

LES CARACTERISTIQUES DE L'EXPLOITATION DES DESSERTES REGIONALES

Pierre BEUCHARD

Responsable de l'Ingénierie d'Exploitation Ferroviaire
Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP)
Paris - France

INTRODUCTION

Après avoir adapté leurs lignes de chemin de fer à la desserte de la banlieue, après avoir créé un réseau de lignes de Métro, les plus grandes villes, confrontées à une demande de transport sans cesse grandissante entre le centre urbain et la périphérie, développent des systèmes régionaux du type RER de l'Ile-de-France ou S-BAHN germaniques. Les dessertes régionales ainsi réalisées se caractérisent par une exploitation complexe et, pour celles dont la charge de trafic est importante, tendue. Les problèmes de régularité du service des trains y revêtent une acuité telle qu'ils nécessitent de s'y pencher au plus tôt dans les projets de telles lignes.

La RATP transporte sur la ligne A, interconnectée par ailleurs avec la SNCF, près de 900 000 voyageurs pour chaque jour de plein trafic.

1. LA LIGNE REGIONALE : UNE DOUBLE NATURE

La ligne régionale type relie des zones périphériques de l'agglomération à travers le centre urbain de celle-ci. Elle dessert donc des quartiers à forte densité de population et surtout d'emploi comme une ligne de Métro, et elle irrigue aussi des zones suburbaines, à l'instar des lignes de banlieue classiques. Mais, à la différence de ces dernières, qui aboutissent dans des gares en impasse, elle propose une diffusion répartie sur plusieurs points ; de plus, elle assure des liaisons rapides entre des zones opposées. Pour d'évidentes raisons économiques, mais aussi pour éliminer des terminus en impasse, la ligne régionale réutilise souvent une ou plusieurs sections de ligne de banlieue rénovées qu'elle relie, ainsi que des branches nouvelles nécessitées par le développement de l'urbanisme, par un tronc commun quasi obligatoirement souterrain.

1.1. Une desserte de banlieue

La réutilisation d'infrastructures existantes et le désir, ou la contrainte, de conserver la compatibilité avec la circulation de trains des grands réseaux entraînent l'adoption du gabarit UIC, tandis que les Métros ont tendance à définir chacun son gabarit. L'alimentation en énergie de traction se fait de même grâce à des caténaires et avec les types de courant des grandes lignes - 1500 V continu ou 25000 V alternatif en France - tandis que l'alimentation des lignes de Métro se fait couramment en troisième rail sous 750 V continu.

La décroissance de la densité de population des zones desservies, en fonction de l'éloignement du centre, réserve faite des villes nouvelles, conduit à rechercher une optimisation de l'utilisation de la capacité des trains par deux moyens :

- d'une part, des branches qui augmentent la zone d'attraction de la ligne ;
- d'autre part, des terminus intermédiaires permettant de retourner une partie des trains avant l'extrémité de la ligne, pour économiser matériel et personnel.

Enfin, la durée des trajets incite à accélérer certains trains en ne les faisant pas arrêter à toutes les gares, créant ainsi des "semi-directs".

Le souci de restreindre la création d'infrastructures joint au désir de faire bénéficier d'une liaison régionale le maximum de voyageurs peut inciter à utiliser comme branches un ou plusieurs tronçons de ligne qui restent parcourus par d'autres types de trafic : trains de banlieue classiques, de grandes lignes ou de fret, comme dans le cas de lignes interconnectées en Ile-de-France.

1.2. Une desserte Métro

Le tronçon central de la ligne régionale, situé en zone urbaine, se trouve parcouru par tous les trains qui y circulent dans des conditions similaires à celles des métros, c'est-à-dire avec pour contraintes principales :

- d'une part, une capacité unitaire élevée des trains ;
- d'autre part, un intervalle faible à réaliser entre trains.

Il ne faudrait pourtant pas croire qu'il suffit de dimensionner le matériel roulant et d'adapter la signalisation pour obtenir l'offre de transport souhaitée. En effet, ces deux paramètres sont liés par le temps de stationnement à quai le plus élevé, donc le temps maximum d'échange des voyageurs, qui intervient dans l'intervalle tout autant que l'espacement entre les trains. Des quais sensiblement au niveau du plancher des voitures et dégagés et un diagramme du matériel roulant spécialement conçu, notamment avec le plus de portes possible et de grandes plates-formes, sont indispensables.

