitée par aucune barrière, la population s'est étendue sur de larges espaces, et le réseau, moins serré dans le centre, a lancé, vers la banlieue, de très longs tentacules ; plutôt qu'un Métropolitain, au sens parisien du mot, c'est un système de voies ferrées suburbaines dont les lignes s'enfoncent seulement sous terre pour pénétrer dans les quartiers centraux. A Berlin, les deux conceptions coexistent, le réseau de l'Untergrundbahn rappelant, en moins dense, celui de Paris, tandis que l'ensemble des lignes urbaines et suburbaines de la Reichsbahn constitue comme un second Métropolitain aux longs prolongements, plus semblable à celui de Londres.

A la différence des tracés correspond une différence de tarifs : à Paris, à New-York, tarif unique indépendant de la distance ; à Londres, tarification presque kilométrique ; à Berlin, système hybride, où cinq échelons de tarifs correspondent à cinq réseaux de plus en plus étendus.

Les deux conceptions produisent des résultats assez différents. Sur les réseaux denses à tarif unique, le trafic est beaucoup plus intense que sur les réseaux étendus à tarif différentiel. Pour des populations presque égales, le Métropolitain de New-York transporte, en chiffre rond, 2 milliards de voyageurs annuels, celui de Londres, 500 millions seulement ; de même, pour des populations presque égales aussi, le Métropolitain de Paris a quatre fois plus de trafic que celui de Berlin.

Si on réfléchit au coût de construction des voies ferrées souterraines, à l'énormité des capitaux engagés, on est conduit à penser qu'il importe, dans l'intérêt général, que des ouvrages très coûteux soient utilisés le plus possible, et que, par conséquent, la formule de Paris et des villes américaines est la meilleure.

Cette formule a permis, à Paris, avec des tarifs qui, en valeur, sont inférieurs aujourd'hui à ceux de 1900, d'amortir déjà, en grande partie, les 90 kilomètres de lignes construits avant la

guerre ; dans trente ou trente-cinq ans, toutes les lignes urbaines actuellement exploitées — 140 kilomètres — seront amorties à leur tour, et feront partie, libres de toute charge, du patrimoine de la Ville de Paris.

Un second réseau, qui sera la propriété du Département de la Seine, se constitue en ce moment avec les prolongements en banlieue des lignes urbaines. La distinction entre ce réseau de banlieue et le réseau urbain est purement administrative, les communes suburbaines ne se distinguant plus guère de Paris depuis que l'enceinte fortifiée a disparu ; en raison du peu de longueur des prolongements, les tarifs urbains y ont été purement et simplement appliqués. Le Métropolitain s'est ainsi étendu à la banlieue sans perdre les qualités de bon marché et de simplicité qui ont été les causes principales de son succès.

L'attachement à des méthodes d'exploitation qui ont fait leurs preuves n'empêche pas le Métropolitain de Paris de se moderniser. L'augmentation de la fréquence et de la vitesse des trains, le renforcement des moyens d'élévation mécaniques, l'intensification de l'éclairage dans les stations et dans les trains, l'amélioration de la ventilation, sont les principaux sujets d'études de ses techniciens à l'heure actuelle.

Les 20 kilomètres de lignes en construction, les 30 kilomètres restant à mettre en chantier, bénéficieront des ressources les plus modernes de la science et de la technique.

Quand le Métropolitain de Paris sera achevé, il n'aura, nous le croyons fermement, rien à envier aux réseaux similaires des autres capitales. Une richesse durable aura été créée en même temps qu'un outil puissant, indispensable à la vie d'une cité moderne.

Paul MARTIN.

27 mars 1936.

Ingenieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Administrateur-Délégué,
Directeur Général du Chemin de fer Métropolitain de Paris.

CHEMINS DE FER URBAINS

ÉTUDE ÉCONOMIQUE ET SOCIALE

INTRODUCTION

L'extension constante des grandes agglomérations urbaines est un des caractères les plus frappants de l'évolution des sociétés humaines progressives. Elle est tellement liée au développement général des civilisations qu'elle en constitue à la fois l'indice le plus sûr et le facteur le plus efficace. C'est par les vestiges des cités anciennes que les archéologues apprécient le degré de civilisation des peuples disparus. C'est en construisant des villes que les nations colonisatrices, depuis l'époque des Romains jusqu'à nos jours, introduisent leur organisation sociale chez les peuples primitifs soumis à leur influence.

Le développement des villes apparaît comme un phénomène nécessaire, résultant du jeu naturel des forces économiques. Or, le fait essentiel qui domine l'évolution des forces économiques, c'est l'extension toujours croissante de la division du travail. Telle est également, nous allons le montrer, la cause profonde qui provoque la formation des agglomérations urbaines.

Au point de vue général, la division du travail est le facteur principal de l'augmentation continue de l'efficacité du travail humain que l'on constate dans les sociétés en progrès. Cette division est poussée si loin chez les nations modernes que ce serait pour nous une stupéfaction si nous n'y étions tellement habitués, écrivait Adam Smith. Les raisons de l'efficacité du travail divisé sont bien connues : c'est l'habileté que permet d'acquérir la spécialisation, c'est l'économie de temps produite par la continuité de la même besogne, c'est la possibilité d'employer des outils perfectionnés et des

machines. Nous ne citons que les principales, mais elles suffisent à expliquer le rôle de la division du travail dans la formation des villes.

Les raisons de l'efficacité de la division du travail montrent d'abord que son extension est subordonnée à l'importance de la production à réaliser, c'est-à-dire à l'étendue du marché où celle-ci peut être écoulee. Aussi, voyons-nous la division du travail poussée beaucoup plus loin dans les villes que dans les villages. Dans les villes, il existe une quantité considérable de professions, de commerces et d'industries très spécialisés qui peuvent trouver un marché suffisant grâce à la grande masse d'habitants groupés dans l'agglomération. Dans les villages, au contraire, le même individu doit exercer plusieurs professions pour occuper son activité et gagner une clientèle lui permettant de vivre.

Le deuxième caractère de la division du travail, c'est de se montrer d'autant plus féconde que son domaine d'application est plus étendu. Par cette propriété fondamentale, elle constitue un facteur permanent de déséquilibre entre les grandes et les petites agglomérations urbaines et augmente constamment les premières au détriment des secondes.

D'une façon générale, en effet, quand deux groupes humains d'importance inégale sont mis en contact, les industries du plus puissant éliminent celles du plus faible, parce qu'elles ont pu être divisées davantage et, par suite, mieux organisées. Cette élimination est favorable au progrès économique, car le groupe subsistant gagne un marché plus étendu et peut pousser plus loin sa division de travail.

Or, ces mises en contact, ces concurrences, se sont produites sans cesse dans l'évolution des sociétés grâce à l'amélioration continue des moyens de communication. Successivement, les bourgs ont diminué d'importance au profit des petites villes, et celles-ci ont abandonné une partie de leur activité au profit des grandes.

Le mouvement des hommes suit ce déplacement des forces économiques. L'attraction d'un centre en développement s'explique aisément : l'extension du marché y provoque en effet une demande continue de main-d'œuvre qui se traduit par l'offre de salaires plus élevés ; les revenus de la ville peuvent se maintenir supérieurs à ceux de la campagne, le travail social, plus divisé, y étant plus fécond et plus productif.

L'observation des faits confirme l'exactitude de ces causes générales de formation des agglomérations urbaines :

L'influence de l'importance des villes sur la rapidité de leur extension est clairement soulignée par E. Levasseur qui conclut ainsi une étude sur le mouvement de la population française¹ : « Le taux d'accroissement de la population urbaine est supérieur à celui de la population rurale ; celui des villes de plus de 20.000 habitants est supérieur à celui de la population urbaine en général ; celui des grandes villes de plus de 100.000 habitants est supérieur à la plupart des autres villes ; celui de Paris l'est de beaucoup à la moyenne des grandes villes... »

La force d'attraction des groupes humains, comme celle de la matière, est en général proportionnelle à leur masse. »

L'action des moyens de communication — ces générateurs de marchés nouveaux — sur la croissance urbaine n'apparaît pas avec moins de netteté.

Les premières agglomérations importantes furent d'abord des ports ou des villes situées sur des fleuves navigables. Pendant très longtemps, en effet, la mer et les fleuves, « ces chemins naturels qui marchent », furent les moyens de communication les plus commodes et les plus sûrs.

Mais, dans ce domaine, le meilleur exemple est fourni par l'accroissement considérable des grandes cités au cours du XIX^e siècle, accroissement qui a suivi la brusque révolution de l'industrie des transports provoquée par l'apparition des chemins de fer.

Entre 1800 et 1900, la population des grandes villes de plus de 100.000 habitants est passée de 7 à 35 p. 100 de la population totale en Angleterre, de 2,7 à 14 p. 100 en France, de 1 à 20 p. 100 aux États-Unis.

La population des grandes capitales a grandi proportionnellement davantage : celle du département de la Seine (qui forme la plus grande part de l'agglomération parisienne) est passée de 630.000 à 3.670.000 habitants, celle de Londres de 958.000 à 4.536.000 habitants, celle de Berlin de 172.000 à 2.035.000 habitants.

Des mouvements d'une telle ampleur peuvent étonner. Mais on les comprendra mieux en songeant à l'extraordinaire progrès que les chemins de fer réalisaient par rapport aux anciens modes de loco-

1. E. Levasseur, *Le mouvement de la population française*, livre II, p. 355.

motion. « Quelque découverte qui puisse être faite dans l'industrie et dans les arts, écrivait Eugène Flachet en 1867, il n'y en a pas qui vaille celle qui a abaissé de 4 à 1 le prix du transport de toutes choses, en augmentant par surcroît la vitesse dans le rapport de 1 à 5. »

Cependant, l'extension régulière des villes aggravait sans cesse depuis des siècles un mal social redoutable, apparu dès la formation des premières agglomérations : la concentration excessive de la population.

En effet, les moyens de circulation dans les villes étaient restés pendant très longtemps à l'état rudimentaire. La grande masse de la population n'avait d'autre ressource que la marche à pied pour se rendre d'un point à un autre de l'agglomération. Les citadins cherchaient à se loger près du lieu de leur travail pour limiter les pertes de temps occasionnées par leurs déplacements quotidiens. Cette nécessité, imposée par l'absence de moyens de transports rapides, est le facteur principal qui s'est opposé à l'extension territoriale des cités avant le milieu du XIX^e siècle¹.

Les superficies urbaines étaient aussi fréquemment limitées par l'existence d'enceintes fortifiées. Le développement de Paris est très caractéristique à cet égard. Successivement, cinq lignes de rempart sensiblement concentriques furent construites sous les règnes de Philippe-Auguste (253 hectares), de Charles V (439 hectares), de Louis XIV (1.404 hectares), de Louis XVI (3.370 hectares), de Louis-Philippe (7.802 hectares). On imagine aisément que la construction d'une nouvelle enceinte, opération fort coûteuse, ne se décidait que lorsque la ville était véritablement saturée. C'est donc par zones concentriques très denses que se produisait la croissance urbaine.

Il est curieux de noter à ce sujet combien les pouvoirs publics se sont opposés à la tendance extensive des villes fortifiées². Signalons, par exemple, un édit de Henri II (1548) interdisant l'émigration et les constructions dans les faubourgs de Paris, ceux-ci n'étant pas

1. Il est intéressant de noter que, des cités antiques d'Égypte, d'Asie Mineure, de Grèce et de Rome jusqu'aux villes de 1850, aucune agglomération urbaine n'a dépassé 12 kilomètres de diamètre. Thèbes, la ville aux cent portes, avait 8 kilomètres de diamètre ; l'enceinte de Babylone mesurait 37 kilomètres de longueur (diam. 12 km.) ; les dimensions de Carthage étaient de 5 × 4,5 km., celles d'Athènes de 2,4 × 1 km. ; le diamètre de Rome était d'environ 5 kilomètres.

2. Voir Henri Sellier, *La crise du logement et l'intervention publique*, 1921, page 13.

soumis aux règlements urbains sur les arts et les métiers. Cette prohibition ayant été renouvelée à plusieurs reprises (1554, 1609, 1633), il est vraisemblable qu'on en obtenait difficilement l'observation.

Le rapide développement des grandes villes au début du XIX^e siècle vint brusquement aggraver cet état de malaise latent. La superficie des agglomérations fut loin de pouvoir suivre l'augmentation soudaine de leur population. Vers 1850, les densités atteignent partout des valeurs extrêmement fortes. A Paris, par exemple, le nombre d'habitants à l'hectare passe de 159 à 308 entre 1801 et 1851. Encore ces chiffres sont-ils loin de donner une idée exacte de la concentration réelle. Deux quartiers avaient en 1801 une densité supérieure à 1.000 habitants à l'hectare : les quartiers d'Arcis (1.249) et du Marché (1.108). On en comptait six en 1851, tous situés au centre de la ville : les quartiers du Marché (1.288), des Lombards (1.141), de Montorgueil (1.127), de Saint-Avoie (1.092), de la Porte Saint-Denis (1.027), de la Banque (1.007). Le quartier d'Arcis avait atteint en 1846 l'énorme densité de 1.864 habitants à l'hectare.

Fort heureusement, d'efficaces remèdes commençaient à être apportés à cette grave situation. Certains esprits clairvoyants avaient discerné les raisons de cet entassement de la population. Ils étaient persuadés que les habitants consentiraient à loger plus loin du centre si des moyens de transport rapides et bon marché étaient mis à leur disposition. Répondant à ces besoins, les omnibus apparurent en 1830 et les tramways en 1855.

Ces premiers transports en commun urbains connurent un très brillant essor. Ils augmentèrent sensiblement la superficie habitable des villes et arrêtaient le mouvement ascendant de la population des quartiers du centre.

Toutefois, ils se montrèrent très vite insuffisants. Dans les grandes agglomérations, la demande toujours croissante du public dépassait de beaucoup leur possibilité d'action. D'autres moyens de transport, plus puissants, devinrent nécessaires. Ce fut l'origine des chemins de fer urbains.

Sous cette forme nouvelle de leur activité, les chemins de fer se sont révélés les meilleurs agents d'une répartition plus favorable de la population. Force centripète, ils avaient accéléré le mouvement de concentration en attirant vers les villes les hommes et les capitaux. Force centrifuge, ils combattent maintenant le mal social qu'ils avaient d'abord aggravé.

Notre but est d'étudier l'ensemble des problèmes économiques et sociaux posés par l'application des chemins de fer à l'économie urbaine.

Le plan de cet ouvrage est ainsi conçu :

Dans la première partie, nous examinerons les facteurs et les conditions de l'exploitation de ces chemins de fer spéciaux.

La deuxième partie sera consacrée aux différentes formes juridiques que peut prendre la gestion de ces importants services publics.

Enfin, dans la troisième partie, nous indiquerons les principaux résultats sociaux et économiques des chemins de fer urbains. Nous insisterons particulièrement sur les mouvements de population qu'ils ont provoqués et sur l'heureuse transformation des grandes agglomérations urbaines qui doit leur être attribuée.

PREMIÈRE PARTIE

LES FACTEURS ET LES CONDITIONS D'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER URBAINS

CHAPITRE PREMIER

ORIGINE DES CHEMINS DE FER URBAINS

§ 1. — Bref historique des transports en commun de surface.

Les transports en commun sont apparus pour la première fois à Paris. En 1662, une entreprise, organisée avec le concours de Blaise Pascal, avait obtenu un privilège royal pour l'installation de services de carrosses « qui feraient toujours les mêmes trajets dans Paris, d'un quartier à l'autre, à l'instar des coches de la campagne ». Les « carrosses à 5 sols » plurent par leur nouveauté, mais leur succès fut éphémère. Le Parlement, ayant interdit l'accès des voitures aux gens du peuple « pour la plus grande commodité des bourgeois et personnes de mérite », privait ainsi la compagnie de sa meilleure clientèle. L'exploitation cessa à une date indéterminée.

A la suite de cet échec, les Parisiens durent attendre un siècle et demi avant de voir apparaître d'autres sociétés de transport en commun.

En 1819, en 1824 et en 1826, des particuliers sollicitèrent l'autorisation « de faire circuler des voitures à itinéraire fixe et destinées au transport en commun des citadins ». L'Administration refusa d'abord à cause de l'embarras qui en résulterait pour la circulation. Elle finit cependant par accorder une première concession en 1828.

L'entreprise eut un tel succès qu'elle éveilla une vive concurrence. Un grand nombre de sociétés apparurent en peu de temps. Mais des fusions se produisirent et il n'en subsistait plus que 10 en 1855, quand l'autorité publique décida de réorganiser l'exploitation des transports en commun parisiens pour la rendre plus conforme à l'intérêt général. En effet, toutes les compagnies, soucieuses avant tout de faire des bénéfices, délaissaient les quartiers peu peuplés pour n'exploiter que les itinéraires productifs.

Voici comment le Préfet de Police appréciait la situation dans son mémoire adressé à la Commission municipale en 1854 :

« Il y a dans une grande ville telle que Paris un immense besoin de transport à bas prix. Il existe entre tous les quartiers une étroite solidarité de relations de toute nature. Le régime de la concurrence, qui rencontre de grandes difficultés dans l'état de la voirie, ne donnerait pas satisfaction à cet intérêt, parce qu'il desservirait certains quartiers et pas d'autres. Le mieux est donc de constituer une seule Compagnie qui, avec de moindres frais généraux, produira le transport au plus bas prix. »

Toutes les sociétés existantes fusionnèrent en 1855 pour former la « Compagnie Générale des Omnibus », placée sous le contrôle des pouvoirs publics.

Les premiers tramways, dits « chemins de fer américains », apparurent à Paris en 1854. Leur inventeur, le Français Loubat, avait d'abord vainement essayé d'obtenir une concession en France. Par contre, son idée avait été accueillie avec faveur à New-York. Loubat finit cependant par obtenir l'autorisation de créer une première ligne le long du quai de Billy¹. Il rétrocéda ensuite sa concession à la Compagnie Générale des Omnibus qui groupa ainsi tous les transports en commun de Paris.

L'activité de ces nouveaux moyens de locomotion se développa rapidement pendant la seconde moitié du XIX^e siècle. Entre 1850 et 1900, leur trafic passa de 30 millions de voyageurs transportés par an à 430 millions. Parallèlement, le nombre annuel de voyages par habitant s'éleva de 20 à 125.

Leurs résultats sociaux ne furent pas moins remarquables. Pendant cette période, la vive croissance des arrondissements périphériques (XI^e à XX^e, compris sensiblement entre 2,7 et 5 km. de

1. Aujourd'hui, quai de Tokio.

rayon) contraste avec la stagnation des arrondissements centraux (I^{er} à X^e, cercle d'environ 2,7 km. de rayon, fig. 1). Grâce aux trans-

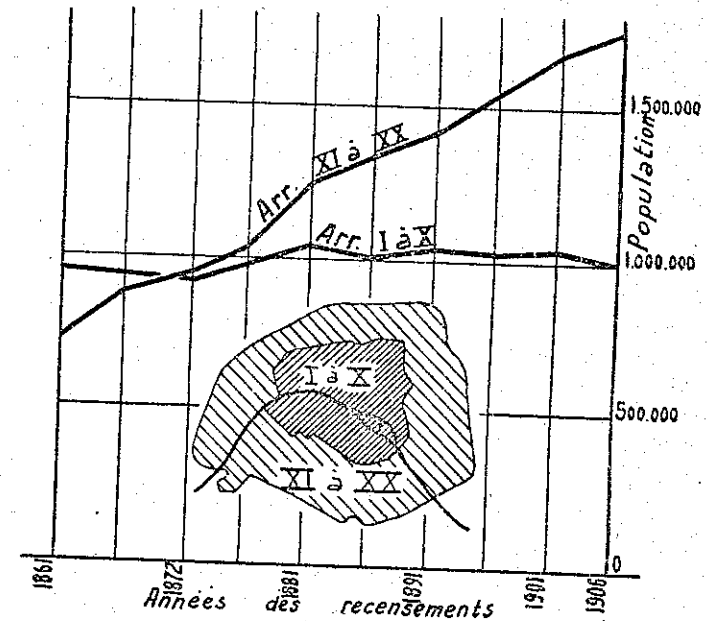


Fig. 1. — Influence des transports en commun de surface sur le peuplement du centre (arr. I à X) et de la périphérie (arr. XI à XX) de Paris.

ports en commun, les citoyens purent en effet atteindre les quartiers périphériques pendant le temps qu'ils consacraient autrefois à leurs déplacements pédestres dans les quartiers du centre.

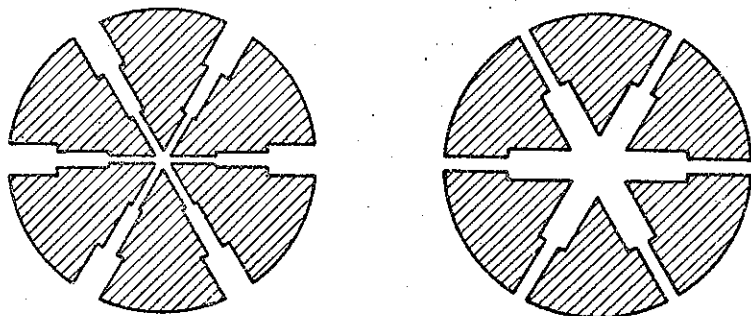
§ 2. — Origine des chemins de fer du centre urbain ou « métropolitains ».

