Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 104 (1978)
Heft: 12: 1853-1978 Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Artikel: Simulation d'une ligne de transport urbain collectif
Autor: Simonett, Jürg / Bernath, Hans Jakob
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73534

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

que la méthode proposée intervient en complément aux techniques de planification traditionnelles. En définissant de nouveaux rapports entre la « base » et le pouvoir politique, elle fait apparaître la possibilité d'une certaine démocratisation de la planification sans pour autant avoir la prétention de supplanter les instances politiques et techniques. Enfin, par les techniques de « jeu » et de visualisation qu'elle nécessite, cette méthode revêt un aspect didactique et informatif, tant pour les habitants que pour les spécialistes et les pouvoirs responsables.

NOTES

[1] « On peut dire de l'urbain qu'il est forme et réceptacle, vide et plénitude. Il se relie d'un côté à la logique de la forme et de l'autre à la dialectique des contenus. »
HENRI LEFÈBVRE : *La révolution urbaine*. Idées, Gallimard, 1970, p. 160.

[2] En fait, les interactions entre activités s'effectuent au travers d'une structure d'échange qui peut recouvrir différents aspects : informatique, technique, économique ou celui des transports. L'échangeur, non pas seulement routier, mais plutôt ce que nous appelons « interface », est une de ces structures d'échange. Il s'agit, par exemple, de gares, de stations de bus et de trams, de parking, etc. Emprunté aux physiciens et aux informaticiens, le mot interface, d'origine anglaise, correspond à un dispositif qui permet d'associer deux sous-systèmes informatiques ; ce rôle de convertisseur est largement analogue aux phénomènes internes de l'échangeur. Trop peu de planificateurs ne considèrent les réseaux de communications et les interfaces que comme une solution technique au seul problème des transports, sans leur reconnaître l'influence capitale qu'ils exercent sur l'affectation générale de l'environnement qu'ils finissent par déterminer.

[3] JEAN-MARC LAMUNIÈRE, MARIE-ANNE PRÉNAT, BERNARD MAGET : *Le « mixage » des activités, un modèle de contrôle et d'aide à la décision*. EPFL, STUC et Groupe IV CU/DTP Genève, 1977.
Il s'agit de l'analyse systématique des relations entre activités et de leurs conséquences formelles au niveau de l'architecture urbaine. L'utilisation de ce modèle doit permettre une approche dynamique des phénomènes urbains.

[4] « La fonction fondamentale de la ville consiste à donner une forme collective, à permettre et même à favoriser le plus grand nombre de réunions (...) de façon que le drame de la vie sociale puisse être joué, acteurs et spectateurs échangeant tour à tour leur rôle. »
LEWIS MUMFORD : *Landscape and Townscape* (article paru dans la revue « L'urbanisme, utopie et réalité », Seuil, 1965).

[5] ... jeu qu'André Breton appelait « le cadavre exquis » !

[6] Sur le plan universitaire, cette étude n'aurait pu se dérouler sans l'appui du président de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, M. le professeur Maurice Cosandey, qui a bien voulu autoriser l'application à un cas pratique d'une méthode réservée jusque-là à la recherche pure.
Ont participé à cette recherche : le professeur JEAN-MARC LAMUNIÈRE, CHRISTINE ZINNG, JEAN-MARIE DURET, BERNARD MAGET, PATRICK MESTELAN, JEAN-LUC THIBAUD.

[7] La cartographie opérationnelle se caractérise par les combinaisons qu'elle permet d'opérer entre différentes données, ce que des représentations élémentaires ou traditionnelles ne peuvent effectuer directement (c'est-à-dire visuellement). Cependant, la cartographie ne peut, à moins de choisir des modèles de représentation extrêmement compliqués, donc peu lisibles, traiter l'ensemble potentiel de toutes les données. Elle a donc tendance à réduire l'ordre de complexité de l'étude et à mettre en évidence certaines composantes, qui peuvent, à elles seules et par leurs combinaisons, fournir un champ d'analyse permettant des observations rigoureuses et des opérations que l'on peut simuler et dont on peut aisément contrôler les mécanismes.