1.3. Une synthèse complexe

La juxtaposition des différents éléments cités montre la difficulté particulière que présente leur synthèse : le mode nominal de fonctionnement est un mode complexe.

1.3.1. Le matériel roulant

Tout d'abord, le matériel roulant doit satisfaire deux demandes contradictoires : un maximum de places assises pour les longs trajets de ou vers la banlieue, mais aussi un maximum de places total, donc en fait de places debout - pour maximiser la capacité du tronc commun ; cela sans négliger les sujétions du diagramme tendant à obtenir les échanges les plus faciles et les plus rapides à quai.

Sur le Métro, l'adéquation de l'offre de transport à la demande entre les périodes de plein trafic et les périodes creuses (jours ouvrables vs week-end, hiver vs été, heures d'affluence vs heures creuses) se réalise généralement par simple réduction du nombre de trains en circulation ; sur une ligne de banlieue on fait, de plus, appel à une réduction de la composition des trains, l'amplitude des variations étant plus accentuée. Sur une ligne régionale, on est amené à concevoir pour cette raison, un matériel sécable en plusieurs, pratiquement 2, éléments.

1.3.2. Les horaires

L'existence de branches et de terminus intermédiaires ainsi que de trains ne s'arrêtant pas à toutes les gares, entraîne la définition de "missions" : chaque mission correspond à l'association d'un terminus d'origine et d'un terminus de destination avec un ensemble de gares desservies. La desserte des zones de banlieue s'organise alors pour répondre à deux critères :

- assurer une desserte aussi régulière que possible de chaque gare pour limiter les temps d'attente des voyageurs ;
- équilibrer les charges des trains sur le tronc commun en répartissant le nombre de trains entre les branches selon leur trafic et en distribuant les points d'arrêts entre les trains d'une même branche, notamment pour compenser l'effet d'un terminus intermédiaire.

D'autre part, les intervalles sur le tronçon central doivent être égaux pour optimiser le débit.

On constitue pour cela des rafales, composées d'un ensemble de missions bien définies, se répétant régulièrement au "pas" de la rafale, 10 ou 15 minutes par exemple. Toute rafale résulte nécessairement d'un compromis entre différentes exigences plus ou moins contradictoires, encore plus délicat si le trafic total des branches avoisine le trafic du tronc commun ; aussi, évitera-t-on rarement des inégalités dans la charge des trains.

Du fait des différentes missions, il est nécessaire de prévoir des systèmes d'information des voyageurs, soit sur les trains eux-mêmes, soit sur les quais, en utilisant des codes ou un affichage en clair des gares desservies. De plus, les intervalles de passage dans les gares pouvant être assez importants, surtout dans les périodes creuses, il faut aussi que les voyageurs puissent prendre connaissance de l'horaire, sous forme d'affiches ou de livrets, afin de ne pas attendre inutilement.

Dans le cas du partage de voies avec d'autres courants de trafic, l'élaboration de l'horaire doit tenir compte de la compatibilité des sillons des différents trains.

1.3.3. La régulation et la gestion des incidents

On entend par "régulation" le suivi de la circulation des trains et la prise des mesures d'exploitation destinées à résorber les petites perturbations et à pallier au mieux les conséquences des incidents plus importants.

Sur une ligne de Métro, la gestion des petites perturbations s'organise autour de la notion fondamentale d'intervalle entre les trains, le souci majeur étant de charger ceux-ci de façon aussi égale que possible. C'est pourquoi on est amené à régulariser les intervalles, soit en ligne, devant un train retardé, en retenant les précédents, soit en terminus, en effectuant des compensations qui peuvent entraîner la suppression de certains trains. Sur une ligne de banlieue, au contraire, les intervalles étant plus importants et les heures de passages connues du public, on s'efforce de respecter l'horaire ; de ce fait, on ne supprime pas de train volontairement et on ne fait pas de compensations d'intervalles ; en revanche, un train semi-direct peut être arrêté pour suppléer à la suppression d'un train omnibus. Sur une ligne régionale, il faut trouver des compromis entre ces impératifs contradictoires.