A la fin du siècle dernier, les besoins des villes en matière de transport augmentaient avec une grande rapidité. D'une part, les populations s'accroissaient très vite. D'autre part, les habitants avaient de plus en plus tendance à s'éloigner du centre des agglomérations. Ils utilisaient par conséquent davantage les moyens de transport mis à leur disposition.

Or, ceux-ci n'ont pas une capacité indéfiniment extensible. Leur débit dépend directement de la largeur des voies existantes et des

difficultés de la circulation. Au delà d'une certaine limite, il devient inutile d'augmenter le nombre des voitures pour faire face à des charges supplémentaires. On ne fait plus qu'accroître l'encombrement et réduire la vitesse.

L'étranglement des artères de circulation dans le centre des villes anciennes provoque encore plus rapidement la saturation des transports de surface (fig. 2)¹. Dans le noyau urbain primitif demeuré presque toujours au centre de l'agglomération évoluée, les rues ont



Largeurs réelles des artères dans la plupart des villes, avec étranglement au centre.

Largeurs idéales des artères de circulation dans une ville importante.

Fig. 2.

une largeur réduite. Autrefois, les habitations se serraient les unes contre les autres et la circulation était pratiquement inexistante. Or, dans les cités modernes, le trafic augmente dans la région centrale vers laquelle convergent la plupart des lignes. Il exigerait au contraire des artères de grande largeur, susceptibles de permettre un débit intense.

A Paris, vers 1890, des plaintes très vives s'élevaient de toute part contre l'insuffisance des transports urbains. M. André Berthelot les a résumées dans le rapport de la Commission du Métropolitain, présenté au Conseil Municipal en 1896 :

« Pourquoi demande-t-on un Métropolitain ? Parce que les moyens de transport à l'intérieur de Paris ne suffisent plus à l'activité de la vie urbaine. Aux heures où celle-ci est la plus intense, où on arrive au travail, où on le quitte, les rues et les boulevards sont

1. Les deux croquis de la figure 2 sont extraits du rapport de M. Labussière au Congrès de l'Association Générale des hygiénistes et techniciens municipaux, Reims, 1927.

encombrés. Il en résulte des retards énormes qui se traduisent par des pertes économiques qu'il est difficile d'évaluer, mais qui sont considérables. »

« Qui ne s'est pas rendu compte de l'impossibilité de trouver place dans les omnibus et les tramways à certaines heures. Les gens du centre qui veulent retourner à la périphérie sont obligés à d'interminables attentes ou doivent renoncer à l'emploi de notre système de transport en commun. Ceux-ci sont d'ailleurs d'une lenteur dérisoire pour des gens pressés. »

Plus loin, il ajoute : « La mise en service de nouveaux omnibus et tramways est un palliatif insuffisant, d'autant plus que ces lourds véhicules contribuent à accroître l'encombrement ».

Un simple fait montre combien « l'immense besoin de transport à bas prix », signalé par le Préfet de Police en 1854, était loin d'être pleinement satisfait. Vers 1900, les tramways avaient une capacité de transport supérieure à celle des omnibus. On les substituait à ces derniers sur les lignes les plus fréquentées. Chaque fois, le nombre de voyageurs transportés augmentait brusquement. Le même phénomène allait d'ailleurs se reproduire quelques années plus tard, à la mise en service des lignes du métropolitain.

Ainsi, en face d'une clientèle aux possibilités considérables, on ne pouvait disposer que de moyens de transport insuffisants, saturés, et que les usagers commençaient à trouver peu rapides.

Cette situation faisait peser une lourde menace sur le développement ultérieur de l'agglomération. Stabilisée depuis un demi-siècle, la concentration de la population allait-elle reprendre son mouvement ascendant ?

Cependant, quelques grandes villes étrangères avaient efficacement combattu des difficultés analogues de circulation en appliquant à leur économie le nouveau moyen de transport à grande vitesse et à grande capacité : le chemin de fer.

Dès 1835, on avait étudié à Londres un projet de chemin de fer urbain à plate-forme indépendante qui fut réalisé en 1863. D'autres villes suivirent cet exemple. Successivement furent construits la Ringbahn de Berlin (1871-1877), l'Elevated de New-York (1872-1874), la Stadtbahn de Berlin (1882), le Subway de Glasgow, le Métropolitain de Vienne (1898). Tous ces réseaux étaient exploités par des trains à vapeur.

A Paris, cette utilisation nouvelle des chemins de fer n'était pas

ignorée et de nombreux projets avaient été étudiés sans aboutir¹. Le premier fut celui de Brame et Flachet (1855) qui se proposaient d'assurer par voie ferrée l'approvisionnement des Halles Centrales.

En 1871, une Commission réunie à la suite d'une délibération du Conseil général de la Seine avait proposé la construction d'un réseau d'intérêt local pour desservir l'ensemble du département de la Seine. On donna à ce chemin de fer, pour la première fois, le nom de Métropolitain² qu'il n'a plus quitté.

En 1877, puis en 1883, l'étude de la partie urbaine de cet avant-projet fut poursuivie. Mais lorsque le projet de loi autorisant la construction arriva devant le Conseil d'État, celui-ci affirma le caractère d'intérêt général du Métropolitain et en refusa la concession à la Ville de Paris.

Ce fut l'origine d'un long conflit entre l'État et la Ville. L'État, appuyant les demandes des grandes Compagnies de chemins de fer, désirait que le réseau urbain soit un moyen de liaison entre les lignes d'intérêt général aboutissant à Paris. Au contraire, la Ville voulait un métropolitain établi pour faciliter les déplacements de ses habitants et destiné à satisfaire des besoins purement locaux. Pour elle, le problème principal était de remédier à l'insuffisance des transports en commun existants.

Or, à moins de multiplier le nombre des voies, il était impossible de concilier les deux trafics sans que l'un ou l'autre en soit considérablement gêné. Les conditions d'exploitation des lignes d'intérêt général sont, en effet, totalement différentes de celles des lignes urbaines.

De plus, la Ville était en droit de demander qu'un chemin de fer construit sur son sol, uniquement avec ses subventions, sans aide financière de l'État, lui appartint en toute indépendance. Elle voulait rester maîtresse des tarifs et des horaires pour que le réseau puisse prendre son entier développement, en harmonie avec les autres moyens de transport : tramways, omnibus, taxis, etc..., placés sous son contrôle.

D'autres raisons accentuaient encore la résistance de la Ville aux projets gouvernementaux. Si le Métropolitain était raccordé aux

grandes lignes, certains craignaient de le voir ruiner le centre de Paris au profit des localités de banlieue : « A quoi servira votre Métropolitain, disait M. Grébauval au Conseil Municipal en 1895 ? Il permettra à ceux qui peuvent s'offrir une maison et un jardin d'aller habiter en banlieue, et il fera par conséquent du cœur de Paris, où est la richesse, une véritable Cité de Londres : Ville de travail dans la journée, déserte le soir. Oui, Messieurs, votre Métropolitain enrichira Enghien, Colombes, Nogent, etc..., et ruinera le cœur de Paris ».

Enfin, la construction du prolongement de la ligne de Sceaux vers le Luxembourg avait laissé un très désagréable souvenir aux riverains du boulevard Saint-Michel : « La construction des lignes intra-urbaines en tranchée exécutée avec la brutalité qu'y mettent les ingénieurs des grandes Compagnies est incompatible avec les conditions actuelles de la circulation parisienne, écrivait M. André Berthelot. Le trouble profond apporté pour deux ans à la vie du boulevard Saint-Michel, voie relativement peu fréquentée et peu commerçante dans la moitié supérieure, donne l'idée de ce que seraient ces bouleversements dans une voie comme le bas du boulevard Saint-Michel, le boulevard Saint-Germain ou le boulevard Sébastopol : les chaussées transformées en trous boueux, les tramways installés sur les trottoirs, l'accès des boutiques à peu près obstrué durant des mois, les faillites se multipliant. Après cette leçon de choses, la population s'est prononcée avec une énergie et une unanimité impressionnantes. Les voies souterraines doivent être exécutées sans éventrer la rue ». Répondant à certaines critiques, M. A. Berthelot ajoute en outre : « Le prolongement de la ligne de Sceaux a prouvé que les souterrains peuvent être aménagés de façon à surmonter les répugnances d'une fraction de la population pour ces trajets ».

Les deux adversaires, l'État et la Ville, maintinrent leurs positions pendant plus de dix ans. Enfin, en 1894, le Gouvernement se montra plus conciliant. M. Barthou, ministre des Travaux Publics, admit le principe de la concession du Métropolitain à la Ville de Paris. Sur la proposition du Conseil Municipal, la loi du 30 mars 1898 déclara d'utilité publique, au titre d'intérêt local, l'établissement d'un chemin de fer métropolitain, composé de cinq lignes, formant un réseau de 65 kilomètres environ. L'approche de l'Exposition universelle de 1900 avait contribué dans une large mesure à abréger les hésitations.

1. D'après M. Langevin, *Le Chemin de fer Métropolitain de Paris*. Conférence faite en 1932.

2. Ce nom était analogue à celui du réseau londonien : « Metropolitan and District Railway ».

On se rappelait encore les difficultés dues à l'insuffisance des transports pendant l'Exposition de 1889. Le succès populaire de celle de 1900 était subordonné à l'établissement de nouveaux et puissants moyens de circulation. Aussi, les études et les travaux du métropolitain furent-ils poussés très rapidement. Le 19 juillet 1900, la première ligne était ouverte au public.

Nous voyons ainsi se créer à Paris, comme dans la plupart des grandes cités, un réseau de chemins de fer indépendants des chaussées, ayant pour but de suppléer à l'insuffisance des autres moyens de transport et de relier les divers quartiers avec plus d'efficacité et de rapidité.

§ 3. — Origine des chemins de fer de banlieue.

Les premières lignes des chemins de fer d'intérêt général furent tout naturellement établies pour relier entre eux les grands centres urbains déjà formés. Les Compagnies donnaient ainsi satisfaction aux besoins les plus importants et elles s'assuraient en même temps la plus nombreuse clientèle éventuelle. La majorité des lignes ont donc convergé vers les grosses agglomérations et ont formé autour d'elles un faisceau rayonnant plus ou moins serré. Ce faisceau était très dense à Londres où l'initiative privée avait créé un grand nombre de réseaux, d'ailleurs souvent inutiles et mal établis. Il l'était beaucoup moins à Paris, où le nombre des compagnies était limité et leurs projets soumis au contrôle administratif.

Près des grandes villes, les stations intermédiaires sont généralement plus rapprochées qu'en pleine campagne. Les interstations dépendent en effet de l'importance des circonscriptions traversées. Or, une grande ville constitue un marché de premier ordre pour l'ensemble de la région qui l'entoure et provoque indirectement un développement plus intense des localités en liaison avec elle.

Cette situation fut le point de départ d'une utilisation imprévue des grandes lignes au voisinage des cités. Peu à peu, les habitants cherchèrent à réaliser un rêve autrefois impossible : vivre à la campagne en travaillant à la ville. Ils utilisèrent d'abord l'horaire fort incommode pour eux des trains omnibus des grandes lignes. Puis, devenus plus nombreux, ces premiers usagers obtinrent une adaptation du service à leurs besoins. La banlieue était née.

Le développement du trafic des stations suburbaines fut extrême-

ment rapide. Autour de certaines grandes agglomérations comme Paris, il dépasse maintenant très largement celui des plus importantes villes de province. On ne prévoyait certes pas, en construisant la ligne de Paris au Havre, que Colombes, Asnières, Argenteuil lui fourniraient le plus fort contingent de voyageurs !

Cherté des loyers au centre de la ville, possibilité de posséder une maisonnette et un jardin, de récolter des légumes et des fruits, de vivre soi-même et de faire vivre sa famille dans une atmosphère plus saine, telles sont les principales raisons qui expliquent ce mouvement centrifuge de la population. Ajoutons, au moins pour notre pays, que le citadin garde le souvenir, le regret peut-être, de la vie à la campagne. « Chez nous, écrit M. André Siegfried¹, l'ascendance paysanne n'est jamais loin ; même séparés de la terre, et parfois jusqu'en plein cœur des villes, nombre de gens continuent de sentir et de réagir en paysans. Combien de Français dont on a l'impression que moralement ils portent une blouse ! » Non seulement en banlieue, mais aussi aux colonies, on observe cette attirance des Français vers le sol. « Potager, orgueil de notre classe moyenne et ouvrière, et qui rattache, malgré le machinisme, le Français au sol, écrit M. Paul Morand². Le potager, avec ses fraises et ses radis, c'est la patrie française aux colonies ; comme le golf, le tennis sont l'idéal britannique transplanté. Son travail fini, le mineur anglais va jouer au football, le mineur français, resté paysan, va à son jardin. »

Les chemins de fer de banlieue ont transformé profondément la physionomie des grandes cités en même temps que le mode de vie d'une partie de leurs habitants. Comme les transports en commun rapides l'avaient fait au siècle dernier, mais dans une plus large mesure, ils ont agrandi la superficie réelle des agglomérations urbaines. Désormais, en appréciant l'importance économique et sociale d'une ville, on ne saurait plus négliger l'ensemble des localités avoisinantes qui lui envoient chaque jour une grande partie de leur population active.

Par la puissance de leurs moyens d'action et par l'étendue qu'ils sont susceptible de peupler, les chemins de fer de banlieue apparaissent dans les cités modernes comme l'agent le plus actif et le plus efficace de déconcentration de la population.

1. A. Siegfried, *Tableau des partis en France*, 1930, p. 14.

2. Paul Morand, *Paris-Tombouctou*, p. 84.

§ 4. — Distinction théorique des métropolitains et des chemins de fer de banlieue.

Dans chaque partie de l'étude qui va suivre, nous avons examiné séparément le cas des chemins de fer métropolitains et celui des chemins de fer de banlieue. Existe-t-il donc deux problèmes de transport différents dans les grandes agglomérations urbaines ? Dans l'affirmative, quels sont leurs caractères distincts ?

Remarquons d'abord qu'une première séparation est apparue à l'origine des chemins de fer urbains. Les uns ont été créés exclusivement pour les villes et dans les villes. L'existence des autres a d'abord été le résultat d'une utilisation nouvelle et imprévue des lignes d'intérêt général au voisinage des grandes cités.

Par la suite, les métropolitains et les chemins de fer de banlieue ont continué à satisfaire des besoins sensiblement différents.

Les métropolitains desservent les quartiers d'affaires et les zones d'habitation à forte densité de population situés près du centre de l'agglomération. Leur zone d'action est relativement peu étendue. Ils forment un réseau serré de lignes enchevêtrées. Comme la surface du sol n'est pas disponible, leurs voies sont établies en souterrain ou en viaduc. Leurs stations sont nombreuses et généralement très rapprochées. Par conséquent, leur vitesse commerciale est peu élevée. Les passages des trains sont fréquents et aucun horaire n'est publié par les compagnies.

Au contraire, les chemins de fer de banlieue desservent une zone étendue à faible densité de population. Leur réseau est formé de lignes radiales espacées, raccordées par des embranchements. Ces lignes se confondent le plus souvent avec celles des grands réseaux. Quand il n'en est pas ainsi, elles sont construites d'une façon analogue, sur une plate-forme établie à la surface du sol. L'intervalle moyen de leurs stations est assez grand et leur vitesse commerciale est bien supérieure à celle des métropolitains. L'intervalle des trains de banlieue, sans atteindre celui des trains de grandes lignes, est toutefois suffisamment élevé pour imposer la publication d'un horaire.

La séparation des deux types d'exploitation paraît donc très logique. On peut cependant lui reprocher de ne pas tenir compte de l'évolution récente des chemins de fer urbains.

Les réseaux métropolitains de Londres et de New-York, par exemple, desservent actuellement des régions très éloignées du centre, tout comme les lignes de banlieue.

Inversement, les lignes de banlieue de Berlin ont été reliées à travers la ville proprement dite par des voies spéciales assurant un trafic métropolitain. Les différences d'attributions sont donc loin d'être aussi nettes que nous l'avons indiqué.

Ce n'est pas tout : on constate presque partout une tendance au contrôle ou à l'absorption des lignes de banlieue par les réseaux du centre. Cette évolution se justifie par la similitude des moyens techniques employés et par la nécessité d'organiser harmonieusement l'ensemble des transports urbains.

Pourquoi maintenir dans ces conditions une séparation qui ne se trouve marquée nettement nulle part, si ce n'est à Paris ?

La valeur des arguments exposés ci-dessus est incontestable. Il nous a néanmoins paru préférable, *au point de vue théorique*, d'examiner à part le problème des chemins de fer du centre et le problème des chemins de fer de banlieue¹.

En effet, même quand le métropolitain et le réseau de banlieue sont raccordés rails à rails, quand ils exploitent tous deux la même zone, quand leurs directions technique et financière se confondent, il n'en subsiste pas moins deux problèmes d'exploitation différents et qui sont résolus en fait de deux façons différentes. A Londres et à New-York, le métropolitain prolongé est exploité comme un chemin de fer de banlieue. A Berlin, les lignes de banlieue pénétrant dans le centre changent de caractère et sont organisées pour collaborer avec le réseau métropolitain.

Les organisations réelles sont souvent complexes. Pour en expliquer le fonctionnement, il importe de dégager les éléments simples qui les constituent et de les étudier séparément. Tel est le principe de la méthode que nous allons employer.

1. Cette distinction est admise généralement, aussi bien en France qu'à l'étranger. Elle correspond d'ailleurs presque partout, comme nous le verrons, à une séparation réelle entre les domaines d'action de compagnies différentes.

CHAPITRE II

TRACÉ DES RÉSEAUX MÉTROPOLITAINS

§ 1. — But des métropolitains.

Les chemins de fer métropolitains sont apparus pour remédier à la saturation progressive des moyens de transport de surface. Leur but est donc d'assurer, concurremment avec ces derniers, la satisfaction des besoins urbains en matière de déplacements rapides.

Le tracé du réseau s'en déduit. Mais les déplacements urbains sont infiniment variés dans leurs origines et leurs directions; ils paraissent difficilement se prêter à une classification simple permettant d'établir le plan théorique d'un réseau.

Fort heureusement, un caractère particulier des grandes villes modernes simplifie dans une large mesure l'étude du problème. Ce caractère, c'est la spécialisation des quartiers. Depuis le milieu du siècle dernier, on constate que les différents genres d'activité : magasins, ateliers, lieux de plaisir, habitations, etc., tendent de plus en plus à se grouper dans les mêmes zones des agglomérations urbaines. Les mouvements journaliers de la population résultent directement de cette localisation.

A) SPÉCIALISATION DES QUARTIERS URBAINS. — La spécialisation des quartiers s'explique surtout par les différences de valeur des terrains urbains. Le prix de ceux-ci est en effet très variable suivant leur emplacement. D'une façon générale, il décroît régulièrement du centre de la périphérie. La valeur élevée des terrains du centre est due à leur situation privilégiée, cette partie de l'agglomération étant en liaison facile avec toutes les autres.

Selon leur nature, les entreprises exerçant leur activité dans les villes attachent une importance plus ou moins grande à leur

emplacement. Pour le choisir, elles comparent les avantages que cet emplacement leur procure et le prix dont elles doivent payer ces avantages. Ce problème est identique pour toutes les entreprises analogues. Il n'est donc pas étonnant qu'il ait été résolu par toutes de la même façon.

Les principales zones suivantes se retrouvent dans toutes les grandes agglomérations urbaines.

1° *Quartiers d'affaires du centre.* — Dans cette zone se groupent toutes les entreprises qui attachent une importance primordiale à la facilité d'accès de leur emplacement, soit pour leur personnel, soit pour leur clientèle. Nous y trouvons les grands magasins, les hôtels, les théâtres, les sièges sociaux des grandes affaires commerciales et industrielles, les banques, les compagnies d'assurances, etc. Très souvent, ces entreprises n'exigent qu'une surface relativement faible et s'accommodent de nombreux étages. Le prix du terrain devient alors un facteur tout à fait secondaire dans le choix de leurs emplacements.

La proximité des grandes affaires dans le centre facilite leurs relations mutuelles. Elle permet également à la concurrence de s'exercer plus efficacement. Ainsi s'explique un second degré de spécialisation, souvent constaté dans cette zone : tel quartier est celui des banques, tel autre celui des grands magasins, celui-ci groupe les compagnies d'assurances, celui-là les maisons d'exportations, etc.

2° *Quartiers d'habitations et d'ateliers.* — Dans cette zone concentrique à la première, se trouvent les immeubles d'habitation, les ateliers et les petites usines, occupant autrefois le centre et qui en ont été chassés par l'augmentation constante de la valeur des terrains. Pour ces immeubles ou ces entreprises, en effet, la qualité de l'emplacement perd de son importance et la considération du prix du terrain devient plus impérieuse. Les immeubles d'habitation de cette zone doivent obligatoirement comporter plusieurs étages, et les ateliers n'y sont économiquement justifiés que si leur surface est faible ou s'il leur est absolument nécessaire de rester à proximité immédiate de leur clientèle (garages, par exemple).