[8] Le laboratoire de consultation utilise des instruments de stockage d'informations (dont un matériel à but informatique) et peut, grâce à sa petite infrastructure technique et sa grande maniabilité, se monter rapidement en exigeant un minimum d'espace et de frais de transport. Il se compose essentiellement du matériel de prise de données (caméra, enregistreur, table de digitalisation) et du support nécessaire à l'étude du problème posé, en l'occurrence le plan « cartographié » de la commune. Voir à ce sujet :
JEAN-MARC LAMUNIÈRE, MM. AUBARET, BULLINGER, DURET, HUSER, MESTELAN. Rapport final de la recherche FNRS N° 4.61.72E41500.73. *Recherche d'un langage commun à l'architecte et à l'habitant*. Extraits parus dans les Cahiers Vilfredo Pareto, tome XIV, 1976, n° 36.

Adresse de l'auteur :
Bernard Maget, architecte EPF
Département d'architecture de l'EPFL
Av. de l'Eglise-Anglaise 12, 1006 Lausanne

Simulation d'une ligne de transport urbain collectif

par JÜRG SIMONETT et HANS JAKOB BERNATH, Lausanne

1. Introduction

Méthode de la simulation

La simulation est aujourd'hui une méthode répandue qui permet d'obtenir des résultats quantitatifs dans les cas où la complexité du problème interdit une approche analytique. Un exemple d'application de cette méthode est la simulation d'une ligne de transport urbain collectif.

Les mouvements des véhicules des transports collectifs sont déterminés par un grand nombre de facteurs divers. En principe, le véhicule se déplace sur un trajet bien défini, selon des consignes indiquées par l'horaire. Ces déplacements sont en réalité souvent perturbés par des événements prévisibles et imprévisibles. Ainsi, une forte densité de circulation aux heures de pointe diminue la fluidité du trafic, ce qui se répercute immédiatement sur la vitesse des véhicules du transport collectif ; ou un accident de la circulation empêche tout déplacement pendant un certain temps. Tous ces phénomènes font de la description des trajectoires des véhicules un problème complexe.

Une approche analytique qui donnerait une relation exacte de la position et de la vitesse de chaque véhicule en fonction du temps est impraticable, à cause de ces nombreuses perturbations. Seule la simulation peut tenir compte de tous ces facteurs, sans que l'effort investi dans les calculs devienne exorbitant. Elle demande cependant une manière de résolution du problème bien définie.

La première étape consiste à établir un *modèle mathématique* du phénomène à simuler. Le modèle mathématique définit tous les éléments dont la simulation doit tenir compte ainsi que leurs interactions mutuelles. Ces éléments et interactions forment le système.

Ces relations étant déterminées, le modèle mathématique est programmé sur un ordinateur : les relations sont traduites en *programme de calcul*.

Le programme de calcul permet la *simulation* de la situation réelle. L'ordinateur calcule alors certaines grandeurs caractérisant le système.

Dans une dernière étape, il faut comparer les résultats obtenus par la simulation avec des mesures effectuées sur le système réel. Cette comparaison permet de déceler des erreurs ou d'améliorer le modèle mathématique et de confirmer sa validité.

Intérêt pratique de la simulation

Au moment où l'on peut prétendre que le modèle mathématique à la base de la simulation est correct, l'intérêt pratique de la méthode se manifeste pleinement. Il devient alors possible de faire en quelque sorte des expériences en laboratoire. Ces expériences, effectuées dans la réalité, seraient trop coûteuses ou trop dangereuses.

La simulation d'une ligne de transport urbain collectif offre donc des possibilités qu'aucune autre méthode ne peut présenter. Il devient possible de calculer l'influence de certaines modifications de la ligne. Citons comme exemple l'étude de l'influence d'un feu vert commandé par le véhicule, ou d'un déplacement d'un arrêt, sur le temps de parcours et la régularité du service. Dans le cas particulier de la ligne de transport urbain collectif, des essais ne sont pas réalisables parce que les services de transports publics sont tenus de respecter un horaire fixe. D'autre part, si ces expériences étaient effectuées d'une façon répétée, elles ne seraient guère appréciées par les usagers.

D'une façon générale, la simulation permet de *calculer* l'influence d'une modification du système. En choisissant des critères de performance appropriés, on peut décrire quantitativement le service offert par une ligne de transport urbain collectif. Par la simulation, on peut ensuite trouver les modifications de la ligne les plus efficaces, c'est-à-dire celles qui ont la plus grande influence sur le critère de performance choisi.