Lors de perturbations importantes sur une ligne de métro, on met en place une exploitation partielle avec des services provisoires de part et d'autre du lieu de l'incident et les voyageurs utilisent d'autres lignes en profitant du maillage du réseau. Dans un secteur périphérique ou de banlieue cela n'est pas possible ; le recours aux services de remplacement par autobus est très limité ; car la capacité d'un autobus n'est qu'une très faible fraction de celle d'un train de banlieue, les conditions de circulation et d'accès aux gares sont souvent délicates et il faut dégarnir des lignes régulières. Aussi, lorsqu'une seule voie se trouve interceptée utilise-t-on autant que possible la procédure de circulation en voie unique temporaire, ce qui suppose l'existence d'installations de signalisation permettant la circulation des trains à contresens : le débit, fonction de la longueur du tronçon de voie unique, est notablement inférieur au débit normal, mais très supérieur à celui du service de remplacement par autobus le plus performant.

La gestion des incidents est rendue d'autant plus difficile que la ligne est complexe. Un poste central capable de commander et de contrôler l'ensemble des installations, bien équipé et bien organisé est un instrument indispensable à cet effet.

Il n'en reste pas moins que toutes ces dispositions ont un but curatif et non pas préventif. C'est pourquoi nous allons nous intéresser dans la section suivante au mode de génération des incidents et de leurs conséquences.

2. LA REGULARITE DES TRAINS : UNE LOGIQUE

La capacité nominale d'une ligne régionale étant supposée réalisée grâce à des dispositions constructives du matériel roulant et des installations fixes, il est légitime de s'attacher à obtenir une bonne qualité de service dont une composante essentielle est la régularité des trains. On pourrait imaginer que, si la capacité nominale correspond sensiblement à la demande de transport, l'atteinte d'un objectif de régularité satisfaisant n'est qu'une affaire d'application de la part de l'exploitant.

En fait, le niveau que l'on peut espérer atteindre en matière de régularité dépend largement des caractéristiques de la ligne considérée, ce que l'on peut constater à travers des considérations assez simples. Autrement dit, l'objectif de qualité de régularité des trains doit être pris très en amont et non pas être défini arbitrairement après coup.

2.1. Les causes d'irrégularité

La répartition des causes d'incident influant sur l'indice de régularité du RER (taux du nombre de trains retardés de plus de 5 minutes) distingue :

- des causes propres à l'exploitant, elles-mêmes classées en origines :
 - . matériel roulant,
 - . installations fixes (voie et signalisation),
 - . exploitation (personnel) ;
- des causes externes, telles que malveillance ou bien suicides, malaises et accidents.

La capacité de l'exploitant à restreindre l'occurrence des causes qui dépendent de lui trouve sa limite dans le coût des mesures de fiabilisation des équipements. On raisonne donc ci-dessous sur des probabilités d'occurrence à performances données et supposées déjà optimisées "raisonnablement" :

- taux de fiabilité et disponibilité des matériels et des installations fixes,
- taux d'erreurs ou défaillances des agents,
- taux d'actes de malveillance ou incidents extérieurs pour autant que cela ait un sens.

En cas de partage de l'utilisation des voies de certaines sections avec d'autres types de courants de trafic, les incidents survenant sur les trains de ces derniers constituent également des sources de perturbations pour les trains de la ligne régionale.

2.2. Occurrence des causes d'irrégularité

On considère maintenant les facteurs qui déterminent la fréquence d'occurrence des causes d'irrégularité, en se situant à l'heure d'affluence.

2.2.1. Fiabilité du matériel roulant

Elle s'exprime classiquement en nombre d'incidents ayant occasionné un retard supérieur à une valeur fixée (5 min. ou 10 min.) par voiture-kilomètre. Le nombre d'incidents pendant une heure d'affluence sur une ligne considérée sera donc le produit de ce nombre :

- par le nombre de voitures par train,
- et par le nombre de kilomètres parcourus dans l'heure par l'ensemble des trains en circulation, lui-même produit :
 - . du débit, c'est-à-dire l'inverse de l'intervalle,
 - . et de la longueur, aller et retour, du trajet.