3° *Zone d'habitations et d'usines de banlieue.* — Dans cette partie périphérique de l'agglomération sont venues se fixer les grandes usines exigeant des emplacements très étendus. Les immeubles d'habitation y deviennent graduellement moins élevés au fur et à

mesure que l'on s'éloigne du centre de la ville. Cette zone se termine par des maisons individuelles avec jardins groupés en localités irrégulièrement situées, au milieu de terrains encore consacrés à la culture.

B) SPÉCIALISATION DES ZONES DANS LA RÉGION PARISIENNE. — La localisation des différentes zones de l'agglomération parisienne est représentée sur la figure 3.

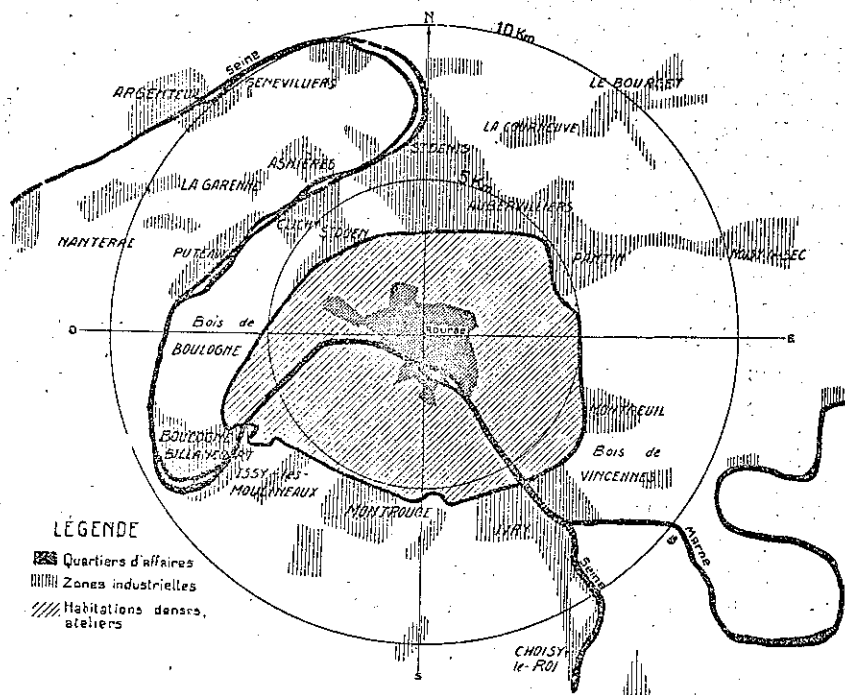


Fig. 3. — Spécialisation des zones dans la région parisienne.

L'emplacement des usines et des habitations de banlieue a été déterminé sans difficulté. Il existe des cartes spéciales indiquant la répartition territoriale des établissements industriels et des immeubles d'habitation autour de Paris.

Par contre, aucun document précis ne permet de séparer, à l'intérieur de la ville, les quartiers d'affaires et les quartiers d'habitation. La limite de ces deux zones a été approximativement tracée d'après les trois sortes d'indications suivantes :

a) d'après les emplacements des maisons d'affaires les plus

importantes. Ce procédé est le plus direct, mais aussi le plus subjectif. Il consiste à reporter sur une carte la position des principales entreprises occupant un nombreux personnel ou recevant une forte clientèle ;

b) d'après le mouvement de la population dans les différents quartiers. La transformation d'un quartier d'habitation en quartier d'affaires se traduit en effet par une baisse de la population. Nous avons utilisé cette méthode en recherchant la variation de la population des quartiers parisiens entre 1876 (origine de la spécialisation) et 1931 ;

c) d'après le pourcentage des billets aller-et-retour délivrés par le métropolitain. Une forte proportion d'aller-et-retour caractérise un quartier d'habitation. Ce genre de billet doit en effet être utilisé le matin avant 9 heures et sert principalement aux ouvriers et employés se rendant à leur travail. En groupant toutes les stations délivrant moins de 20 p. 100 de billets aller-et-retour, on obtient une limite de la zone d'affaires tout à fait comparable aux deux précédentes.

Les principaux caractères des trois zones de l'agglomération parisienne sont les suivants :

1° *Quartiers d'affaires.* — La figure 3 montre que les quartiers d'affaires parisiens sont presque tous situés sur la rive droite. *Grosso modo*, ils sont compris à l'intérieur d'une ligne joignant la Bastille, la République, la Gare de l'Est, la place Clichy, l'Étoile, l'Odéon, pour revenir à la Bastille. Le centre de toute la zone peut être approximativement placé à la Bourse.

2° *Quartier d'habitation et ateliers.* — Cette zone comprend tous les arrondissements périphériques (XI^e à XX^e) et une partie des arrondissements V^e, VI^e et VII^e.

Le tableau suivant¹ montre avec quelle netteté s'est produite la migration des ateliers, usines et magasins vers les quartiers périphériques.

Les ateliers, usines et magasins étaient autrefois situés au centre de la ville, c'est-à-dire dans les dix premiers arrondissements (limite antérieure à 1859). Ils sont presque tous passés maintenant dans les arrondissements périphériques, abandonnant leurs anciens emplacements à d'autres genres d'activité.

1. Mémoire du Préfet de la Seine au Conseil Municipal, 25 juin 1928, page 9.

ARRON- DISSEMENT.	IMMEUBLES d'habitation.	ATELIERS Usines, Magasins	ARRON- DISSEMENT.	IMMEUBLES d'habitation.	ATELIERS Usines, Magasins.
I	1.784	6	XI	4.942	286
II	2.095	4	XII	3.836	328
III	2.036	12	XIII	4.753	332
IV	2.279	4	XIV	6.148	302
V	2.720	22	XV	6.824	607
VI	2.540	7	XVI	6.379	149
VII	2.760	2	XVII	5.803	266
VIII	3.376	21	XVIII	6.306	425
IX	3.390	18	XIX	4.028	485
X	3.417	45	XX	5.870	910

3° *Habitations et usines de banlieue.* — Autour de la limite administrative actuelle de Paris, les communes limitrophes forment la transition entre la zone précédente et la banlieue. La densité de la population diminue, les usines importantes commencent à apparaître. Dans cette partie de l'agglomération sont venues se fixer les industries mécaniques (automobile, aviation, constructions métalliques, etc.), métallurgiques (fonderies, aciéries), électriques, chimiques, et, de plus, les usines à gaz et les centrales électriques alimentant l'ensemble de la région.

C) MOUVEMENTS URBAINS DE VOYAGEURS. — D'après les positions et les spécialisations respectives des principales zones urbaines, nous pouvons classer les déplacements de la population comme suit :

1° *Déplacements effectués entre la zone d'habitation et la zone d'affaires.* — Les courants de voyageurs de ce groupe sont tous dirigés vers le centre. Ils présentent deux pointes très accentuées le matin et le soir, l'une au début, l'autre à la fin de la journée de travail. Dans certaines villes, à Paris notamment, une pointe moins forte est enregistrée à midi.

Les courbes de la figure 4 caractérisent l'amplitude de ces mouvements de la population :

a) aux départs des voyageurs vers les lieux de travail correspondent les deux pointes du trafic de la station périphérique « Porte

de Vincennes », la première entre 7 et 9 heures, la seconde entre 13 et 14 heures¹;

b) aux retours des voyageurs vers les lieux d'habitation correspondent les pointes du trafic de la station centrale « Opéra », la première entre 12 et 13 heures, la seconde entre 18 et 19 heures.

Les courants de voyageurs de cette catégorie sont toutefois alimentés tout le jour, notamment par la clientèle des établissements commerciaux, des grands magasins, etc.

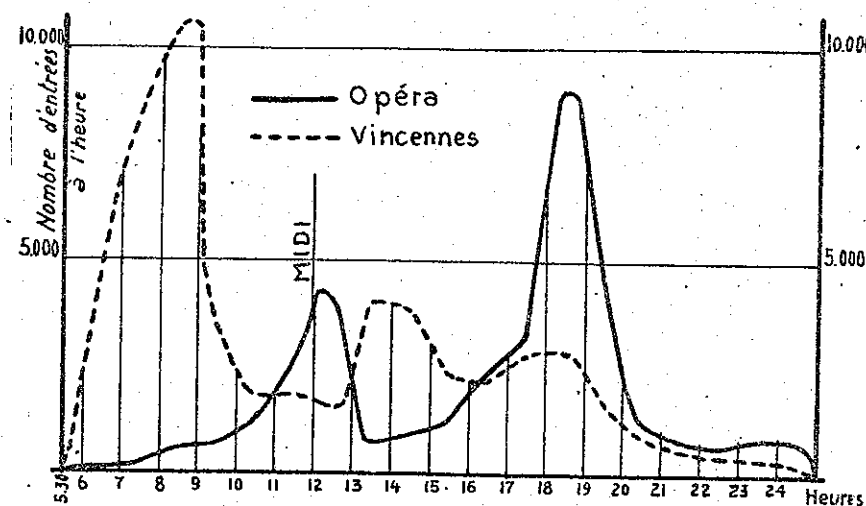


Fig. 4. — Variation horaire des voyageurs entrant à Opéra (station centrale) et Porte de Vincennes (station périphérique).

2° *Déplacements effectués entre les habitations et les ateliers ou usines.* — Dans ce cas, il n'existe pas de courants ayant une direction nettement définie comme ci-dessus. L'origine et la destination des déplacements sont en effet réparties dans la zone périphérique. Néanmoins, les pointes sont également très sensibles, au début et à la fin de la journée de travail ouvrière.

3° *Déplacements d'habitation à habitation (visites, promenades, etc.).* — Dans ce cas, il n'y a ni direction précise, ni pointe accentuée.

4° *Déplacements intérieurs à la zone centrale.* — Ces déplacements ont pour cause les relations d'affaires et les mouvements de la

1. La courbe relative à « Porte de Vincennes » est antérieure au prolongement de la ligne 1 vers « Château de Vincennes ».

clientèle commerciale. Les courants qui en résultent sont diffus, ne présentent pas de pointe marquée, mais ils sont toutefois limités dans le temps aux heures d'ouverture des établissements commerciaux et administratifs.

§ 2. — Tracés théoriques.

Le tracé d'un réseau métropolitain doit être établi en tenant compte des différents mouvements de voyageurs qui viennent d'être étudiés, afin de s'adapter le plus parfaitement possible aux besoins de la population.

Une remarque préliminaire s'impose. Quel que soit le plan adopté, les voyageurs devront le plus souvent emprunter plusieurs lignes pour effectuer leur trajet. En effet, la diversité des déplacements est telle qu'on ne peut songer à les assurer tous par des lignes spéciales.

Parfois, les trains eux-mêmes changeront de ligne et suivront des parcours différents. Il en est ainsi à Londres et à Berlin. Parfois, les voyageurs quitteront un train pour en prendre un autre dans des stations de correspondance. Ce système est utilisé à Paris.

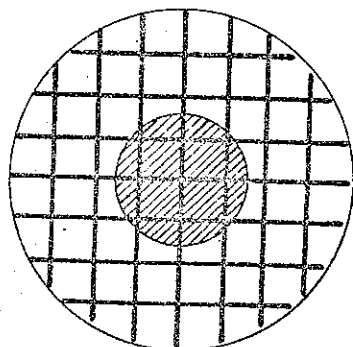


Fig. 5. — Réseau théorique en quadrillage.

Dans tous les cas, il est avantageux de réduire le nombre des changements au strict minimum pour simplifier l'exploitation et pour éviter les pertes de temps. Aussi, peut-on se proposer dans une étude théorique de réduire à un le nombre des changements de lignes nécessaires pour effectuer un trajet quelconque.

Le problème ainsi posé comporte une solution simple : un réseau en quadrillage, formé de deux séries de lignes parallèles, les lignes d'une série étant perpendiculaires à celles de l'autre (fig. 5).

Ce tracé conviendrait par son homogénéité aux déplacements des deuxième et troisième groupes (habitations-usines et habitations-habitations) qui se répartissent assez régulièrement en tous les points et en tous les sens. Par contre, il serait insuffisant pour les

déplacements du premier groupe (habitations-affaires) et pour ceux du dernier groupe (affaires-affaires). Il est nécessaire de le modifier pour tenir compte de l'importance exceptionnelle des mouvements de population entre la zone d'habitation et la zone d'affaires d'une part, et à l'intérieur de la zone d'affaires d'autre part. Pour atteindre ce but, on devra donner aux lignes une direction sensiblement radiale qui coïncide avec le sens général des courants de voyageurs. Il est possible de réaliser cette condition sans abandonner le principe du réseau quadrillé. Il suffit d'incurver les lignes non diamétrales pour les rapprocher du centre dans leur partie médiane. Un grand nombre de quartiers d'habitation peuvent être ainsi reliés directement à la zone d'affaires par des lignes de ce type, appelées « lignes paraboliques » à cause de leur forme (fig. 6).

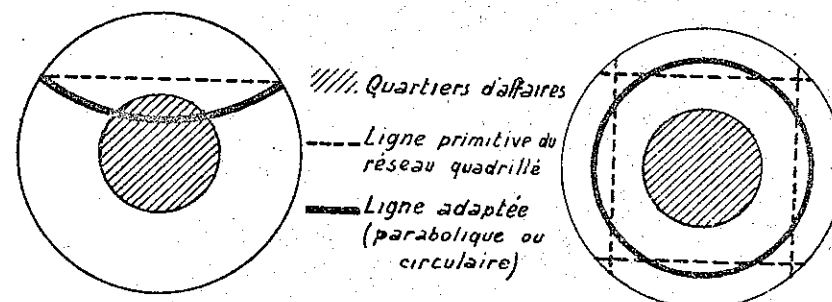


Fig. 6. — Ligne parabolique.

Fig. 7. — Ligne circulaire.

Cette disposition présente en outre l'avantage de resserrer le réseau dans la partie centrale de la ville, là où l'activité est toujours beaucoup plus intense. Les déplacements du quatrième groupe (relations d'affaires) seront ainsi grandement facilités, de même que les changements de lignes souvent nécessaires pour terminer les parcours du premier groupe (habitations-affaires).

Restent les courtes lignes extérieures du quadrillage, trop éloignées du centre pour lui être réunies par un tracé parabolique, et dont le parcours s'effectue entièrement dans la zone d'habitations. Économiquement, elles se justifient fort peu et, pratiquement, les résultats de leur exploitation seraient assez mauvais. Cependant, les plus voisines du centre jouent un rôle utile de liaison et il serait gênant pour la population de les supprimer. Aussi, peut-on envisager de les réunir les unes aux autres, bout à bout, pour constituer une ligne unique sensiblement circulaire, desservant l'ensemble des

quartiers d'habitation de la Ville (fig. 7). Des circulaires de ce genre existent à Paris (Lignes 2 et 3) et à Londres (Inner Circle); il en sera construit une à Moscou. Ces lignes présentent un grand intérêt pour le public et leur trafic est suffisant quand elles sont situées dans des zones où la population est encore dense. C'est dire que leur rayon ne doit pas être trop élevé. A la périphérie de la zone d'habitations denses, elles n'ont plus de raison d'être, les transports de surface suffisant aux relations transversales des différents quartiers. A Paris, par exemple, la « Petite Ceinture », d'environ 5 kilomètres de rayon, n'a jamais atteint des trafics comparables à ceux des lignes du Métropolitain. Elle est aujourd'hui remplacée en partie par des autobus pour le service des voyageurs.

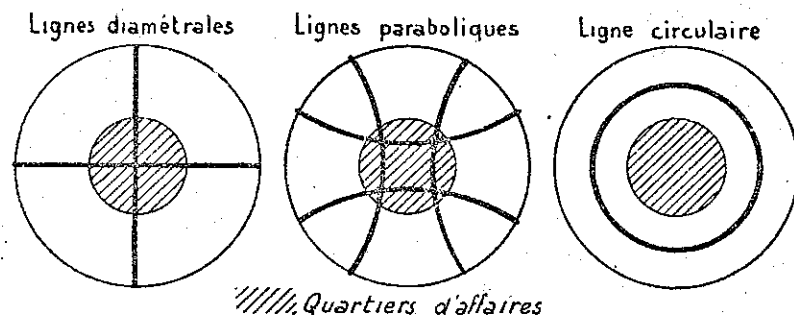


Fig. 8. — Types théoriques de lignes.

Nous sommes ainsi conduits à envisager trois types principaux de lignes dans le tracé des réseaux métropolitains (fig. 8) :

- deux lignes diamétrales, perpendiculaires en leur milieu, anciens axes du quadrillage primitif;
- plusieurs lignes paraboliques, incurvées vers le centre;
- éventuellement, une ligne circulaire de 3 à 4 kilomètres de rayon.

Parfois, les lignes métropolitaines sont terminées par des embranchements ou par des boucles. Grâce à ces deux dispositions, une seule ligne de la zone centrale peut desservir une surface périphérique beaucoup plus étendue (sensiblement double). Nous reprendrons plus en détail l'étude des fourches et des boucles à propos du tracé théorique des lignes de banlieue.

A titre d'exemple, un réseau théorique établi pour desservir la surface d'une ville de 5 kilomètres de rayon est représenté sur la figure 9.

L'écartement des lignes à la périphérie est d'environ 1.550 mètres, c'est-à-dire que les voyageurs ont au plus 800 mètres à parcourir pour atteindre une station. Cet écartement est réduit à moins de 750 mètres dans la partie centrale de la ville, ce qui ne laisse aucun point à plus de 400 mètres d'une ligne.

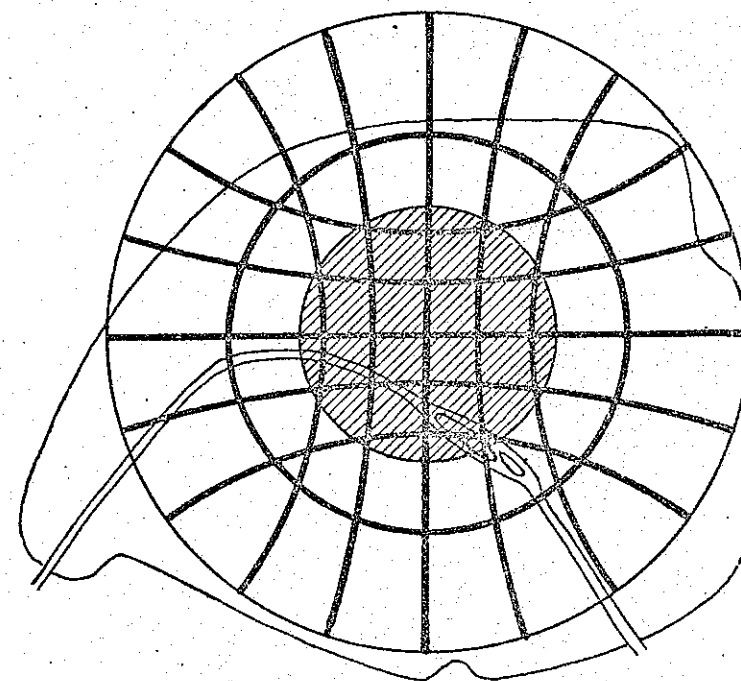


Fig. 9. — Exemple d'un réseau théorique établi pour un rayon d'action de 5 km. (en trait fin : contour de Paris).

Le réseau est formé de deux lignes diamétrales, de huit lignes paraboliques et d'une ligne circulaire de 3 km. 2 de rayon. La longueur totale de ses 11 lignes est d'environ 120 kilomètres.

Cette valeur ne paraît nullement exagérée. Le réseau parisien actuel, qui opère sensiblement dans la même superficie, a une longueur (prolongements en banlieue non compris) de 138 kilomètres.

Un tracé théorique de ce genre doit, bien entendu, être adapté aux conditions particulières de chaque agglomération urbaine.

Il pourrait convenir à des villes sensiblement circulaires comme Paris, Londres ou Berlin. Mais son allure serait toute différente dans le cas de villes comme New-York et Boston, où les terres

habitables sont très irrégulièrement disposées (îles et presqu'îles).

Enfin, il est nécessaire de tenir compte dans un tracé réel de l'existence de certains points présentant une importance toute spéciale, en particulier des grandes gares de chemins de fer où arrive une masse souvent considérable de voyageurs de banlieue. Les courants de population que nous avons indiqués peuvent être modifiés dans une large mesure par ces apports extérieurs.

Cependant, si les réseaux peuvent prendre des formes très diverses en rapport avec la géographie physique et économique des villes, la spécialisation des quartiers et les principes d'établissement des lignes ont un caractère tout à fait général. Ils sont à la base de toute étude d'ensemble des chemins de fer métropolitains.

§ 3. — Exemples de réseaux.