2. Modèle mathématique

2.1 *Conception générale*

Une ligne de transport urbain est une suite de routes déterminées, formant en général une boucle, qui est parcourue par un moyen de transport collectif. Les véhicules peuvent être liés plus ou moins rigidement au parcours par des voies ou par des lignes électriques. On s'est donc efforcé d'établir un modèle mathématique assez souple qui peut tout aussi bien être appliqué à une simulation d'une ligne de tramway qu'à une ligne d'autobus.

Les véhicules du transport collectif circulant sur la ligne transportent des passagers d'une station d'arrêt à une autre. Ils doivent, dans la mesure du possible, respecter un horaire publié et fixe. Ces quatre éléments : véhicule, ligne, passagers et horaire, ainsi que les relations définissant leurs interactions sont à la base du modèle mathématique choisi. Sans entrer dans tous les détails, ces interactions sont décrites par la suite (fig. 1).

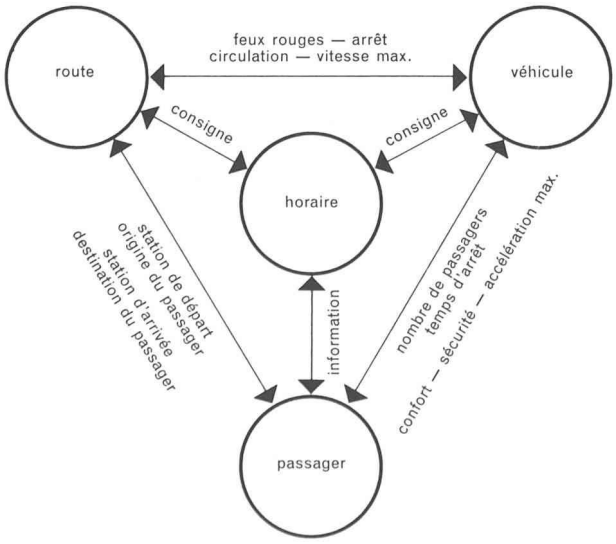

Fig. 1. — Relations entre passager, véhicule, route et horaire.

Les passagers

Le passager attend le véhicule à la station d'arrêt. Quand le véhicule attendu arrive, le passager monte à bord, ce qui demande un certain temps. Il y a donc une interaction directe entre le nombre de passagers désireux de monter à bord et le temps d'arrêt minimal du véhicule. Les personnes qui descendent du véhicule influencent dans la même mesure le temps d'arrêt.

Pendant son voyage à bord du véhicule, le passager doit ressentir une certaine sécurité et un certain confort. Bien que ces sentiments soient difficilement chiffrables, on peut les exprimer par quelques grandeurs physiques. L'accélération maximale, par exemple, ne devrait pas dépasser 1 m/s^2, pour des raisons de confort et pour limiter les accidents à l'intérieur des véhicules des transports collectifs.

Les véhicules

Les données physiques d'une part et les règles du Code de la circulation d'autre part déterminent le mouvement des véhicules. Le premier groupe comprend la puissance et le couple du moteur, ainsi que l'état de surface, la pente et le rayon de courbure de la route. Le Code de la circulation routière ajoute à ces données des contraintes supplémentaires. En outre, les véhicules du transport collectif sont parfois tenus à respecter certains règlements internes lors d'un croisement ou du dépassement de deux véhicules.

La ligne

Pour réduire la quantité d'information nécessaire à la description exacte des mouvements, nous définissons pour chaque tronçon de route une vitesse idéale. Cette vitesse idéale correspond à la vitesse d'un véhicule qui respecte les lois de la physique et du Code de la circulation et dont la course n'est pas perturbée par un arrêt quelconque.

L'horaire

Une ligne de transport urbain collectif est un système instable, s'il est laissé sans régulation. On constate qu'un véhicule qui se trouve en retard par rapport à son horaire rencontre à l'arrêt suivant un nombre de passagers plus grand que d'habitude. Le temps d'arrêt à la station se prolonge, et par conséquent son retard augmente. Le véhicule suivant qui poursuit normalement sa course rencontrera à cette station un nombre de passagers plus petit, l'intervalle entre les deux véhicules étant diminué. De ce fait, son temps d'arrêt diminue et sa vitesse moyenne augmente. Une faible perturbation peut ainsi s'amplifier et entraîner la formation de paquets de deux véhicules. Ce phénomène de groupement de deux véhicules est bien connu dans certaines villes où les lignes des transports urbains sont longues et soumises à des perturbations fréquentes. Il est intéressant de noter que le même développement est provoqué par un véhicule en avance sur son horaire.