2.2.2. Fiabilité des installations fixes

Toutes les installations fixes étant conçues nominalement pour le service à assurer, le nombre d'incidents est :

- approximativement proportionnel à la longueur de la ligne ou du tronçon de ligne considéré,
- fonction croissante du nombre horaire de voitures ou trains qui sollicitent ces installations en un point donné, qui varie à l'inverse de l'intervalle.

Les équipements de signalisation (circuits de voie, signaux,...), dont la densité linéaire croît avec le débit à assurer, subissent une influence de l'intervalle encore accrue.

2.2.3. Fiabilité humaine

Les agents participant au mouvement des trains sont, d'une part, les conducteurs dont le nombre est au moins égal, à un instant donné, au nombre de trains en circulation et, d'autre part, les aiguilleurs, régulateurs etc., dont le nombre est fonction croissante du nombre de trains à gérer ainsi que de la complexité des installations.

La fiabilité humaine étant une donnée, la quantité d'erreurs ou défaillances de toutes sortes se trouve encore une fois étroitement conditionnée par l'intervalle et la longueur des trajets.

Notons que les automatismes aidant ou suppléant les hommes, notamment pour la sécurité, ont leur propre taux de fiabilité qui joue dans le même sens (la sécurité est améliorée, mais pas la fiabilité...).

2.2.4. Facteurs externes

Les incidents mineurs mettant en cause les voyageurs, par exemple dans le service des portes, croissent, sans doute plus que proportionnellement, avec le nombre de voyageurs transportés. On peut y ajouter les actes de malveillance du type actionnements de signal d'alarme, plus ou moins justifiés, mais qui peuvent se trouver en liaison avec des phénomènes de surcharge.

Les malaises en voiture constituent des incidents non négligeables entravant la circulation des trains, pour lesquels on peut admettre une proportionnalité avec le nombre de voyageurs transportés, mais des conditions de transport médiocres contribuent éventuellement à les générer ou les aggraver.

Le nombre des tentatives de suicide, qui entraînent des interruptions de service de durée variable, ne se relie pas aisément aux différents paramètres, encore qu'il ne soit probablement pas indépendant de la fréquentation de la ligne.

2.3. Répercussions des incidents

Le nombre de trains retardés, qui définit la régularité, dépend non seulement de la fréquence et de la durée des incidents, mais aussi des répercussions de chacun de ceux-ci sur un certain nombre de trains. L'intervalle intervient alors comme paramètre fondamental.

En effet, la signalisation, quelle qu'elle soit (latérale ou embarquée), autorise un intervalle minimal théorique déterminé en chaque point en fonction de la marche théorique des trains. En période d'affluence, les trains se suivent à un intervalle dont la proximité de cette limite théorique caractérise la saturation de la ligne : les répercussions seront d'autant plus importantes que la marge disponible est faible. Voyons, en effet, les deux grandes catégories d'incident :

- ceux qui se produisent en un point, par exemple du fait des installations fixes : ils touchent tous les trains qui passent là et la perturbation induite par l'incident - arrêt des trains ou restriction de vitesse - se traduit par une augmentation de l'intervalle réalisable ; si la marge est ainsi absorbée, le retard pris par les trains va en croissant jusqu'à ce que l'intervalle entre les trains qui se présentent redevienne supérieur à l'intervalle réalisable ;
- ceux qui surviennent sur un train sans le bloquer : ils gênent la progression des trains suivants sur toute la course ; le nombre de ces trains perturbés est d'autant plus important que leur intervalle initial était proche de l'intervalle minimal.

Dans tous les cas, plus la marge est faible, plus le retour à une situation normale se fait attendre ; il n'arrive éventuellement qu'après l'affluence.

Nous examinons ensuite différents cas de figure.

2.3.1. Tronçon central

Le resserrement maximal de l'intervalle entre trains dans le tronçon central de la ligne a également pour effet important d'accroître, en cas d'incident, le nombre de trains susceptibles d'être bloqués entre deux stations et, par voie de conséquence, le nombre de voyageurs à évacuer si nécessaire. Cette difficulté s'aggrave du fait de la charge des trains résultant de leur capacité importante et éventuellement de l'incident lui-même. Les possibilités de cheminement à pied en tunnel et d'accès aux stations sont toujours assez limitées, d'où :

- des risques d'accidents de personnes du fait des cheminements malaisés,
- des risques importants en cas de dégagement de fumée,
- des temps d'évacuation et des délais de reprise de toute façon très longs.