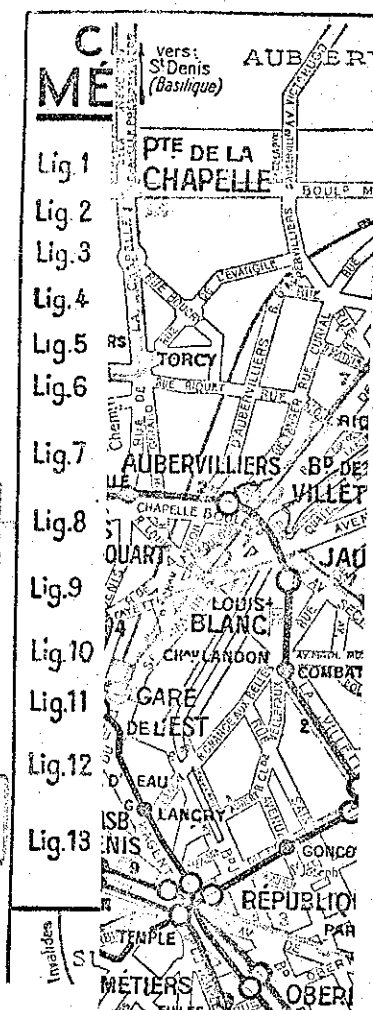
Dans ce paragraphe, nous indiquerons les principales caractéristiques du tracé de quatre grands réseaux métropolitains : les réseaux de Paris, Londres, Berlin et New-York.

A) RÉSEAU DE PARIS¹. — Le chemin de fer métropolitain de Paris s'est développé très vite et occupe actuellement une situation de premier plan dans l'ensemble des transports en commun de la Ville. Il transporte à lui seul presque autant de voyageurs que les autobus et les tramways réunis : 852 millions en 1934 contre 930 millions pour ces derniers. Les difficultés de la circulation, particulièrement grandes à Paris, expliquent l'importance du rôle que le métropolitain a été amené à jouer dans les transports urbains.

Jusqu'en 1933, le réseau n'a pas dépassé la limite administrative de la Ville de Paris. Cette limite se confond sensiblement avec une circonférence de 5 kilomètres de rayon. Dans ce périmètre, la longueur totale des lignes exploitées atteint actuellement 138 kilomètres, soit une densité moyenne d'environ 1 km. 6 de ligne par kilomètre carré². Le réseau est divisé en treize lignes exploitées séparément. Une des lignes est terminée par une boucle (ligne 8) et deux par un embranchement (lignes 7 et 13).

1. Population de Paris dans un cercle de 15 kilomètres de rayon : 5.350.000 habitants.

2. Pour la France entière, cette densité est légèrement inférieure à 0 km. 1 de voie ferrée par kilomètre carré.



THE

conveys you
museums, etc.

Fares are
the same

Ordinary

Second class

(available for the

Buy tickets

DESIGNATION	DESCENDRE	SITUATION
Mogador.	12-N	Trinité
du Palais-Royal.	1-7-C	Palais-Royal
de Paris.	12-N	Trinité
de la Renaissance.	12-N	Trinité
Sarah Bernhardt.	8-9-C	St-Martin
Châtelet.	1-4-7-11-C	Châtelet
Anvers.	2-N	Anvers
des Variétés.	8-9-C	Montmartre
Salle Gaveau.	9-C	St-Augustin
Salle Rambeau.	7-N	Ternes
Casino de Paris.	12-N	Trinité
Folies-Bergère.	7-N	Cadet
Gaumont Palace.	2-13-N	Place Clichy
Margnan.	1-0	Opéra
Paramount.	3-7-8-C	Opéra
Rex.	8-9-C	Bonne-Nouvelle
Cirque d'Hiver.	8-C	Fil.-du-Cavalier
Cirque Médrano.	2-12-N	Pigalle
Luna Park.	1-0	Pte Maillot
podrome d'Auteuil.	8-0	Pte d'Auteuil
de Longchamp.	8-0	Pte d'Auteuil
de Vincennes.	1-0	Ch. de Vincennes
de Glace.	1-0	Champs-Élysées
des Sports (Vélodrome d'Hiver).	5-0	Q. de Grenelle
de Buffalo.	8-9-0	M. A. Molitor
de Buffalo.	4-S	Pte d'Orléans
de Buffalo.	8-9-0	M. A. Molitor
de Buffalo.	3-11-E	Ch. de Vincennes
de Buffalo.	8-0	Pte d'Auteuil
de Buffalo.	4-S	Pte d'Orléans
de Buffalo.	9-0	Pte de St-Cloud
Municipal.	8-E	Pte de Charenton
ing Club de France (Tourisme).	1-0	George-V

— Der Fahrschein muss während der Fahrt aufbewahrt und bei Kontrolle vorgezeigt werden.

Untergundbahnpläne vor dem Eingang zu den steigen bzw. auf den Bahnsteigen selbst, sowie in den Gängen ermöglichen es, sich leicht zu finden. In Zweiteinstellen wende man sich an einen Beamten.

PO Abfahrtszeit der Erste Züge 5.30
ES Endstationen Letzte Züge 0.45

1. CHARENTAIS-MALLOTT
 2. NOTION - DAUPHINE
 3. MOUS-CHAMPERRET
 4. CLIGNACOURT-PT DE ORLÉANS
 5. NORD-PT D'ITALIE-ÉTOILE
 6. NATION-PLACE D'ITALIE
 7. PT DE LA VILLETELLE PT D'IVRY
 8. PT DE GETTAINS
 9. AUTEUIL-PT DE CHARENTON
 10. PT DE SEINES } MONTREUIL
 11. PT DE CLOUDD }
 12. CUSSE-BOU-VALENDES
 13. PT DE LILAS-CHÂTELET
 14. MARTEL-SEIN } PT DE LA
 15. PT DE MARS-LES } CHAPELLE
 16. PT DE CLOUDD }
 17. PT DE CLOUDD } GARESI LAZARE

Prove that $\frac{1}{2} \leq \frac{1}{2} \leq \frac{1}{2}$ for all $n \in \mathbb{N}$.

Station de correspondance :  ODÉON

PARIS

PLAN
OFFERT
PAR LE

CHEMIN DE FER
MÉTROPOLITAIN

UNTERGRUNDBAHN

UNDERGROUND
RAILWAY



VISITEZ PARIS

SES MONUMENTS
SES MUSÉES
SES FÊTES

POUR TOUTS RENSEIGNEMENTS S'ADRESSER AU
SYNDICAT D'INITIATIVE DE PARIS
127, AVENUE DES CHAMPS-ÉLYSÉES

POUR VOS
COMMUNICATIONS TÉLÉPHONIQUES
URBAINES ET SUBURBAINES
UTILISEZ LES
CABINES PUBLIQUES
INSTALLÉES DANS UN GRAND NOMBRE
DE STATIONS DU MÉTROPOLITAIN
PAR L'ADMINISTRATION DES P.T.T.

LE CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN
vous transporte rapidement à tous les Monu-
ments, Musées, Théâtres, Gares et points inté-
ressants de la Capitale.

Les tarifs sont très simples et très bon marché.
Le prix des billets est le même quels que soient
la longueur du parcours effectué et le nombre
des lignes empruntées.

Billets simples : 1^{re} classe : 1.15
2^{de} classe : 0.70
Billets d'Aller et Retour de 2^{de} classe : 0.85
(Valables à l'aller avant 9 heures et au retour le jour même)
Pour éviter l'attente aux guichets, achetez vos
billets par carnets de 10 : 1^{re} classe : 11.50
2^{de} classe : 7.00
(Vendus à tous les guichets et utili-
sables à toutes les stations) Aller et Retour 2^{de} cl. : 8.50

Pour voyager sur le Métropolitain :

— Prenez un billet au guichet de la
station et présentez-le au contrôle avant
de pénétrer sur le quai.

— Conservez-le car sa présentation peut
être exigée en cours de route.

Consultez les plans affichés dans les salles de
distribution pour l'itinéraire à suivre et laissez-vous
guider par les plaques indicatrices. En cas d'hé-
sitation renseignez-vous auprès des agents de la
Compagnie.

Premier départ des terminus : 5 h 30
Dernier départ des terminus : 0 h 45

THE UNDERGROUND RAILWAY

conveys you quickly to all the monuments,
museums, theatres, railway stations and places
of interest in Paris.

Fares are very simple and cheap. The cost is
the same whatever the distance travelled and
the number of lines used.

Ordinary tickets : 1st class : 1.15
2nd class : 0.70
Second class return tickets : 0.85
(available for the outward journey only before 9 a.m. and on day of issue)
Buy books of ten tickets to avoid waiting at the
booking-office : 1st class : 11.50
2nd class : 7.00
(Sold at all booking-offices and available for all stations) return 2nd class : 8.50

To travel by the underground Railway :

— Obtain a ticket from the booking office
and show it to the ticket-examiner before
going to the platform.

— Keep it because you may be required
to produce it on your journey.

Look up your route on the indicating plan in the
booking-hall, and follow the direction signs. If you
have any difficulty, ask the officials for information

Departures from 5.30 A.M.
the terminal stations to 0.45 A.M.

MIT DER UNTERGRUNDBAHN

fahren Sie schnell bis zu allen Denkmälern,
Museen, Theatern, Fernbahnhöfen und interes-
santen Punkten der Hauptstadt.
Die Tarife sind sehr billig. Es gibt einen Einheits-
fahrpreis für alle Stationen.

Einfache Fahrkarten : 1. Klasse : 1.15
2. Klasse : 0.70
Hin- und Rück-Fahrkarten 2. Klasse : 0.85
(gültig bis 9 Uhr für die Hinfahrt und während des ganzen Tages für
die Rückfahrt)
Fahrscheinhefte ersparen Ihnen das Warten am
Schalter. 1. Klasse : 11.50
2. Klasse : 7.00
Fahrscheinhefte mit 10 Fahrkarten : 1. Klasse : 11.50
2. Klasse : 8.50

Um zu fahren :

— Versieht man sich am Schalter der Sta-
tion mit einem Fahrschein, den am Eingang
zum Bahnsteig vom Kontrolleur gecheckt
wird.

— Der Fahrschein muss während der
Fahrt aufbewahrt und bei Kontrolle
vorgezeigt werden.

Die Untergrundbahnpläne vor dem Eingang zu den
Bahnsteigen bzw. auf den Bahnsteigen selbst sowie
die Tafeln in den Gängen ermöglichen es, schnell
zurecht zu finden. In Zweifelsfällen wende man sich
an einen Beamten.

Abfahrtszeit der 1. Züge 5.30
Endstationen Letzte Züge 0.45

NTS PRINCIPAUX DE PARIS

Designation des stations les plus proches
de la station est suivie du numéro de la ligne qui la
relie à la région du plan de Paris dans laquelle
elle se trouve.
N - Sud : S - Est : E - Ouest : O - Centre : C

DÉSIGNATION	Descendre à :	Lignes et Situation
SAINT-VINCENT-DE-PAUL	Gare du Nord	4-5-N
Trinité	Trinité	12-N
Culte Protestant : Oratoire	Louvre	1-C
Culte Israélite : Synagogue	S.-D.-de-Lafayette	12-N
Cultes Étrangers :		
Eglise Américaine	Alma-Marceau	9-O
Catholique Anglaise	Etoile	1-2-5-O
Catholique Anglicane	Étoile	9-O
Protestante Américaine	George-V	1-O
Russe	Ternes	2-O
Mosquée	Casimir-Darcel	7-5
Cimetière : Montmartre	Clichy	2-13-N
— Montparnasse	Raspail	4-5-S
— Père-Lachaise	Père-Lachaise	2-3-E
— Passy	Trascardère	5-9-O
ENSEIGNEMENT -		
Facultés, Bibliothèques, etc.		
Bibliothèque Nationale	Bourse	3-C
Cité Universitaire	Porte d'Orléans	4-5
Collège de France	Arts et Métiers	10-C
Conservatoire des Arts et Métiers	Arts et Métiers	3-11-C
École des Beaux-Arts	St-Germain-l'Auxois	4-C
Faculté de Droit	Clichy	10-C
— de Médecine	Clichy	10-C
— des Lettres, Sciences	Cluny	10-C
(Sorbonne)	Cluny	10-C
Institut Pasteur	Pastour	5-12-S
GARES		
Gare d'Austerlitz (P. O.)	Odéon-Austerlitz	5-S
— de la Bastille (Ch. de l'Est)	Bastille	1-5-8-C
— des Invalides (État)	Gare de l'Est	4-5-7-C
— du Luxembourg (Ch. de l'Est)	Invalides	8-10-C
— de Lyon (P. L. M.)	Gare de Lyon	1-E
— Montparnasse (État)	Gare Montparnasse	4-12-S
— du Nord (Nord)	Gare du Nord	4-5-N
— d'Orsay (P. O.)	Solférino	12-C
— Saint-Lazare (État)	Gare St-Lazare	1-12-13-C

DÉSIGNATION	Descendre à :	Lignes et Situation
JARDINS ET PARCS		
Jardin d'Acclimatation	Pte Maillot	1-O
— du Luxembourg	Odéon	4-10-C
— du Palais-Royal	Palais-Royal	1-7-C
— des Plantes	Odéon-Austerlitz	5-S
Jardin des Tuileries	Tuileries	1-C
— Zoologique	Porte Dauphine	8-E
Parc des Buttes-Chaumont	Buttes-Chaumont	7-E
— Monceau	Monceau	2-O
— Montsouris	Montsouris	4-S
— de Saint-Cloud	Pte d'Orléans	9-O
— du Trocadéro	Trocadéro	5-9-O
Pré Catelan	Pte Dauphine	2-O
Bois de Boulogne (Porte d'Auteuil)	Pte d'Auteuil	8-O
— (Porte Dauphine)	Pte Dauphine	2-O
— (Porte de Neuilly)	Pte Maillot	1-O
Bois de Vincennes	Pte Dauphine	8-E
Roseraie de Bagatelle	Pte Dauphine	2-O
MAGASINS		
Bazar de l'Hôtel de Ville	Hôtel de Ville	1-11-C
Bon Marché	Sèvres-Invalides	10-12-C
Galerie Lafayette	Ch. d'Antin	7-9-C
Louvre	Palais-Royal	1-7-C
Printemps	Haute-Dauphine	3-9-C
Samartine	Châtelet	1-4-7-11-C
Trois Quatiers	Mademoiselle	8-12-C
MONUMENTS		
Arc de Triomphe de l'Étoile	Etoile	1-2-5-O
(Tombeau du Soldat Inconnu)		
Arc du Triomphe du Carroussel	Palais-Royal	1-7-C
Arènes de Lutèce	Mongo	7-S
Château de Vincennes	Ch. de Vincennes	1-E
École Militaire	École-Militaire	8-O
Hôtel des Invalides (Tom. de Napoléon)	Invalides	8-10-C
Observatoire	Dentier-Boche	4-5-S
Palais des Beaux-Arts	Palais-Royal	1-7-C
— du Louvre	Louvre	1-C
Grand Palais (Salons de peinture, auto, aviation, etc.)	Champs-Élysées	1-O
Petit Palais	Climax	1-O

DÉSIGNATION	Descendre à :	Lignes et Situation
Palais Royal	Palais-Royal	1-7-C
Panthéon	Marcel-Ménil	10-C
Place de la Bastille (Colonne de Juillet)	Bastille	1-8-C
— de la Concorde (Obélisque)	Concorde	1-8-12-C
— des Vosges (Maison de V. Hugo)	St-Paul	1-C
Vendôme (Colonne Vendôme)	Opéra	3-7-8-C
Portes Saint-Denis et Saint-Martin	St-Jacques-St-Étienne	4-8-9-C
Sainte-Chapelle (Palais de Justice)	Cité	4-C
Sorbonne	Cluny	10-C
Tour Eiffel (Champ de Mars)	Champ-de-Mars	8-O
Tour Saint-Jacques	Châtelet	1-4-7-11-C
Trocadéro	Trocadéro	5-9-O
MUSÉES		
Carnavalet	St-Paul	1-C
Cluny	Cluny	10-C
Conservatoire des Arts et Métiers	Arts-et-Métiers	3-C
Colonies (Aquarium)	Pte Dauphine	9-E
Galliera	Étoile	9-O
Guimet	Étoile	9-O
Gobelins (Manufacture des)	Gobelins	7-S
Hôtel des Monnaies	St-Michel	4-C
Légion d'Honneur	Solférino	12-C
Louvre	Louvre	4-C
Luxembourg	Odéon	4-10-C
Musée de l'Armée (Invalides)	Invalides	8-10-C
Musée d'Histoire Naturelle	Odéon-Austerlitz	5-S
Sèvres (Manufacture de)	Pont-de-Sèvres	9-O
SPECTACLES - Théâtres - Ciné, etc.		
Théâtre de l'Opéra	Opéra	3-7-8-C
— de l'Opéra Comique	Ricqlès-Drouot	8-9-C
— de la Comédie Française	Palais-Royal	1-7-C
— de l'Odéon	Odéon	4-10-C
— de l'Athénée	Opéra	3-7-8-C
— des Bouffes Parisiens	4 Septembre	3-C
— du Châtelet	Châtelet	1-4-7-11-C
— des Ch.-Élysées (Th. et Com.)	Alma-Marceau	4-O
— de la Gaîté Lyrique	Bellecour-Saint	3-4-C
— du Gymnase	Bonne-Nouvelle	8-9-C
— de la Madeleine	Mademoiselle	8-12-C

DÉSIGNATION	Descendre à :	Lignes et Situation
Théâtre Mogador	Trinité	12-N
— du Palais-Royal	Palais-Royal	1-7-C
— de Paris	Trinité	12-N
Pigalle	Trinité	12-N
— de la Renaissance	St-Romain	12-N
Sarah Bernhardt	Cluny	10-C
Tramway	Tramway	12-N
— des Variétés	Humanoir	12-N
Salles de Concerts : Salle Gaveaux	St-Jacques	9-O
— Salle Pleyel	Ternes	2-O
— Salle Wagram	Wagram	12-N
Musée-Hall : Casino de Paris	Trinité	12-N
— Folies-Bergère	Trinité	12-N
Cinéma : Gaumont Palace	Passy	12-N
— Marignan	Marignan	12-N
— Paroisse	Paroisse	12-N
— Rex	St-Romain	12-N
Cirques : Cirque d'Hiver	St-Jacques	9-O
— Cirque Médrano	St-Jacques	9-O
Attractions : Luna Park	St-Jacques	9-O
SPORTS		
Hippodrome d'Auteuil	Pte d'Auteuil	8-O
— de Longchamp	Pte d'Auteuil	8-O
— de Vincennes	Ch. de Vincennes	1-E
Palais de Glace	Quatre-Sept	12-N
Palais des Sports (Hippodrome d'Hiver)	Quatre-Sept	12-N
Piscine Molitor	St-Jacques	9-O
Stade Buffalo	St-Jacques	9-O
— Jean Béraud	St-Jacques	9-O
— Nautique (Bassin des Toues)	St-Jacques	9-O
— Paris	St-Jacques	9-O
— Roland Garros	St-Jacques	9-O
Vélodrome Buffalo	St-Jacques	9-O
— du Parc des Princes	St-Jacques	9-O
— Municipal	St-Jacques	9-O
Maison de France (Tourisme)	George-V	1-O
Touring Club de France (Tourisme)	George-V	1-O
Parcs d'Exposition : Jardins de Paris	Pte de la Chapelle	12-N

DÉSIGNATION	Descendre à :	Lignes et Situation
Théâtre Mogador	Trinité	12-N
— du Palais-Royal	Palais-Royal	1-7-C
— de Paris	Trinité	12-N
Pigalle	Trinité	12-N
— de la Renaissance	St-Romain	12-N
Sarah Bernhardt	Cluny	10-C
Tramway	Tramway	12-N
— des Variétés	Humanoir	12-N
Salles de Concerts : Salle Gaveaux	St-Jacques	9-O
— Salle Pleyel	Ternes	2-O
— Salle Wagram	Wagram	12-N
Musée-Hall : Casino de Paris	Trinité	12-N
— Folies-Bergère	Trinité	12-N
Cinéma : Gaumont Palace	Passy	12-N
— Marignan	Marignan	12-N
— Paroisse	Paroisse	12-N
— Rex	St-Romain	12-N
Cirques : Cirque d'Hiver	St-Jacques	9-O
— Cirque Médrano	St-Jacques	9-O
Attractions : Luna Park	St-Jacques	9-O
SPORTS		
Hippodrome d'Auteuil	Pte d'Auteuil	8-O
— de Longchamp	Pte d'Auteuil	8-O
— de Vincennes	Ch. de Vincennes	1-E
Palais de Glace	Quatre-Sept	12-N
Palais des Sports (Hippodrome d'Hiver)	Quatre-Sept	12-N
Piscine Molitor	St-Jacques	9-O
Stade Buffalo	St-Jacques	9-O
— Jean Béraud	St-Jacques	9-O
— Nautique (Bassin des Toues)	St-Jacques	9-O
— Paris	St-Jacques	9-O
— Roland Garros	St-Jacques	9-O
Vélodrome Buffalo	St-Jacques	9-O
— du Parc des Princes	St-Jacques	9-O
— Municipal	St-Jacques	9-O
Maison de France (Tourisme)	George-V	1-O
Touring Club de France (Tourisme)	George-V	1-O
Parcs d'Exposition : Jardins de Paris	Pte de la Chapelle	12-N