En général, l'horaire prévoit un temps « tampon » qui permet d'absorber ces irrégularités et de régulariser ainsi les mouvements des véhicules. Il est important que ce temps tampon soit choisi de manière judicieuse. Il faut que l'horaire puisse remplir sa fonction de régulateur sans que le véhicule soit immobilisé pendant un temps inutilement long.

A part sa fonction de régulateur, l'horaire est la première source d'information pour les passagers. L'importance de cet aspect croît si l'intervalle entre deux véhicules consécutifs augmente.

L'horaire occupe donc une position centrale dans un système de transport collectif. Il fournit les informations nécessaires aux usagers et il indique en même temps les consignes de position pour les véhicules.

2.2 *Représentation de la ligne*

Pour représenter la ligne dans le modèle mathématique, on l'a découpée en tronçons de longueur égale. Chaque tronçon est défini par sa vitesse idéale, c'est-à-dire la vitesse maximale d'un véhicule soumis aux lois de la physique et respectant les règles de la circulation. En plus, on peut trouver sur chaque tronçon l'un des quatre éléments : arrêt principal, arrêt sur demande, feu de circulation et perturbation.

A tout *arrêt principal*, le véhicule doit s'arrêter, indépendamment du nombre de passagers qui l'attendent. Le temps d'arrêt à la station, par contre, dépend en partie des passagers désireux de monter à bord du véhicule ou d'en descendre. En négligeant le temps de descente, on admet que le temps d'arrêt se calcule comme la somme d'un temps constant et d'un temps proportionnel au nombre des passagers montant à bord du véhicule [4]. Le temps d'arrêt peut alors être calculé par la relation :

$$\tau = \tau_0 + \alpha N$$

Le coefficient α, qui exprime le temps de montée par passager, varie en fonction de l'accessibilité et la largeur des portes du véhicule. Selon le type du véhicule, on admet un temps de montée par passager compris entre une et quatre secondes.

A l'*arrêt sur demande*, le véhicule ne s'arrête que si un passager le désire. Le temps d'arrêt est supposé constant. On peut alors décrire cette situation par une variable aléatoire binaire, en définissant pour chaque arrêt sur demande une probabilité d'arrêt. Cette probabilité d'arrêt varie évidemment pendant la journée.

$$p_i = f_i\,(t) \qquad i = 1{,}2$$

$$\sum_{1}^{2} p_i = 1$$

Un *feu de circulation* est caractérisé par ses phases vert - orange - rouge qui se suivent avec un rythme prédéterminé. Les véhicules du transport collectif ne sont en général pas en mesure de s'arrêter dans le temps prévu par la phase orange. La séquence peut alors être simplifiée aux deux seules phases vert - rouge.

A plusieurs endroits le long d'une ligne, la course des véhicules est ralentie sans qu'on puisse en attribuer la cause à l'un des éléments déjà décrits. Afin de tenir compte de ces *perturbations*, on introduit dans le modèle mathématique des fonctions aléatoires qui retardent les véhicules à ces endroits critiques.

2.3 *Représentation des véhicules*

Le mouvement d'un véhicule peut être décrit par une équation différentielle non linéaire de la forme :

$$F\,(t) = M\,(t)\,\ddot{x}\,(t) + f\,(x, \dot{x}, t)\,\dot{x}\,(t)$$

avec F : force de traction
M : masse du véhicule
f : coefficient de frottement
x : position du véhicule

Cette équation est très générale et tient compte de la masse du véhicule et du frottement variant dans le temps, mais elle se prête mal à des calculs pratiques.

Pour cette raison, on fait l'approximation que tout mouvement des véhicules du transport collectif se divise en quatre phases : l'arrêt, une phase d'accélération constante qui permet d'atteindre la vitesse constante et une phase de freinage également à accélération constante. On

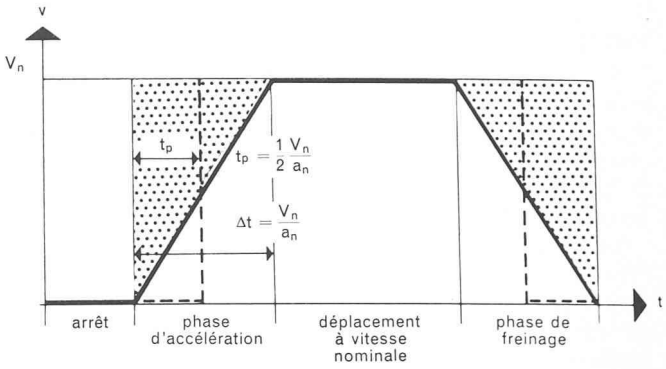

Fig. 2. — Diagramme de vitesse et temps « perdu » t_p.

obtient ainsi le diagramme de vitesse représenté à la figure 2.