2.3.2. Branches

Sur les branches, l'intervalle plus important que sur le tronçon central, du moins en moyenne, constitue a priori un avantage puisque les répercussions mécaniques sur les trains sont moindres et un blocage n'interrompt pas complètement l'alimentation en trains du tronçon central. En contrepartie :

- l'inégalité des charges des trains tend à aggraver les petites perturbations survenant sur le tronçon central lui-même ;

- lorsqu'un train arrive en retard à l'origine du tronç commun, son absence à l'heure prévue a laissé un "trou" dans la succession des trains, mais lui-même ne trouve pas de sillon dans lequel s'insérer normalement et en définitive, au niveau du tronçon central, il en résulte une perturbation des trains suivants, quelles que soient leurs provenances ;
- la complexité de la gestion de branches entraîne globalement une plus grande difficulté de maîtrise des incidents.

Si de plus, sur tout ou partie d'une branche, circulent d'autres trains que ceux de la ligne régionale, les intervalles entre les différents trains, toutes catégories confondues, s'en trouvent réduits ; des effets de saturation similaires à ceux du tronçon central peuvent se faire sentir, aggravés par les caractéristiques plus ou moins hétérogènes de ces trains. Le parcours de troncs communs successifs par un courant de circulation a pour effet de transférer les perturbations de l'un sur l'autre, donc d'un ensemble de dessertes sur un autre.

3. LA QUALITE DE SERVICE : UN CHOIX

De l'examen des problèmes spécifiques inhérents aux lignes régionales et tout particulièrement des facteurs d'irrégularité, se déduisent des décisions à prendre au moment où sont définies les dispositions structurantes de ces lignes.

3.1. Structuration générale de la ligne régionale

Après une première mise en service créant notamment son tronçon central, une ligne régionale se développe, de même qu'une ligne de Métro, par ajouts successifs, soit sous forme de prolongements, soit sous forme de branches : si, au-delà de l'un ou l'autre terminus existant, se développe ou se crée une zone d'habitation, les résidents réclament naturellement le prolongement de la ligne ; si une zone d'habitation, ou toute autre source potentielle d'utilisateurs, se trouve à l'écart de la ligne, la création d'une branche paraît a priori plus séduisante économiquement que la réalisation d'une nouvelle ligne ex nihilo.

Mais, nous avons démontré dans la deuxième section que tout accroissement de longueur, qu'il s'agisse d'un prolongement ou d'une branche nouvelle, dégrade, toutes choses égales par ailleurs, la qualité de la régularité de façon absolument inéluctable, d'autant plus que ce nouveau développement induit lui-même un accroissement de trafic. En effet, la majorité des incidents, comme on l'a vu, suivent des lois de proportionnalité à la longueur de la ligne, au nombre de trains en circulation, au nombre de voyageurs transportés etc, en bref, à tous les paramètres pouvant caractériser l'importance de la ligne, avec dans certains cas, des effets de renforcement de ces paramètres les uns par les autres ; les branches et les terminus intermédiaires introduisent, quant à eux, des phénomènes qui jouent dans le même sens par un effet de complexification.

Limiter la longueur de la ligne aussi bien que ne pas multiplier le nombre de branches s'impose donc d'autant plus que la densité de trafic est élevée et s'approche de la capacité nominale, ou a fortiori la dépasse : ce choix ne peut pas s'échapper.

Cela étant, si le sens de variation des différents éléments est clair, donner des valeurs absolues ne serait pas chose facile. Pour tenter toutefois de donner des ordres de grandeur, on peut considérer qu'à partir de 20 trains par heure et par sens, une ligne régionale se trouve chargée, et que des longueurs de trajets d'une cinquantaine de kilomètres, sur la base d'un espacement entre gares de l'ordre de 2 kilomètres, commencent à poser des problèmes : cela correspond d'ailleurs au nombre de points d'arrêt d'une ligne de Métro moyenne. En outre, pour une ligne très chargée, 2 branches de part et d'autre du tronçon central constituent un maximum.