127, AVENUE DES CH
COMMUNICATIONS TÉ
URBAINES ET SUBU
UTILISEZ LE
CABINES PUBLI
INSTALLÉES DANS UN G
DE STATIONS DU M
PAR L'ADMINISTRATIO

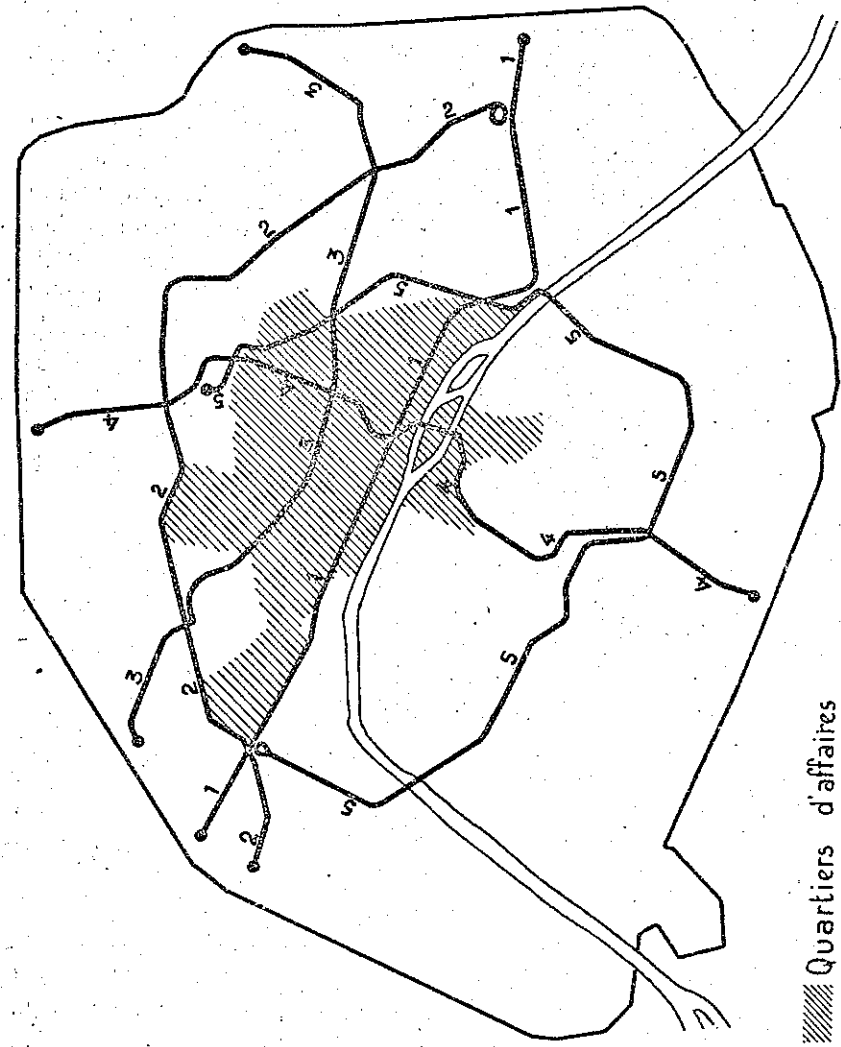


POINTS PRINCIPAUX DE PARIS

avec désignation des stations les plus proches
Chaque station est suivie du numéro de la ligne qu'il a
dessert et de la région du plan de Paris dans laquelle
elle se trouve :
Nord : N - Sud : S - Est : E - Ouest : O - Centre : C
En suivant le tracé en couleur de la ligne vous trouverez
la station cherchée.

DÉSIGNATION	o :	Descendre	Lignes et Situation
ADMINISTRATIONS PUBLIQUES			
Palais de l'Élysée (Présid. de la Républ.)	1—O		
Champs-Élysées	1—O		
Clémenceau	4—10—C		
Odéon	4—10—C		
Ch.-des-Députés	12—C		
Pont-Neuf	7—C		
Cité	7—C		
Cité	4—C		
Invalides	8—10—C		
Hôtel-de-Ville	1—11—C		
Louvre	1—C		
Halles	4—C		
Bourse	3—C		
Cité	4—C		
CULTES ET CIMETIÈRES			
Tribunal de Commerce	8—12—C		
Mademoiselle	8—12—C		
Cité	4—C		
N.-D.-de-Lorette	12—N		
Bourse	3—C		
Abbesses	12—N		
Saint-Ambroise	9—E		
Saint-Augustin	4—C		
Halles	4—C		
Maubert-Mutual.	10—C		
St-Renan-Xavier	10—C		
St-Germ.-d.-Près	4—C		
Louvre	1—C		
Saint-Germain-l'Auxerrois	1—C		
Saint-Germain-des-Près	1—C		
Saint-Merri	1—C		
Eglises Catholiques			
Mademoiselle	8—12—C		
Notre-Dame	4—C		
Notre-Dame-de-Lorette	12—N		
Notre-Dame-des-Victoires	3—C		
Sacre-Cœur	12—N		
Saint-Ambroise	9—E		
Saint-Augustin	4—C		
Saint-Eustache	4—C		
Saint-Etienne-du-Mont	10—C		
Saint-François-Xavier	10—C		
Saint-Germain-des-Près	1—C		
Saint-Germain-l'Auxerrois	1—C		
Saint-Merri	1—C		
GARES			
Gare d'Austerlitz (P. O.)	10—C		
de la Bastille (Ch. de fer de Vincennes)	10—C		
de l'Est (Est)	10—C		
des Invalides (Etat)	10—C		
du Luxembourg (Ch. de fer de Vincennes)	10—C		
de Lyon (P. L. M.)	10—C		
Montparnasse (Etat)	10—C		
du Nord (Etat)	10—C		

(Boulogne, Issy-les-Moulineaux et Vincennes ; longueur totale, 5 km 8), trois sont en construction, trois vont être entrepris.
Le public accède au réseau par 308 stations dont 110 sont des stations de correspondance entre deux ou plusieurs lignes. (Voir sur



L'extension du métropolitain dans les communes limitrophes de Paris est en cours de réalisation. Quinze prolongements sont prévus hors de l'enceinte actuelle. Trois d'entre eux sont déjà en service

Fig. 10. — Plan schématique des lignes bien tracées du réseau parisien.

le plan ci-joint le tracé des lignes et la position des stations du réseau métropolitain de Paris.)

Bien que Paris se rapproche beaucoup de la ville-type circulaire que nous avons considérée pour établir un réseau théorique, quelques lignes seulement de son réseau actuel peuvent être considérées comme logiquement tracées (fig. 10).

Ce sont tout d'abord les lignes 1 et 4, presque diamétrales, qui traversent franchement la zone d'affaires. C'est ensuite la ligne 3, type même de la ligne parabolique, incurvée en son milieu vers le centre. Ce sont enfin les lignes 1 et 2, raccordées à une de leurs extrémités, et traçant approximativement un cercle de 3 kilomètres de rayon. La ligne 5 présente en outre la particularité intéressante de réunir à peu près toutes les grandes gares parisiennes : Nord, Est, Bastille, Lyon, Austerlitz, Denfert-Rochereau et Montparnasse.

Par contre, les autres lignes sont beaucoup moins satisfaisantes. Au lieu de former un quadrillage net de lignes droites ou faiblement incurvées, elles sont sinueuses et hésitantes. Certains trajets ne peuvent être effectués que par des combinaisons de lignes fort compliquées.

Les lignes 7, 8 et 9 ont dans l'ensemble un tracé parabolique (en dépit de leurs sinuosités). Mais, au lieu de couper la zone d'affaires du côté le plus proche de leurs extrémités, elles la contournent et la coupent du côté opposé. Il en résulte un allongement notable de leurs parcours, sans aucun avantage pour le public.

La répartition des terminus à la périphérie est très irrégulière. Celle des lignes à l'intérieur de

la ville l'est également. Les lignes 1, 3, 8 et 9, par exemple, presque parallèles dans les quartiers très actifs du centre, y sont très inégalement espacées : les lignes 8 et 9 sont confondues, la ligne 3 est très voisine de ces lignes (300 mètres en moyenne) ; par contre la ligne 1 en est relativement éloignée (830 mètres en moyenne de la ligne 3).

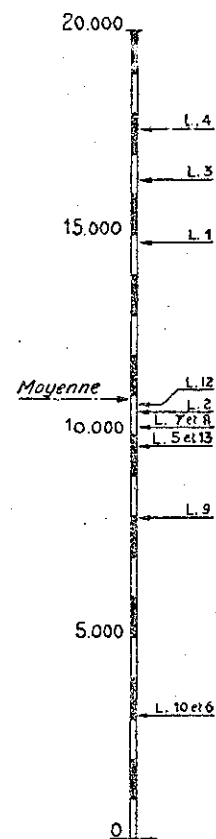


Fig. 11. — Recettes moyennes par kilomètre des lignes du réseau métropolitain parisien (moyenne avril 1935).

Proposons-nous de vérifier ces appréciations d'après les résultats de l'exploitation du réseau. Sur la figure 11, les lignes sont classées

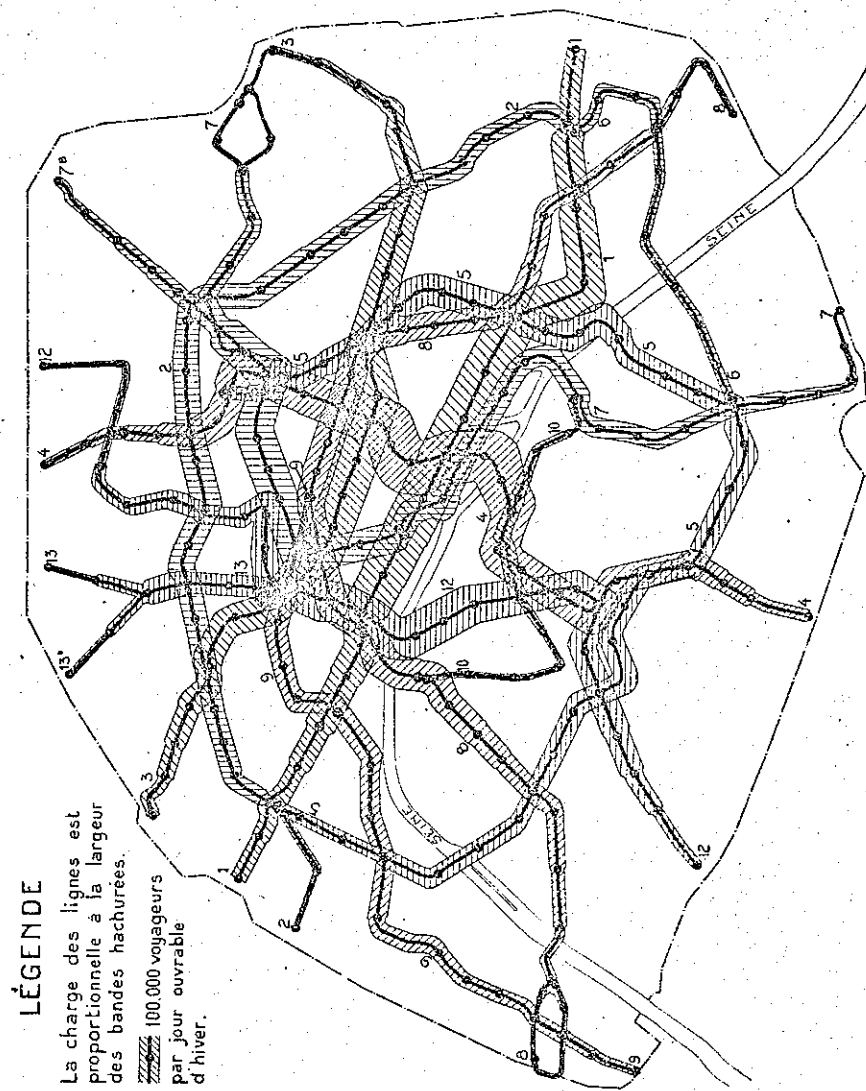


Fig. 12. — Charges des lignes (année 1932).

d'après leur recette moyenne par kilomètre de ligne et par jour (moyenne des jours de semaine d'avril 1935).

Les lignes 4, 3 et 1, bien tracées théoriquement, dépassent largement toutes les autres.

Les lignes 2 et 5 sont classées parmi les lignes moyennes. Ce résultat est anormal. En effet, si l'étude théorique justifie dans une certaine mesure les lignes circulaires, elle indique en même temps que leur trafic doit être moins rémunérateur que celui des lignes diamétrales ou paraboliques. Les lignes 7, 8, 9 et 12, qui peuvent être rangées dans ce dernier groupe, devraient régulièrement se classer au-dessus des lignes 2 et 5.

Les lignes 6 et 10, courtes, sinueuses, ne réunissant pas des quartiers économiquement distincts, ont un trafic infime.

Cette méthode d'appréciation de l'intérêt des lignes est cependant critiquable, au moins en principe. Le jeu des correspondances vient fausser en partie les indications qu'on en peut tirer. La charge d'une ligne dépend sans doute des recettes de ses stations, mais aussi des apports qu'elle reçoit des autres lignes aux stations de correspondance. C'est pourquoi nous avons reproduit sur la figure 12 la carte des charges de lignes telle qu'elle résulte des comptages effectués sur le réseau en 1932.

Cette carte montre que les deux classements des lignes — d'après leurs charges moyennes et d'après leurs recettes kilométriques — sont pratiquement identiques. L'ensemble des conclusions précédentes reste donc valable.

Signalons, pour terminer, un caractère particulier du trafic apparaissant très nettement sur la carte des charges (fig. 12). Toutes les lignes qui coupent la zone d'affaires ont un maximum de charge très marqué en leur milieu. Au contraire, la charge des lignes 2 et 5 (circulaires) est à peu près constante sur tout leur parcours. Ces résultats s'expliquent par l'existence des différents courants de circulation que nous avons indiqués dans le paragraphe précédent. Les courants du premier groupe (habitations-affaires), dirigés vers le centre, s'ajoutent les uns aux autres depuis l'extrémité jusqu'au milieu des lignes diamétrales ou paraboliques. Les courants diffus du deuxième groupe (habitations-ateliers) chargent uniformément les lignes circulaires.

B) RÉSEAU DE LONDRES¹. — La difficulté de circulation dans les rues de Londres est bien moindre qu'à Paris. Aussi, le réseau métropolitain s'est-il relativement peu développé. Le nombre de

1. Population de Londres dans un cercle de 15 kilomètres de rayon : 6.800.000 habitants.

voyageurs qu'il transporte par an n'est que de 500 millions, contre

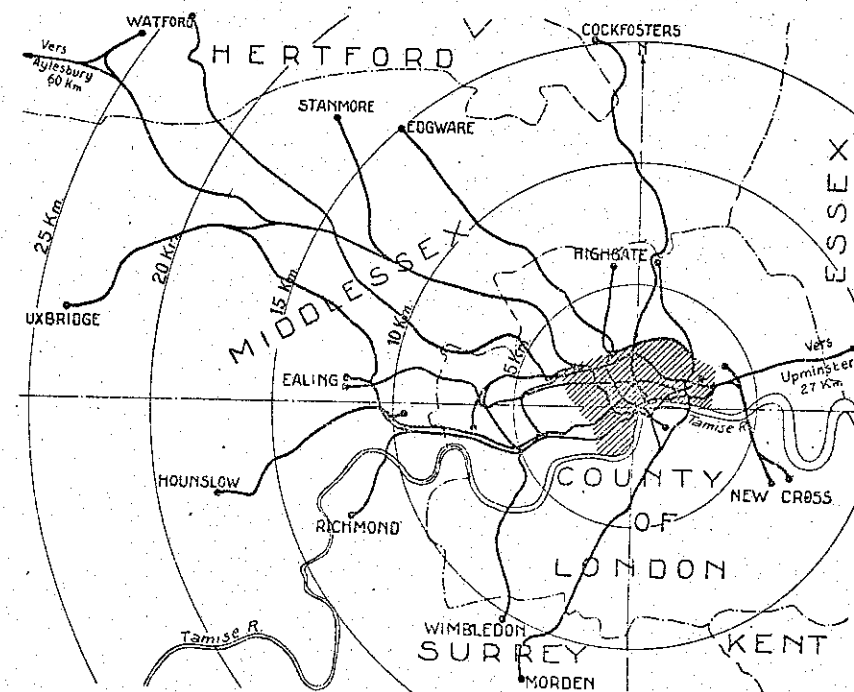


Fig. 13. — Réseau métropolitain de Londres.

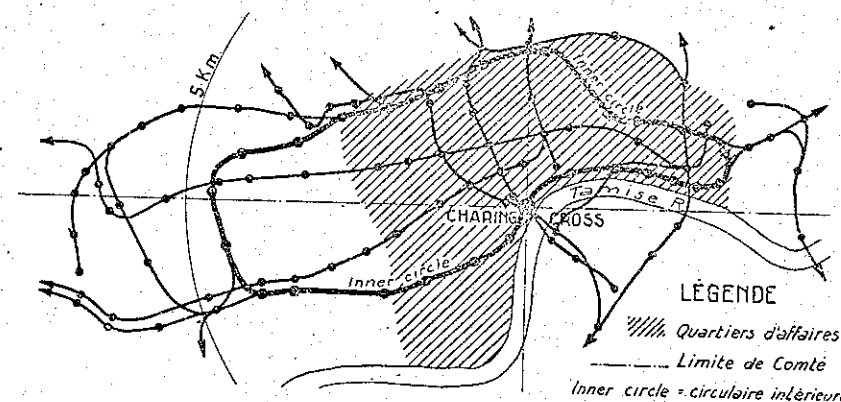


Fig. 13 bis. — Centre du réseau à plus grande échelle.

1 milliard pour les tramways et 2 milliards pour les autobus. Il est vrai que les distances moyennes parcourues sur le métro-

litain sont plus élevées que sur les réseaux de tramways et d'autobus. Dans les rues de Londres, ces derniers se succèdent sans interruption et ils ont drainé à leur profit tout le trafic des petites distances.

Le réseau métropolitain n'a d'ailleurs pas été établi pour les faibles parcours. L'intervalle moyen élevé compris entre les stations (800 mètres environ) en est la preuve. Par contre, les lignes ont été construites de suite jusqu'à une assez grande distance du centre. Actuellement, elles pénètrent fort loin dans la banlieue (fig. 13). Hounslow, Stanmore, Edgware et Cockfosters sont à 15 kilomètres et plus de Charing Cross, centre des quartiers d'affaires de Londres. Uxbridge et Watford sont à environ 25 kilomètres du même point. Les trains du métropolitain desservent même Aylesbury et Upminster, situés respectivement à 60 et 27 kilomètres de Charing Cross, en utilisant sur une partie de leur parcours les voies des grands réseaux anglais. Quelques autres lignes représentées sur la figure 13 sont d'ailleurs exploitées dans les mêmes conditions.

Bien que le réseau métropolitain de Londres forme un tout financièrement et techniquement, ses lignes peuvent être divisées en deux groupes nettement distincts :

1° Tous les prolongements sont établis et exploités comme des lignes de banlieue. Ils se raccordent les uns aux autres par des embranchements et sont tous dirigés vers le centre de l'agglomération. Ce sont là, nous le verrons, les principales caractéristiques du tracé des lignes suburbaines.

2° La partie centrale du réseau, au contraire, est tracée d'une façon toute différente (fig. 13). Elle se compose d'une ligne circulaire — l'Inner Circle — et de plusieurs autres lignes en quadrillage. Son but est de desservir les quartiers d'affaires et les quartiers d'habitations denses immédiatement voisins.

La longueur totale des lignes du réseau métropolitain de Londres est de 280 kilomètres. Cette longueur atteint 366 kilomètres si l'on tient compte des lignes des grands réseaux exploitées par les trains métropolitains.

C) RÉSEAU DE BERLIN¹. — Le réseau métropolitain de Berlin est de création relativement récente. Son trafic est encore assez faible,

1. Population de Berlin dans un cercle de 15 kilomètres de rayon : 5.300.000 habitants.

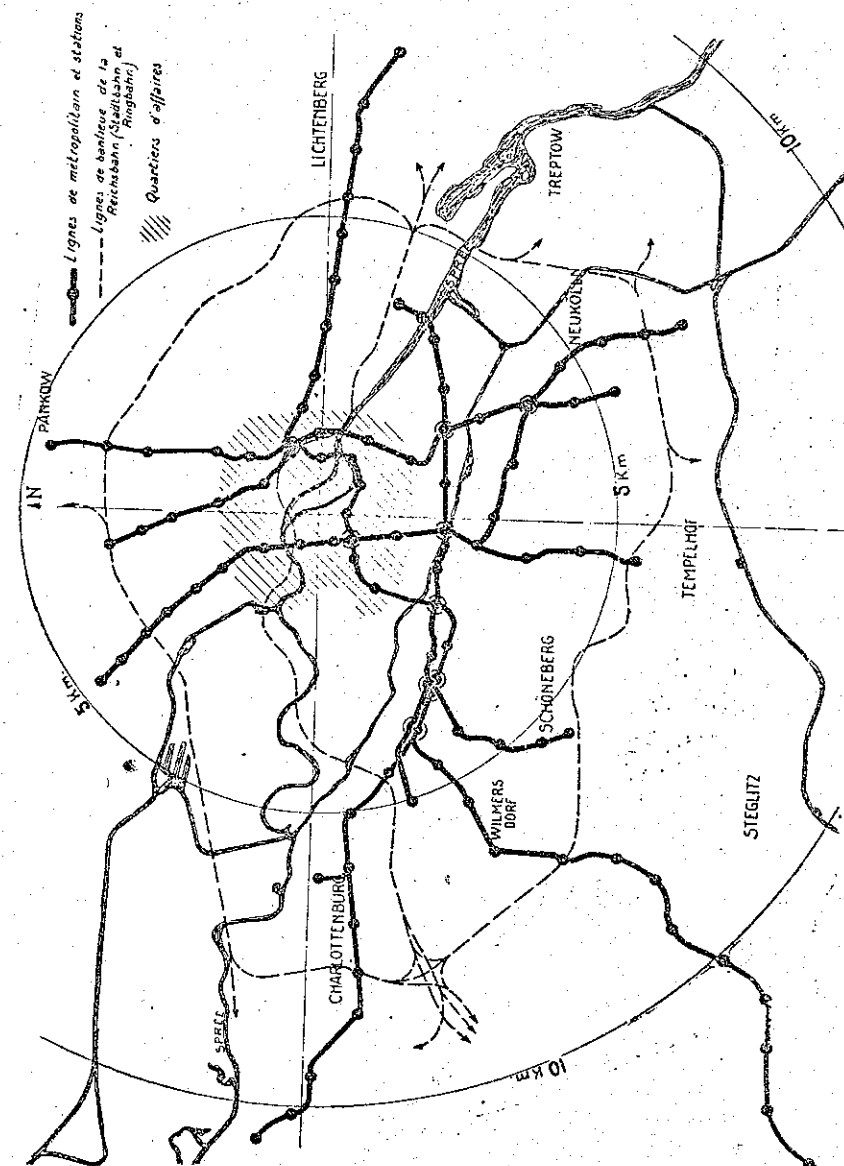


Fig. 14. — Réseau métropolitain de Berlin.

mais il augmente rapidement. Il est actuellement d'environ 300 millions de voyageurs, contre 900 millions pour les tramways et 300 millions pour les autobus.

La longueur totale des cinq lignes exploitées est de 76 kilomètres. L'intervalle moyen des stations est de 750 mètres. La plus grande partie du réseau est comprise dans un cercle de 5 kilomètres de rayon. Deux des lignes seulement sont prolongées à une de leurs extrémités jusqu'à 11 et 14 kilomètres du centre (fig. 14).

Il convient d'ajouter à ce réseau les deux lignes de raccordement des chemins de fer de banlieue : La Stadtbahn et la Ringbahn, exploitées par la Reichsbahn (Chemins de fer d'Empire). Ces deux lignes, dont l'une traverse et l'autre entoure la ville, assurent sur leur parcours un trafic métropolitain. Nous les étudierons très complètement à propos des chemins de fer de banlieue (voir pages 84 et 85).

D) RÉSEAU DE NEW-YORK¹. — Le réseau métropolitain de New-York est extrêmement développé. La longueur totale des lignes exploitées est de 432 kilomètres. Beaucoup de ces lignes sont à quatre voies et sont parcourues à la fois par des trains directs et par des trains omnibus. L'intervalle moyen entre les arrêts des omnibus est de 650 mètres. La longueur des voies simples dépasse 1.200 kilomètres.

L'importance du réseau métropolitain dans l'ensemble des transports urbains est prépondérante. Il transporte annuellement environ 2 milliards de voyageurs contre 1 milliard pour les tramways et 200 millions pour les autobus.

La plupart des lignes sont prolongées jusqu'à 15 kilomètres du centre (City Hall of New-York). Quelques-unes vont dans le « Borough of Bronx » jusqu'à 25 kilomètres du même point (fig. 15).

Le réseau métropolitain de New-York, comme celui de Londres, se compose de deux parties distinctes :

1° En dehors des quartiers d'affaires et d'habitations denses de Manhattan (gratte-ciels), son exploitation est du type banlieue (embranchements, lignes radiales).

2° Dans l'île de Manhattan, au contraire, les lignes forment un

1. Population de New-York dans un cercle de 15 kilomètres de rayon : 5.600.000 habitants (sans New-Jersey).

réseau serré, en quadrillage allongé, exploité d'après les procédés habituels des métropolitains.

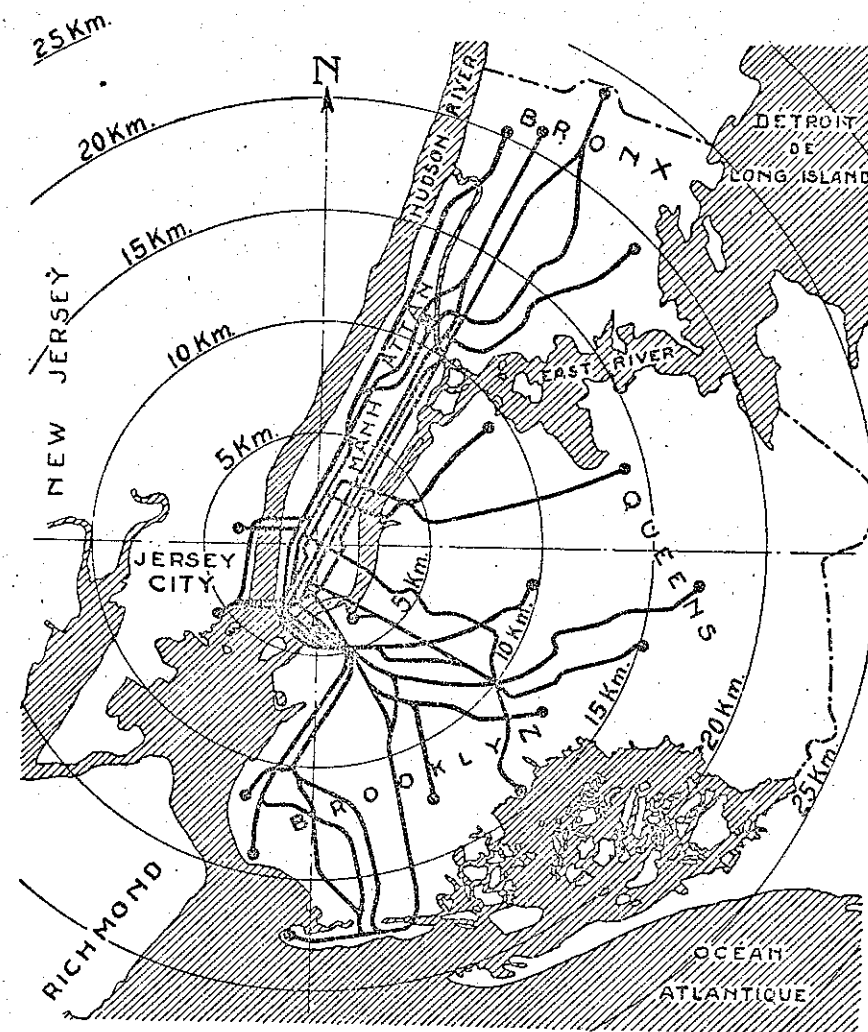


Fig. 15. — Réseau métropolitain de New-York.

E) RÉSEAU DE CHICAGO¹. — Le réseau de Chicago a une longueur totale de 130 kilomètres. Son tracé est particulièrement intéressant

1. Population de Chicago : 3.376.000 habitants.

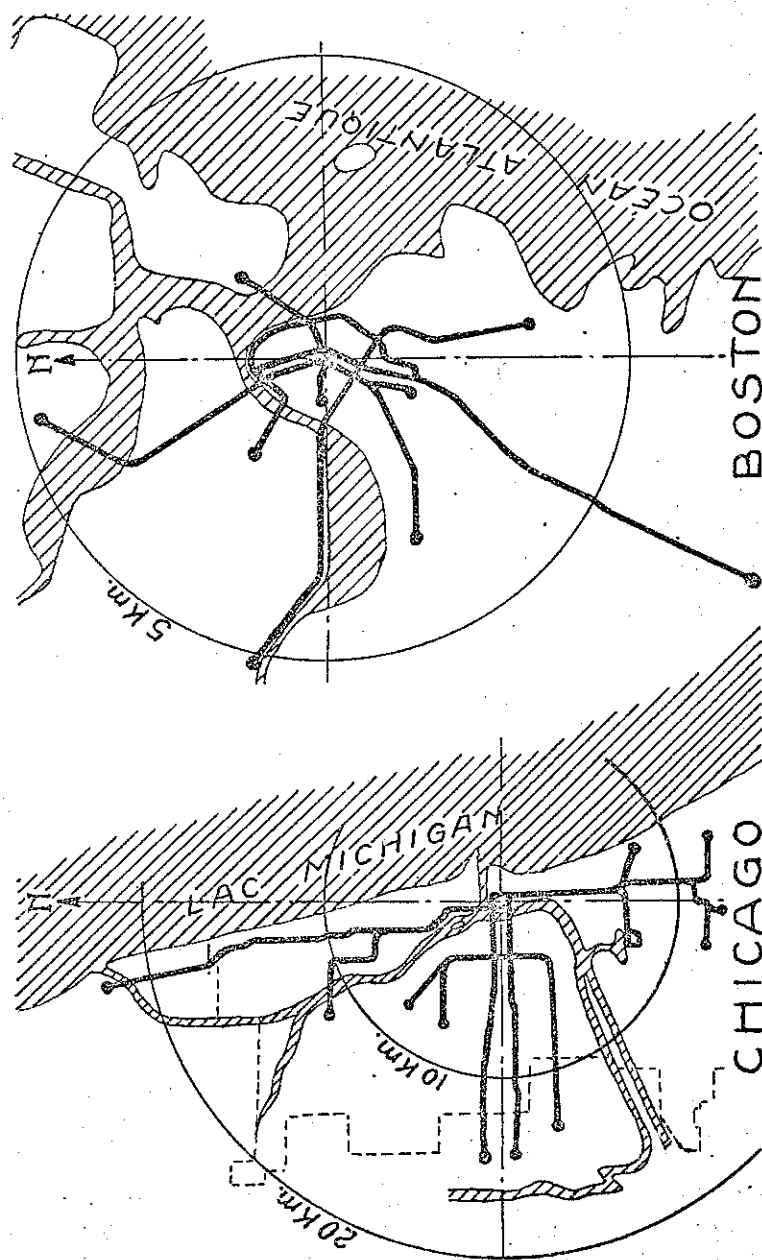


Fig. 16. — Réseaux métropolitains de Chicago et de Boston.

en raison de sa netteté. La plupart des lignes sont prolongées en banlieue. Elles convergent vers le centre et sont raccordées les unes aux autres par des embranchements.

F) RÉSEAU DE BOSTON¹. — Le réseau de Boston est moins important. Sa longueur totale est de 36 kilomètres seulement. Une de ses lignes est prolongée à 8 kilomètres du centre, toutes les autres sont comprises dans un cercle de 5 kilomètres de rayon. Le tracé du réseau est imposé par la situation géographique de la ville. Néanmoins, les lignes sont toutes incurvées pour atteindre les quartiers d'affaires du centre. Elles forment, dans cette partie de l'agglomération, un réseau extrêmement serré.

G) AUTRES RÉSEAUX. — Dans les villes suivantes, européennes et américaines, il existe également un réseau métropolitain :

Hambourg	68 km.	Glasgow	10 km.
Philadelphie	33 »	Buenos-Ayres	8,5 »
Vienne	26 »	Barcelone	8 »
Madrid	20 »	Tokio	6,5 »
Cleveland	19 »	Budapest	4 »
Barmen-Eberfeld	13,5 »	Osaka	3 »
Moscou { en exploitation	12 »	Stockholm	1,5 »
en construction	16 »		

1. Population de Boston : 750.000 habitants.

CHAPITRE III

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE L'EXPLOITATION
DES MÉTROPOLITAINS

§ 1. — Construction et équipement des lignes.

Les chemins de fer métropolitains, créés pour diminuer les encombrements de la circulation à la surface, devaient obligatoirement être exploités sur des plates-formes indépendantes des chaussées urbaines. Cette disposition s'imposait d'ailleurs également pour leur permettre de transporter de lourdes charges et d'aller vite en toute sécurité.

Deux solutions se présentaient pour la réaliser : le viaduc et le souterrain. Toutes deux ont été utilisées.

Le viaduc a deux qualités principales : il coûte moins cher d'établissement et offre aux voyageurs l'avantage d'un trajet à l'air libre. Beaucoup de métropolitains américains ont été construits de cette façon : tel est le cas de l'Elevated de New-York, des métropolitains de Chicago et de Boston.

Mais le viaduc exige plus d'entretien, il est bruyant¹ et inesthétique. Il se justifiait surtout au temps où la traction à vapeur était la seule possible, l'aération des souterrains étant très difficile à réaliser. A l'heure actuelle, il est abandonné pour la construction des lignes nouvelles dans le centre des villes. La ville de New-York a même décidé de démolir son Elevated et de remplacer les lignes aériennes par des lignes souterraines.

A Paris, une partie seulement des lignes périphériques a été construite en viaduc, dans des quartiers sans caractère artistique.

1. L'Elevated de New-York a dû payer de lourdes indemnités aux riverains gênés par les bruits de son exploitation.

On s'est d'ailleurs rendu compte très vite que cette solution n'était pas sensiblement plus avantageuse que celle du souterrain. Il en a été de même à Berlin : les deux premières lignes sont en partie aériennes, les plus récentes sont tout entières souterraines.

Le tunnel peut être construit suivant deux méthodes différentes : à faible profondeur ou à grande profondeur.

La première méthode a été employée à Paris. Elle offre l'avantage de faciliter la construction et de permettre ensuite un accès facile à partir de la surface. Par contre, elle impose l'obligation de suivre les voies existantes pour éviter des expropriations nombreuses et onéreuses. Le tracé qui en résulte est parfois très sinueux et gêne l'exploitation (ralentissements dans les courbes).

La deuxième méthode a été employée à Londres où une partie du réseau souterrain est construite à grande profondeur (Tubes). Indépendamment du tracé plus rectiligne obtenu, cette disposition a permis de donner aux lignes un profil ondulé, les stations étant placées au sommet des ondulations. Le démarrage et le freinage sont ainsi facilités. Par contre, l'accès aux stations est plus long, plus difficile. Des appareils élévateurs mécaniques doivent obligatoirement y être installés.

Il semble que cette solution soit moins en faveur à l'heure actuelle. Les lignes nouvelles de New-York et Berlin se rapprochent davantage du type parisien à faible profondeur que des « tubes » de l'« Underground » de Londres.

Les inconvénients de la traction à vapeur dans les villes en général, et dans les souterrains en particulier, suscitèrent d'actives recherches pour adapter la traction électrique aux métropolitains. Après les essais effectués par l'Américain Sprague sur l'Elevated de New-York, les réseaux s'électrifièrent rapidement. Signalons en particulier le « City and South London » (1890), les métropolitains de Liverpool (1893), de Chicago (1895), de Paris (1900), le « Central London Railway » (1900). Depuis lors, l'emploi de la traction électrique n'est plus discuté pour les réseaux urbains. Elle s'impose par de multiples avantages dont les principaux sont l'absence de fumée et la grande rapidité de démarrage des trains. Sans elle, le brillant développement des métropolitains aurait sans doute été sérieusement compromis.

§ 2. — Le problème de la capacité de transport.

A) CARACTÉRISTIQUES DES CHARGES TRANSPORTÉES. — Chacun connaît par expérience l'importance des charges transportées par les lignes de métropolitain. On peut citer à cet égard quelques chiffres particulièrement démonstratifs. Sur les lignes les plus chargées du réseau parisien, 20.000 à 25.000 places dans chaque sens sont offertes au public pendant l'heure la plus chargée. L'intensité annuelle du trafic par kilomètre de voie double atteint des valeurs impressionnantes : 7.650.000 voyageurs à Paris, 5.550.000 à New-York, 3.700.000 à Berlin, 3.250.000 à Londres (année 1931).

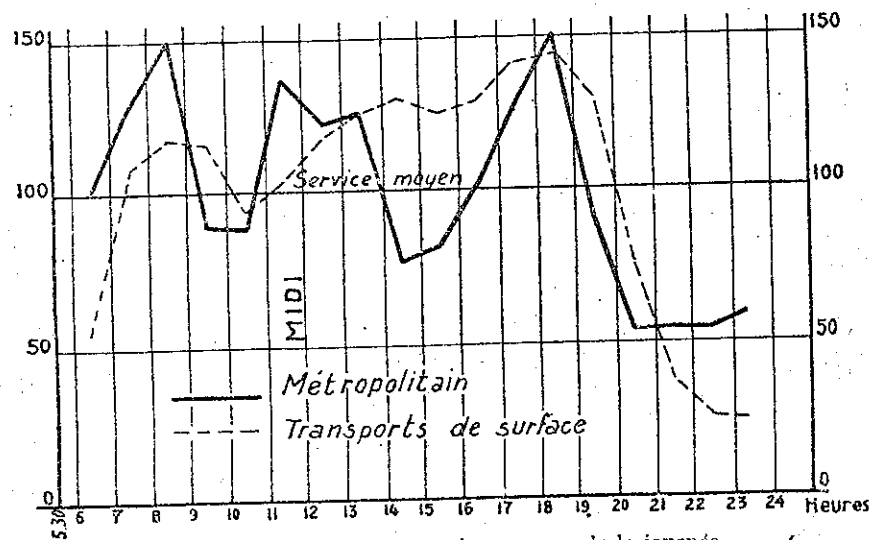


Fig. 17. — Variation du service au cours de la journée.

Le transport d'une telle masse de voyageurs est déjà un problème difficile. Mais celui-ci est encore compliqué par l'extrême irrégularité des besoins du public dans le temps (variations horaires, variations saisonnières) et dans l'espace (inégalité de trafic le long d'une ligne). Les graphiques suivants montrent les principaux caractères de ces irrégularités sur le réseau métropolitain de Paris.

La variation horaire du service est indiquée sur la figure 17. Cette courbe est caractéristique de tous les transports urbains. Les deux fortes pointes du matin et du soir se produisent aussi dans les autres grandes villes. Mais celle de midi est beaucoup plus appréciable à

Paris qu'à Londres et Berlin, les Parisiens ayant gardé en majorité l'habitude de rentrer déjeuner chez eux. Les transports de surface ne connaissent cependant pas la période creuse de l'après-midi (courbe pointillée). Ils sont relativement plus réguliers.

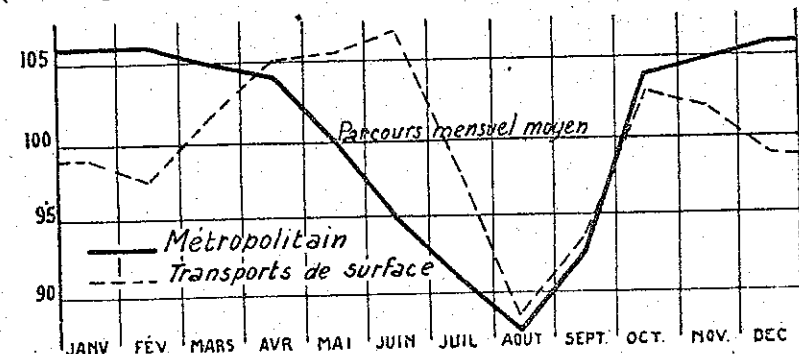


Fig. 18. — Variation saisonnière du parcours des voitures.

Les courbes de la figure 18 représentent la variation saisonnière du parcours des voitures. Le service des transports de surface a été reproduit également sur le graphique. La comparaison des deux courbes met en évidence les échanges des voyageurs entre les deux modes de transports au cours de l'année. Le trafic du métropolitain dépasse celui des transports de surface en hiver, il lui est inférieur

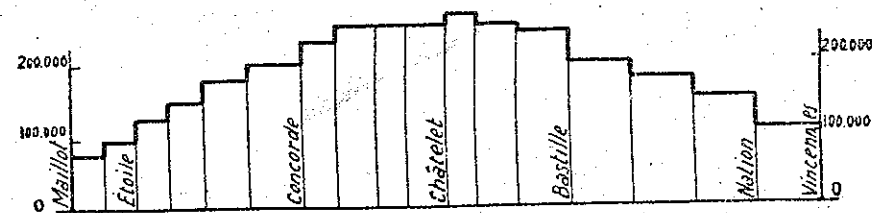


Fig. 19. — Variation de la charge d'une ligne diamétrale le long de son parcours.

en été. La période creuse commune des mois de juillet, août et septembre est due au ralentissement de l'activité urbaine pendant les vacances.

Un échange analogue de voyageurs entre le métropolitain et les transports de surface se produit avec les intempéries : le trafic du métropolitain est plus fort les jours de pluie et de froid que les jours de beau temps.

La figure 19 représente la variation de la charge le long d'une

ligne courante, diamétrale ou parabolique. La forme de la courbe indique la convergence des voyageurs vers le centre, c'est-à-dire vers les quartiers d'affaires. C'est la charge maximum, et non point la charge moyenne, qui fixe l'importance du matériel nécessaire pour assurer le service de la ligne.