Le positionnement des faisceaux de garage, des gares d'attache des conducteurs et des sites de maintenance du matériel roulant font également partie de la structuration de la ligne, car ils conditionnent certaines composantes de l'horaire : on trouve avantage à regrouper les faisceaux de garage en extrémités de ligne, avec une répartition propre à éviter le plus possible les parcours parasites. Quant aux sites de maintenance du matériel roulant, ils sont à répartir en fonction des courants de circulation de branche à branche et à proximité des zones de garage les plus importantes.

3.2. Gestion de la ligne

La ligne régionale présentant des éléments de complexité inévitables, il importe de ne pas en ajouter et d'instaurer la simplicité partout où c'est possible.

La mixité des courants de trafic est tout d'abord exclue au maximum : les trains de la ligne régionale circulent sur des voies strictement indépendantes, à tout le moins en situation nominale, à l'instar d'une ligne de Métro. Corollairement, la ligne régionale - ou le secteur de ligne si elle dépend de plusieurs autorités - existe en tant qu'entité organisationnelle et non pas seulement comme une représentation abstraite pour les voyageurs, c'est dire qu'elle dispose de ses agents, parfaitement qualifiés pour les installations de la ligne, avec sa structure propre d'encadrement de manière à constituer une unité responsable.

Dans le même ordre d'idées, l'ensemble des opérations relatives à la circulation des trains doit être assuré par le plus petit nombre possible de centres de décision regroupant l'ensemble des fonctions : régulation, aiguillage, affectation du matériel roulant, information des voyageurs, collecte des signalements, etc.

3.3. Des marges

Confrontés à un besoin d'accroissement des performances, les décideurs peuvent être tentés de réduire ou même supprimer les marges restant dans le système, les considérant comme des facilités dont l'exploitant se passera au prix d'un effort accru.

En fait, plus les trafics sont importants, plus les risques d'incident croissent et plus elles sont au contraire indispensables : les rogner serait non seulement illusoire mais particulièrement dommageable ; ce sont elles qui absorbent les micro-perturbations du régime normal et qui permettent de résorber, dans un délai raisonnable, les autres. C'est pourquoi, outre les installations destinées à limiter les conséquences d'incidents notables, telles que communications de service provisoire et équipements de circulation à contresens, il faut :

- des équipements de signalisation, latérale ou embarquée, qui offrent une marge suffisante par rapport à l'intervalle programmé (ou inversement) ; a fortiori s'il existe des gares où les échanges de voyageurs à quai sont importants, car la dispersion des temps d'échange, supérieure à celle des temps de parcours se maîtrise difficilement ; et de même s'il y a des points singuliers pouvant engendrer une divergence des intervalles en cas d'arrêts sur signaux ;
- des terminus conçus pour que les trains tournent avec suffisamment de battement pour compenser les augmentations de temps de parcours dues à des incidents ou des travaux ;
- dans les gares où le temps de stationnement est très élevé, un dédoublement des voies à quai : une telle disposition est certes coûteuse à la construction mais efficace ; d'autre part elle est pratiquement irréalisable après coup ;
- un matériel roulant avec un diagramme tel que les possibilités d'échanges de voyageurs soient en rapport avec la capacité offerte : rien ne sert de mettre beaucoup de voyageurs dans une rame si les temps d'échange obèrent l'intervalle et diminuent le nombre maximal horaire de trains.

CONCLUSION

Les spécificités et la complexité d'exploitation inhérentes à une ligne régionale exigent d'intégrer les objectifs de qualité de service et notamment de régularité des trains de façon claire et déterminante dès la conception de la ligne. Après coup, les mesures organisationnelles, d'amélioration de la fiabilité ou autres qui se trouvent à portée de l'exploitant ne peuvent être que des palliatifs inaptes à compenser les conséquences de défauts structurels et l'atteinte d'une qualité de service satisfaisante devient vaine. C'est pourquoi des choix s'imposent afin de ne pas accumuler les difficultés en associant densités de trafic très fortes, nombreuses branches, longs parcours, etc. Les mêmes questions se reposent à chaque développement envisagé et nécessitent de repenser le problème dans sa globalité si l'on ne veut pas qu'en résulte une dégradation du service.