B) L'ADAPTATION DE L'EXPLOITATION AUX FORTES CHARGES. — La capacité de transport horaire d'une ligne est égale au produit du nombre des trains qui la parcourent pendant une heure par la capacité de ces trains.

C'est en augmentant ces deux facteurs que les métropolitains ont pu satisfaire les immenses besoins de transport du public dans les grandes villes.

1° *Fréquence des trains.* — Pour augmenter le nombre des trains (c'est-à-dire la fréquence), il faut diminuer l'intervalle des départs. On est très vite limité dans cette voie par les dangers qui en résultent. La sécurité de l'exploitation prime en effet toute autre considération. Le problème de l'augmentation de la fréquence des trains sur les lignes métropolitaines est donc avant tout un problème de signalisation. C'est pourquoi les systèmes employés sont partout extrêmement perfectionnés. A Paris, la signalisation à feux lumineux (deux signaux de protection derrière chaque train), commandée automatiquement par circuits de voie, permet de réaliser un intervalle minimum de 1 minute 30 secondes entre deux rames consécutives, ce qui correspond au passage de quarante trains à l'heure dans chaque sens.

2° *Capacité des trains.* — Les efforts ont porté également sur l'augmentation de capacité des trains.

Tout d'abord, les voitures ont été aménagées pour offrir au public le plus grand nombre de places possible (réduction des loges de conduite, logement de l'appareillage encombrant sous le plancher, etc.). Les places debout constituent obligatoirement une forte proportion (72 p. 100 à Paris) du nombre total de places offertes. Aucune exploitation de chemins de fer urbains ne peut en effet se dispenser de transporter des voyageurs debout si elle veut être en mesure d'écouler l'affluence des voyageurs aux heures de charge.

Le nombre de voitures par train a été ensuite porté au maximum permis par la longueur des stations. Au delà de cette limite, il est nécessaire d'allonger les quais pour le service des voitures supplé-

mentaires. Cette solution est fort coûteuse. Son application a cependant été décidée à Paris pour certaines lignes particulièrement chargées. Voici dans quelles conditions :

Avant la crise économique de 1929, la circulation dans les rues de notre capitale devenait de plus en plus difficile en raison du développement de l'automobile. Pour y remédier, il était nécessaire de dévier une partie de la clientèle des transports en commun de surface vers le métropolitain. Or, les lignes métropolitaines susceptibles d'être ainsi utilisées avaient atteint la limite de leur capacité de transport avec le matériel dont elles disposaient (3 voitures). En portant la longueur de leurs stations de 75 à 103 mètres, il devenait possible de mettre en service des trains de sept voitures. A l'occasion de l'Exposition Coloniale de 1931, des rames de ce type circulèrent sur la ligne 8, entre le centre de Paris et la Porte de Charenton. Leur utilisation permettait de porter à 34.000 le nombre de places offertes à l'heure et dans chaque sens sur cette ligne.

§ 3. — Le problème de la rapidité de transport.

La vitesse est pour tous les moyens de transport un facteur d'importance primordiale. Sur les lignes métropolitaines, les principaux moyens susceptibles de l'accroître sont (1°) l'augmentation de la fréquence des trains, (2°) l'augmentation de la puissance des moteurs, (3°) la réduction du poids à vide des trains, (4°) la réduction des temps d'arrêts aux stations.

1° Nous avons déjà signalé la nécessité d'augmenter la fréquence des trains pour accroître la capacité de transport des lignes. Comme l'intervalle des passages fixe l'attente moyenne des voyageurs, l'augmentation de la fréquence est un des facteurs capables de réduire le temps de parcours total.

2° L'augmentation de la puissance des moteurs permet d'obtenir des démarrages plus rapides. Ce facteur de la vitesse est très important en raison du grand nombre des stations. Depuis l'origine des métropolitains, l'accroissement constant des charges à transporter a imposé, lui aussi, une augmentation de la puissance motrice. A Paris, par exemple, celle-ci est passée de 230 à 1.400 CV par train.

3° La réduction du poids à vide des trains facilite les démarrages et diminue les pertes d'énergie dues aux freinages. Elle conduit donc à des économies de consommation d'autant plus sensibles que

les arrêts sont très fréquents sur les lignes métropolitaines. Malheureusement, les efforts extrêmement durs imposés au matériel compliquent beaucoup le problème de l'allègement. Pratiquement même, dans la plupart des cas, le poids à vide par place offerte a augmenté sans cesse jusqu'à ces dernières années. Mais actuellement, des méthodes techniques nouvelles permettent d'améliorer la situation à ce point de vue. A New-York, par exemple, les voitures les plus récentes sont construites, soit avec des tôles spéciales de faible épaisseur et de grande résistance, gauffrées et soudées par points (procédé Budd), soit en partie avec des alliages légers d'aluminium et de magnésium. A Paris, une série de voitures allégées par la deuxième méthode sera prochainement mise en service.

4° L'amélioration du service des voyageurs dans les stations a permis de réduire notablement les pertes de temps dues aux arrêts des trains. Le matériel roulant a été doté de portes plus nombreuses pour faciliter l'accès des voitures et diminuer les bousculades provoquées aux heures d'affluence par les deux courants contraires de voyageurs, les uns montant, les autres descendant. La fermeture des portes, et quelquefois leur ouverture, est partout automatique.

On s'est efforcé également d'obtenir une certaine discipline du public. A Paris, par exemple, le nombre de voyageurs admis sur les quais est limité aux heures de forte charge. De plus, des portillons automatiques, commandés par les trains à leur entrée en station, empêchent les retardataires d'allonger la durée des stationnements.

Il est juste de reconnaître, d'ailleurs, que les Parisiens ont très bien appris à se servir du métropolitain. La discipline de la foule, sa compréhension, sa collaboration même, facilitent dans une large mesure la tâche du personnel de l'exploitation.

Longueur des interstations. — L'écartement moyen des stations est un des facteurs les plus importants de la vitesse des trains. Mais il est fixé au moment de la construction et il est impossible de le modifier ensuite pour agir sur les vitesses. Les divers réseaux métropolitains sont très différents à cet égard. L'interstation moyenne est de 450 mètres à Paris, de 800 mètres à Londres, de 750 mètres à Berlin et de 650 mètres à New-York. Les vitesses commerciales croissent très vite quand l'intervalle des stations augmente. Par contre, l'accès du réseau devient en même temps beaucoup plus

difficile pour les voyageurs. Il est nécessaire d'établir un compromis entre ces deux tendances opposées, compromis basé sur le parcours moyen des voyageurs prévu dans chaque cas particulier.

§ 4. — Les méthodes d'exploitation.

A Paris, chaque ligne du réseau métropolitain est parcourue par des trains à marche identique, s'arrêtant à toutes les stations. Cette formule conduit à une exploitation technique relativement simple et elle est très commode pour le public. De plus, grâce à l'uniformité du passage des trains dans les différentes stations, le réseau possède un très grand pouvoir de diffusion (nous le constaterons en étudiant les résultats sociaux du métropolitain de Paris).

L'adaptation du service à la charge est réalisée au cours de la journée en faisant varier le nombre et l'intervalle des trains en ligne. La vitesse et la composition des trains restent en effet constantes quelle que soit l'importance du trafic. Au moment des heures d'affluence, la fréquence des passages augmente sensiblement. Un nombreux matériel roulant, inutilisé aux heures creuses, doit être mis en service.

En général, la charge est également très variable le long de chaque ligne (fig. 19). Elle devient très faible aux extrémités, surtout dans le cas des lignes prolongées hors Paris. Pour éviter de faire circuler à vide le matériel nécessaire au trafic intense du milieu de la ligne, on a créé dans certains cas des terminus intermédiaires qui ne sont dépassés que par un train sur deux (Porte de Versailles et Porte de Saint-Cloud). Cette solution sera vraisemblablement étendue à la plupart des prolongements futurs du réseau dans les communes suburbaines.

La méthode d'exploitation du métropolitain de Paris n'est pas appliquée dans toutes les grandes villes. A Londres et à Berlin notamment, les trains ne suivent pas tous des trajets identiques. De chaque station, il est possible d'atteindre des points très différents de l'agglomération en laissant passer un ou deux trains.

De même, l'adaptation du service à l'importance de la charge n'est pas toujours réalisée en agissant uniquement sur la fréquence des trains. La plupart des réseaux étrangers font varier également la composition du matériel roulant.

Enfin, dans certains cas, le trafic est assuré non seulement par

des trains omnibus, mais aussi par des trains directs s'arrêtant aux stations principales. Il en est ainsi, en particulier, à New-York.

Cette solution oblige à construire des lignes à trois ou quatre voies¹. Mais elle permet aux voyageurs de gagner du temps, malgré la combinaison des parcours directs et des parcours omnibus souvent imposée pour aller d'un point à un autre de la ville.

Une exploitation de ce genre ne peut malheureusement pas être réalisée à Paris, le quadruplement des voies du réseau urbain étant pratiquement impossible. Cependant, nous le verrons, les mêmes facilités pourraient être offertes au public par un réseau de construction différente, établi spécialement pour relier les lignes de banlieue. Un tel réseau existe à Berlin (Stadtbahn et Ringbahn). Le projet parisien a été présenté sous le nom de « Métropolitain express ». Nous l'examinerons dans le chapitre consacré au tracé des lignes de banlieue.

§ 5. — Limite de la zone d'action des métropolitains.

Comment se pose le problème ?

Dans toutes les grandes villes, nous avons vu qu'il existe un quadrillage de lignes métropolitaines, sillonnant les quartiers centraux consacrés aux affaires et aux plaisirs. Hors de ce quadrillage, les lignes rayonnent dans la zone périphérique. Parfois, elles sont prolongées très loin en banlieue (Londres, New-York). Parfois, au contraire, elles ne dépassent pas les quartiers les plus peuplés de la ville (Paris et Berlin).

Néanmoins, dans tous les cas, il existe une limite séparant deux genres d'exploitation de caractères très différents : à l'intérieur de cette limite, l'exploitation est du type « métropolitain », c'est-à-dire que les lignes sont parcourues par des trains nombreux s'arrêtant fréquemment. Au delà, l'exploitation est du type « banlieue ».

Nous nous proposons d'examiner les principaux facteurs qui fixent la position de cette limite du réseau métropolitain.

Le premier de ces facteurs, c'est la densité de population des zones successives de l'agglomération urbaine. Une ligne métropolitaine ne se justifie, en effet, que dans une région fortement peu-

1. Quand il n'y a que trois voies, les trains directs parcourent la voie médiane dans les deux sens et se croisent aux stations principales.

plée, susceptible de lui assurer un trafic intense. A cette seule condition, ses recettes peuvent faire face aux charges d'intérêt et d'amortissement des capitaux investis.

Le deuxième facteur, c'est le temps de parcours maximum accepté par les voyageurs qui utilisent le réseau métropolitain.

Le produit du temps de parcours admissible par la vitesse moyenne des trains donne approximativement le rayon de la zone d'action du métropolitain.

Cette zone d'action est loin d'être la même partout. Elle dépend des conditions particulières de chaque agglomération urbaine et non d'éléments techniques constants : a) la densité de population est variable d'une ville à l'autre ; b) le temps de parcours accepté par les voyageurs résulte des habitudes de la population. Il est très différent selon que la journée de travail est continue (un seul voyage aller et retour dans la journée), ou séparée en deux parties (voyage supplémentaire de midi) ; c) enfin, la vitesse des trains varie sensiblement avec l'intervalle moyen des stations et le mode de construction du souterrain (faible ou grande profondeur).

Toute généralisation est donc impossible. Nous nous bornerons à rechercher, à titre d'exemple, la limite de la zone d'action du réseau métropolitain parisien.

Dans ce cas particulier, il paraît raisonnable d'admettre une durée de trajet maximum de 40 minutes. Ce temps permet à la majorité des citoyens de retourner chez eux prendre leur repas de midi en famille¹. Décomposons le temps de parcours total en deux parties : l'une de 16 minutes pour les divers déplacements pédestres imposés au voyageur (5 minutes pour atteindre une station, 3 minutes pour y pénétrer et attendre le train, 3 minutes pour une correspondance, 5 minutes pour atteindre l'habitation), l'autre de 24 minutes pour le transport effectif. Dans ces conditions, la distance totale parcourue sera voisine de 8 kilomètres².

C'est bien cette valeur qui a été adoptée pour limiter la plupart des prolongements hors Paris du réseau métropolitain. Les distances entre les extrémités des lignes déjà prolongées et la Bourse, point

1. La coupure moyenne étant de deux heures, il reste ainsi quarante minutes au moins pour le repas proprement dit.

2. La vitesse moyenne des trains est de 25 kilomètres à l'heure environ. Comme le trajet n'est pas rectiligne, il est nécessaire de prendre dans le calcul une vitesse en ligne droite légèrement inférieure : 20 kilomètres à l'heure par exemple. C'est ce que nous avons fait.

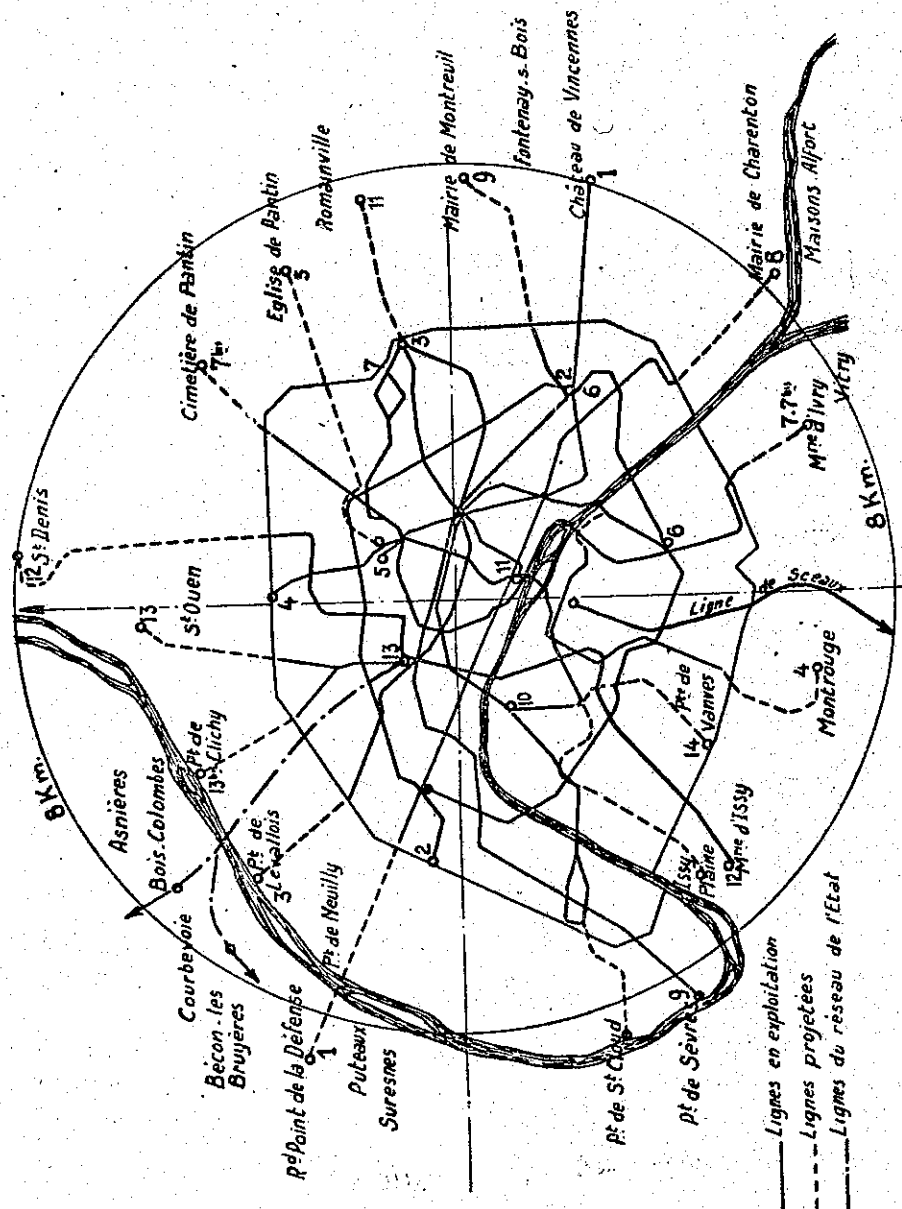


Fig. 20. — Limite de la zone d'action du réseau métropolitain de Paris.

Il resterait à examiner la question de la densité de la population des communes suburbaines desservies et celle de la rentabilité des travaux effectués.

M. Jayot, dans son rapport sur la réorganisation des transports de la région parisienne (28 novembre 1927), admet que les densités sont suffisantes. Il préconise par ailleurs diverses solutions pour rendre l'entreprise rémunératrice, en particulier la taxation des plus-values foncières.

§ 6. — Les tarifs de transport.

Grâce aux fortes charges de voyageurs qu'ils sont capables de transporter sur leurs lignes, les chemins de fer métropolitains ont sur tous les autres modes de transports urbains un avantage considérable : celui du bon marché.

Ce résultat est particulièrement remarquable en raison des lourdes charges financières dues aux dépenses de premier établissement qui pèsent sur l'exploitation. Voici, à titre d'exemple, le prix d'un trajet moyen de 5 kilomètres sur les réseaux métropolitains des grandes capitales¹ :

1. Ce trajet moyen n'est pas purement arbitraire. Les dépouillements effectués dans les corbeilles à billets du réseau parisien montrent que le trajet moyen est d'environ 4 km. 5.

de 9 kilomètres pour « Pont de Sèvres », de 7 kilomètres pour

Paris : 0 fr. 70 (tarif unique, correspondances illimitées).

Londres : 0 fr. 90 (tarif proportionnel à la distance).

Berlin : 1 fr. 50 (tarif unique. Ce prix permet une correspondance avec les transports de surface).

New-York : 0 fr. 75 (tarif unique par Compagnie, sans correspondance avec les lignes des autres Compagnies. Il existe quatre réseaux différents).

Les différents réseaux métropolitains, comme toutes les entreprises de transports urbains, appliquent l'un ou l'autre des deux tarifs suivants : le tarif variable ou le tarif unique.

Le tarif variable est établi d'après la distance parcourue. Dans les villes, le trajet total des véhicules est le plus souvent divisé en sections et le prix est proportionnel au nombre de sections empruntées. Ce système est employé par la Société des Transports en Commun de la Région Parisienne, par tous les modes de transports londoniens, etc. Il a d'ailleurs un caractère tout à fait général (transports par chemins de fer, maritimes, aériens, etc.).

Le tarif unique, au contraire, est spécifiquement urbain. On conçoit difficilement son application hors d'une zone relativement restreinte en superficie. Dans ce système, le prix du transport est le même pour tous les voyageurs, quel que soit le trajet parcouru. Ce prix étant perçu à l'entrée ou pendant le parcours, le contrôle peut être supprimé à la sortie du réseau ou du véhicule utilisé. C'est là un avantage considérable. De plus, l'unité des billets simplifie beaucoup leur distribution et leur contrôle. Dans l'ensemble, le tarif unique conduit à des économies notables de personnel et il est généralement bien apprécié du public.

Il est appliqué sur les métropolitains de Paris (pour tout le

1. Voici, à titre d'indication, le pourcentage des différentes catégories de billets distribués par le Métropolitain de Paris pendant les trois dernières années (1932, 1933 et 1934) : 1^{re} classe : 8 p. 100 ; 2^e classe : 64 p. 100 ; aller et retour : 28 p. 100.

Les quinze stations délivrant le plus grand nombre de billets se classent de la façon suivante (millions de billets délivrés en 1933) :

1. Gare Saint-Lazare	17,56	9. Porte d'Orléans	9,29
2. Gare du Nord	14,47	10. Châtelet	8,73
3. Porte de Vincennes	14,00	11. Gare Montparnasse	8,09
4. Gare de l'Est	13,72	12. Place d'Italie	7,72
5. Bastille	10,58	13. Porte de Versailles	7,46
6. Gare de Lyon	9,73	14. Nation	7,29
7. Porte Maillot	9,57	15. Porte de Saint-Cloud	6,84
8. République	9,40		

réseau), de New-York (pour chacun des quatre réseaux particuliers de métropolitains), de Berlin, etc.

Ce système est très vivement critiqué, malgré les avantages énumérés ci-dessus.

On lui reproche d'abord de ne pas être équitable et de charger les petits trajets au profit des grands.

Ensuite et surtout, on l'accuse d'être un facteur de déficit quand le réseau prend de l'extension. Et, ce qui est plus grave, la contrepartie de ce déficit, ordinairement supporté par l'autorité publique, constituerait un avantage profitant uniquement aux spéculateurs et aux propriétaires fonciers de la zone périphérique. Cette critique doit être examinée avec soin.

Toutes choses égales d'ailleurs, la valeur locative d'un immeuble périphérique est plus faible que celle d'un immeuble du centre. On peut poser la relation :

Loyer périphérique = Loyer du centre — Dépenses de transport.

Les dépenses de transport sont celles de toute une famille pendant un an. Bien entendu, cette égalité n'a qu'une valeur indicative et ne saurait prétendre représenter avec rigueur la relation réelle. Sa précision est cependant suffisante pour montrer qu'avec un tarif de transport progressif, la valeur locative des immeubles diminue quand on s'éloigne du centre. Au contraire, avec le tarif unique, elle a tendance à se maintenir constante dans toute la zone où la taxation uniforme est appliquée.

Quand le tarif unique est rémunérateur ou conduit à une situation financière équilibrée, cette conséquence particulière de son application est à l'abri de toute critique. Aucune bonne raison ne permet de lier l'intérêt social avec l'intérêt des propriétaires fonciers du centre urbain, non plus que de condamner le nivellement du prix des immeubles en tous les points de la ville.

L'objection à laquelle nous faisons allusion plus haut est au contraire très forte dans le cas d'une exploitation déficitaire. Le tarif unique, c'est un fait, conduit souvent au déficit. Les collectivités publiques hésitent toujours à augmenter les taxes de transport quand l'extension du réseau impose cette mesure. Elles consentent à supporter les pertes financières en considération de l'intérêt social qui s'attache au développement des moyens de communication. En particulier, elles cherchent à favoriser la déconcentration de la population entassée dans le centre des villes.

Mais, si le sacrifice consenti par la collectivité profite aux propriétaires fonciers et non aux usagers du service public, il semble que le but poursuivi soit manqué. En tout cas, cette situation présente quelque chose de choquant au point de vue de l'équité.

Les résultats réels sont un peu plus encourageants. En fait, l'exode de la population est quand même favorisé par le bon marché des moyens de transport. L'égalité posée ci-dessus s'applique imparfaitement et l'usager conserve une partie du bénéfice qui lui est destiné. L'enrichissement sans cause des propriétaires fonciers, conséquence du déficit d'exploitation, subsiste cependant. Il constitue, nous le verrons (chapitre v, 3^e partie), un des meilleurs arguments en faveur d'une récupération légale des plus-values immobilières.

L'intérêt social des exploitations de transport déficitaires paraît néanmoins fortement contestable. Dans certaines villes étrangères — à Londres en particulier — toutes les entreprises de transport, chemins de fer de banlieue compris, sont organisées pour être financièrement équilibrées. Le mouvement de déconcentration de la population et le peuplement de la banlieue n'y ont pas été moins importants qu'à Paris, par exemple, où tous les genres de transport sont actuellement déficitaires.

CHAPITRE IV

GÉNÉRALITÉS SUR LES CHEMINS DE FER DE BANLIEUE

§ 1. — Nécessité du chemin de fer pour la banlieue.

Il y a tout lieu de penser que le désir des citadins de vivre à la campagne en travaillant à la ville soit fort ancien. Nous n'en voulons pour preuve que l'existence des habitations somptueuses, construites autrefois pour les rois et pour les nobles dans les environs des grandes capitales. Le peuple, toujours porté à imiter les grands, aurait sans doute cherché à profiter des mêmes avantages si cela lui avait été possible. Mais pendant très longtemps, deux obstacles insurmontables s'y sont opposés : la durée du trajet et le prix du transport. La majorité de la population n'avait ni le temps, ni les équipages nécessaires pour effectuer chaque jour un double voyage entre la ville et une localité d'habitation voisine.

Rapide et bon marché, le chemin de fer vint supprimer les servitudes anciennes et permettre aux citadins d'émigrer hors de leurs villes. Les zones d'habitation nouvelles — les banlieues — grandirent partout avec une rapidité déconcertante. Actuellement, dans les grandes agglomérations urbaines, la banlieue envoie chaque matin vers le centre la plus grande partie de sa population active.

Dans le domaine des transports de banlieue, la supériorité du chemin de fer est incontestable. Aucun autre moyen de transport n'est aussi complètement adapté aux exigences du service.

Le chemin de fer s'impose pour les principales raisons suivantes :

1^o *Rapidité de transport.* — Grâce à l'indépendance de ses voies par rapport aux chaussées, le chemin de fer évite les embarras de la circulation. De plus, le tracé de ses lignes est plus rectiligne que celui des rues et la voie ferrée améliore le roulement de ses voitures. Aussi, pratiquement, le chemin de fer est-il de beaucoup le plus rapide des moyens de transport utilisables pour desservir la banlieue.

2° *Capacité de transport.* — Les trains modernes, formés de voitures à forte capacité, se suivant à des intervalles très courts, assurent des trafics qui dépassent de très loin les possibilités des autres moyens de locomotion.

3° *Prix de transport.* — Comme les métropolitains, les chemins de fer de banlieue parviennent à des prix de revient très bas grâce à l'importance du trafic qu'ils assurent. De plus, contrairement à leurs concurrents éventuels, ils sont favorisés par la croissance de leur activité. Pour transporter un plus grand nombre de voyageurs sur une voie ferrée, il suffit d'ajouter des voitures aux trains déjà mis en service. Les dépenses d'exploitation varient très peu ; elles diminuent si on les rapporte au nombre de voyageurs transportés. Au contraire, quand une compagnie de tramways ou d'autobus met de nouveaux véhicules en service, ses dépenses d'exploitation augmentent ; elles restent sensiblement constantes si on les rapporte au nombre de voyageurs transportés.

4° *Confort, régularité de marche, sécurité.* — Ces facteurs ont toujours avantage nettement le chemin de fer par rapport à ses concurrents. De plus, il n'a pas cessé d'être amélioré à ces points de vue depuis l'origine de son exploitation.

La mise en service de voitures lourdes, bien suspendues, chauffées en hiver, a considérablement augmenté le confort des voyageurs.

Les retards ont été sensiblement réduits par l'électrification des lignes ou par l'utilisation de rames réversibles à vapeur.

Les statistiques montrent enfin que le nombre d'accidents par voyageur transporté est beaucoup plus faible pour les chemins de fer que pour tout autre moyen de locomotion.

Grâce à tous ces avantages, les chemins de fer sont, en fait, exclusivement utilisés pour assurer la liaison entre la banlieue et le centre dans toutes les grandes villes modernes¹.

§ 2. — Importance du temps de parcours pour la Banlieue. Lignes Isochrones.

Avant de commencer l'étude du tracé et de l'exploitation des chemins de fer de banlieue, nous avons voulu souligner l'importance

1. Nous laissons de côté pour l'instant la question des moyens de transport secondaires ou de « rabattement » destinés à relier les gares de banlieue aux groupes d'habitations parfois éloignés. Cette question sera traitée dans le chapitre v.

exceptionnelle de l'un des facteurs du problème : le facteur « temps de parcours ». C'est lui qui domine la question du développement des localités de banlieue. Nous montrerons en effet que les citadins quittant le centre recherchent avant tout un lieu d'habitation en liaison facile avec la ville où ils continuent d'exercer leur activité.

Tous les ouvrages d'urbanisme ou de transports urbains soulignent le développement extrêmement rapide des localités de banlieue situées en bordure d'une ligne de chemins de fer bien exploitée. Par opposition, ils signalent aussi la quasi-stagnation des circonscriptions sans liaison directe avec la ville. Il existe effectivement une relation tout à fait générale entre la facilité de transport et les mouvements de la population. Pour le montrer, nous prendrons comme exemple le cas de la banlieue parisienne, dont la formation a commencé vers la fin du siècle dernier.

Les temps de parcours seront matérialisés sur la carte de l'agglomération parisienne par des lignes dites « de déplacements isochrones ». Ces lignes, nous le verrons, constituent un excellent indice de la qualité des moyens de transport desservant un lieu déterminé.

Le développement de chaque localité de banlieue sera défini par l'accroissement de sa population entre les recensements de 1881 et 1931. Graphiquement, il sera figuré par un cercle de surface proportionnelle au nombre d'habitants nouveaux.

Si la proposition que nous voulons démontrer est exacte, les tracés des deux séries doivent correspondre. Avant de le vérifier, nous allons donner quelques indications sur les méthodes employées pour obtenir les lignes de déplacements isochrones.

1) DÉFINITION DES LIGNES DE DÉPLACEMENTS ISOCHRONES¹. — Ces lignes sont telles qu'on peut atteindre l'un quelconque de leurs points

1. Deux ouvrages, à notre connaissance, ont déjà mentionné le procédé des lignes isochrones. Ce sont ceux de MM. Bonnier (*La vie urbaine*, 1919, nos 1, 2 et 3) et Walter de Stockear (*L'extension de Paris*, 1934). Mais ces deux auteurs n'ont tenu compte ni du trajet purement urbain, ni de la fréquence des trains de banlieue, ni des vitesses différentes de ces trains. Ces trois facteurs sont cependant très importants. Les trajets purement urbains, nécessaires pour atteindre les grandes gares à partir du centre des affaires, sont assez notablement différents. Toutes choses égales d'ailleurs, les localités de la banlieue Saint-Lazare sont plus faciles à atteindre que celles de la banlieue P.-L.-M. La fréquence des trains, il est à peine besoin de le souligner, a une grande importance dans le temps de parcours réel. Enfin, chaque station de banlieue étant desservie à la fois par des trains omnibus et des trains directs, la moyenne des durées de parcours doit seule être considérée.

pendant un temps déterminé, en partant du centre de la zone d'affaires de la ville et en utilisant tous les moyens de transport en commun mis à la disposition du public.

A chaque durée de trajet correspond une courbe isochrone. Nous avons tracé, pour la région parisienne, les lignes isochrones qui correspondent à des déplacements de 40, 50, 60, 70 et 80 minutes.

Dans le cas le plus général, le trajet total effectué par les voyageurs de banlieue peut être décomposé en trois parties :

- 1° du lieu de travail à une gare de chemin de fer ;
- 2° de la gare parisienne à une station de banlieue ;
- 3° de la station de banlieue au domicile du voyageur.

Nous allons examiner successivement chacun de ces déplacements partiels.

1° *Trajet compris entre le lieu de travail et une gare de chemin de fer.* — Le point moyen des quartiers d'affaires parisiens peut être placé approximativement à la Bourse¹. Sans doute, peu de trajets ont réellement la Bourse pour origine. Mais la moyenne, ou mieux le centre de gravité, des points de départ en est très voisin. Or, le grand nombre de voyageurs de banlieue nous autorise à utiliser des valeurs moyennes sans erreur d'ensemble sensible.

Cette première partie du voyage est généralement faite en utilisant soit le métropolitain, soit les transports de surface.

a) *Métropolitain.* — Nous avons supposé que le parcours moyen sur le métropolitain comportait un changement de ligne et que la vitesse moyenne des trains était en ligne droite de 20 kilomètres à l'heure. Comme dans le calcul de la zone d'action limite du métropolitain, nous avons décomposé la durée de trajet totale en deux parties : l'une, fixe, de 15 minutes pour les divers déplacements pédestres ou les attentes imposés à l'usager (5 minutes pour atteindre une station, 3 minutes pour y pénétrer et attendre un train, 3 minutes pour une correspondance, 4 minutes pour accéder au quai de banlieue) ; l'autre, variable, calculée d'après la longueur linéaire du trajet Bourse-Grande gare.

Exemple : Gare d'Austerlitz. Distance Bourse-Gare d'Austerlitz : 3 km. 4. — Temps de parcours net : $\frac{3,4 \times 60}{20} = 10,2$ min. Temps de parcours total : $10,2 + 15 = 25,2$ minutes.

1. Voir *supra*, page 21 : Tracé des réseaux métropolitains.

b) *Transports en surface.* — Nous avons supposé que la vitesse moyenne de ces transports était de 15 kilomètres à l'heure environ en ligne droite. A la durée de parcours variable calculée d'après cette vitesse, nous avons ajouté un temps fixe de 13 minutes pour les déplacements pédestres et les attentes imposés à l'usager (7 minutes pour atteindre un point d'arrêt, 3 minutes pour attendre une voiture, 3 minutes pour accéder au quai de banlieue).

Exemple : Gare d'Austerlitz. Distance Bourse-Gare d'Austerlitz : 3 km. 4. — Temps de parcours net : $\frac{3,4 \times 60}{15} = 13,6$ min. Temps de parcours total : $13,6 + 13 = 26,6$ minutes.

Pour chaque gare parisienne, nous avons ensuite fait la moyenne des résultats obtenus par les deux méthodes précédentes :

Exemple : Gare d'Austerlitz : $\frac{25,2 + 26,6}{2} = 25,9$, soit environ 26 minutes.

Les temps de parcours urbains correspondant à chaque grande gare — sorte de pénalisation pour le trajet de banlieue ultérieur — sont indiqués sur le tableau suivant :

Gare Saint-Lazare	19 min.	Gare Saint-Michel	20 min.
Gare du Nord	20 »	Gare de Denfert-Rochereau	27 »
Gare de l'Est	19 »	Gare des Invalides	21 »
Gare de la Bastille	23 »	Gare Montparnasse	24 »
Gare de Lyon	25 »	Gare du Luxembourg	23 »
Gare d'Austerlitz	26 »		

2° *Trajet en chemin de fer.* — La durée totale du trajet en chemin de fer comprend deux parties distinctes : l'attente du départ et le temps de parcours proprement dit.

a) L'attente moyenne des voyageurs avant le départ du train est égale au demi-intervalle des départs, les instants d'arrivée des usagers à la gare de chemin de fer se répartissant également dans le temps. Les uns arrivent quelques minutes avant le départ d'un train, les autres quelques minutes après ; dans l'ensemble, ils doivent attendre pendant la moitié du temps qui sépare deux départs consécutifs.

Les intervalles moyens ont été calculés entre 18 et 19 heures, heure pendant laquelle s'effectue la plus grande partie du trafic de banlieue.

b) Le temps de parcours proprement dit utilisé dans nos calculs est la moyenne des temps de parcours des trains quittant chaque

gare parisienne entre 18 et 19 heures. En effet, les trains qui desservent une station de banlieue n'ont pas tous la même vitesse : les uns sont directs, les autres omnibus. Seule, la moyenne des temps de parcours donne une idée exacte de la durée de trajet réelle.

Exemple de calcul de la durée totale du trajet en chemin de fer nécessaire pour atteindre une localité de banlieue : la localité choisie est Enghien-les-Bains, desservie par le réseau du Nord (distance 11 kilomètres).

Horaire des trains.	Paris Nord. . . .	18 h. 01	18 h. 40	18 h. 24	18 h. 34	18 h. 48
		18 h. 55	18 h. 58			
	Enghien-les-Bains.	18 h. 16	18 h. 21	18 h. 35	18 h. 45	19 h. 02
		19 h. 07	19 h. 15			

Nombre de trains : $n = 7$

Intervalle moyen : $i = \frac{60}{7} = 8,6$ minutes.

Demi-intervalle : $\frac{i}{2} = 4,3$ minutes.

Temps de parcours moyen :

$$t = \frac{15 + 11 + 11 + 11 + 14 + 12 + 17}{7} = \frac{91}{7} = 13 \text{ minutes.}$$

Temps de parcours total :

$$T = 4,3 + 13 = 17,3, \text{ soit environ 17 minutes.}$$

3° *Trajet pédestre entre la station de banlieue et le domicile du voyageur.* — Ce trajet est effectué à une vitesse moyenne que nous avons supposé être de 5 kilomètres à l'heure.

B) *TRACÉ D'UNE LIGNE DE DÉPLACEMENTS ISOCHRONES.* — Le temps disponible pour le trajet pédestre final est égal à la différence entre la valeur nominale de la ligne isochrone (40, 50, 60 minutes, etc.) et le temps nécessaire pour atteindre la station de banlieue. Dans le cas général des chemins de fer, la ligne isochrone est un cercle, ayant pour centre la station de banlieue et pour rayon la distance parcourue à pied pendant le temps à utiliser (fig. 21).

Cas particulier : Les communes suburbaines, très proches de Paris, sont surtout desservies par les lignes de surface (autobus et tramways) et commencent à l'être par le métropolitain. Les parcours correspondants s'effectuent le plus souvent avec un transbordement à la limite actuelle de la capitale, mais ils ne comportent pas de trajet en chemin de fer.

Dans ces conditions, pour tracer les lignes isochrones, nous avons établi un tableau analogue à celui des grandes gares (tableau de pénalisation), mais se rapportant aux diverses portes de Paris. Les

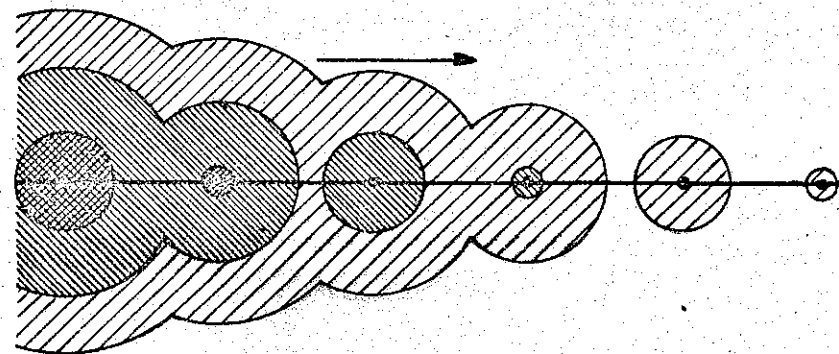


Fig. 21. — Courbe isochrone type d'une ligne de chemin de fer.

calculs ont été ensuite conduits d'une façon identique (fréquence, vitesse, trajet pédestre). L'aspect des lignes isochrones obtenues est cependant un peu différent. Sur les lignes de tramways et d'au-

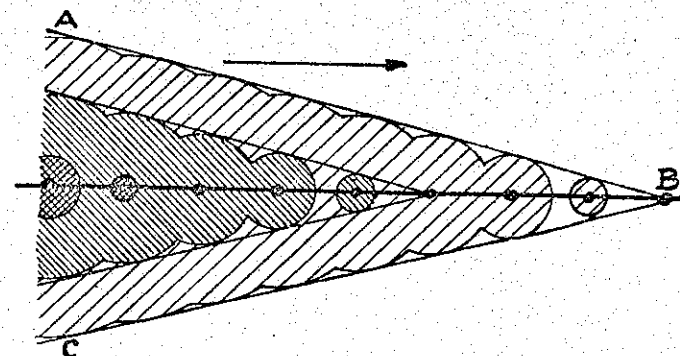


Fig. 22. — Courbe isochrone type d'une ligne d'autobus ou de tramway.

tobus, les points d'arrêt sont très rapprochés. Aussi, les cercles de parcours pédestre ayant ces points pour centres se confondent-ils sensiblement avec les deux droites AB et CB qui les enveloppent (fig. 22). L'ensemble de ces deux droites forme la ligne isochrone.

C) *CARTE ISOCHRONE DE LA RÉGION PARISIENNE.* — La carte de la figure 23 (dépliante) a été établie d'après ces principes pour des durées

de parcours de 40, 50, 60, 70 et 80 minutes. Chaque zone hachurée contient tous les points de la banlieue où l'on peut se rendre en un temps moindre que celui qui correspond à la ligne isochrone limitant cette zone. Les hachures sont d'autant plus resserrées que la durée de trajet correspondante est plus courte. Les surfaces laissées en blanc contiennent les points qu'il est impossible d'atteindre en moins de 80 minutes à partir de la Bourse, origine moyenne des déplacements.

D) COÏNCIDENCE DES LIGNES ISOCHRONES ET DES MOUVEMENTS DE POPULATION. — Sur la même carte (fig. 23) nous avons tracé en rouge des cercles dont la surface est proportionnelle à l'accroissement de la population de chaque commune entre 1881 et 1931. La coïncidence des cercles et des lignes isochrones est frappante. Les accroissements de population sont d'autant plus grands que la zone isochrone est plus foncée, c'est-à-dire mieux desservie. La population n'a pratiquement pas varié dans les régions situées hors de la ligne isochrone de 80 minutes.

Dans certains cas, les cercles rouges sont voisins de lignes isochrones, mais hors de leur limite. Cette discordance apparente ne correspond pas à la réalité. Les cercles de population ont été tracés autour du village ancien, même lorsque celui-ci était assez éloigné de la station de chemin de fer qui lui correspond. Or, le développement de la banlieue s'effectue en général autour des gares comme centre et a peu de rapports avec l'agglomération primitive. La localisation de la population nouvelle n'est donc pas rigoureusement conforme au cercle rouge tracé. Mais il était très difficile, à moins d'étudier spécialement sur place chaque cas particulier, de situer exactement le cercle de population.

Pour terminer, répondons à une objection possible : la coïncidence observée ci-dessus est vraie dans l'espace, mais est-elle également vraie dans le temps ? Nous observons une forte augmentation de population dans les localités bien desservies et nous en concluons que le second fait est la cause du premier. Ne serait-ce pas plutôt la croissance de la population qui a obligé les réseaux à développer parallèlement leur exploitation ?

Il ne semble pas qu'il en soit ainsi. Sinon, il n'y aurait pas de raison pour que ce phénomène ne continuât pas encore actuellement. Dans ce cas, nous pourrions trouver, sur la carte, des localités à population croissante situées en dehors des lignes isochrones. Or, il