Cette représentation du mouvement suggère une simplification supplémentaire. On admet que le véhicule ne connaît que deux états de mouvement différents, l'arrêt et le déplacement à vitesse nominale. Afin que les vitesses moyennes ne soient pas modifiées, il faut inclure les temps perdus au démarrage et au freinage dans les temps d'arrêt.

Les mouvements des véhicules ne sont pas entièrement indépendants les uns des autres. Dans le modèle mathématique choisi, on décrit ces interactions en interdisant tout dépassement entre deux véhicules des transports collectifs.

2.4 *Représentation des passagers*

Les passagers sont caractérisés par l'instant de leur arrivée aux arrêts principaux. On admet que la distribution de l'arrivée des passagers peut être décrite par un processus de Poisson.

2.5 *Représentation de l'horaire*

L'horaire définit les heures de départ de certaines stations. Nous admettons dans le modèle mathématique qu'un véhicule ne peut pas partir avant l'heure indiquée sur l'horaire, bien que cette hypothèse ne soit pas vérifiée en réalité.

3. Critères de qualité

Le but d'une simulation d'un système de transport urbain collectif est d'augmenter le niveau de service offert à l'usager et de minimiser les frais d'exploitation. Tandis que les frais d'exploitation peuvent être déterminés avec une assez grande précision, la définition d'une valeur qui caractérise l'utilité est plus difficile. Ces mesures de l'utilité, ou critères de performance, font l'objet de nombreuses recherches en Allemagne fédérale et aux Etats-Unis [2], [3].

On constate que le *temps* de déplacement total du lieu de départ à la destination prend une place de première importance dans le jugement de l'usager. Ce temps se compose du temps d'accès à la station, des temps d'attente, des temps de voyage et du temps de marche à pied au lieu de destination.

Un deuxième critère, important pour les lignes à faible fréquence de véhicules, est la *régularité* du service offert. Un service régulier permet à l'usager de réduire son temps d'attente, un temps qui subjectivement est perçu environ trois fois plus long que le même temps de voyage.

4. Programmation du modèle mathématique sur calculatrice hybride

Afin de pouvoir simuler les relations du modèle mathématique, elles doivent être programmées sur un ordinateur.

L'Institut de réglage automatique de l'EPFL dispose d'une calculatrice hybride qui se prête, pour différentes raisons, particulièrement bien à la simulation d'une ligne de transport urbain collectif.

Grâce à la partie analogique de la calculatrice hybride, la simulation peut se faire en continu. Le temps de la simulation se déroule d'une façon naturelle ; il est pourtant possible d'effectuer un changement de l'échelle du temps pour accélérer la simulation par rapport aux phénomènes réels.

En tirant profit de la possibilité de plusieurs interactions parallèles sur une calculatrice analogique, on peut calculer simultanément les trajectoires de tous les véhicules. Ceci permet de simuler les mouvements des véhicules en continu et on obtient une représentation qui correspond aux déplacements réels des véhicules.

Les calculs logiques et statistiques sont programmés sur la partie digitale de l'ensemble hybride. En définissant les interactions entre partie analogique et digitale, la simulation d'une ligne de transport urbain collectif peut se faire d'une façon très concrète.

5. Résultats

La validité d'un modèle mathématique peut être montrée en comparant les résultats d'une simulation d'un système avec les mesures effectuées sur le système réel.

Des raisons d'ordre pratique nous ont amenés à choisir la ligne 7 des Transports lausannois comme ligne de test. Les situations rencontrées le long de la ligne sont très diverses. La ligne 7 commence à Renens, une commune fortement industrialisée dans la banlieue lausannoise. Elle passe par des endroits ouverts avant d'arriver à Lausanne, traverse ensuite le centre de la ville pour finir dans les quartiers d'habitation à Pully-La Rosiaz. Sur sa longueur de 8,2 km, l'environnement change donc plusieurs fois.

La ligne 7 est l'une des plus longues du réseau urbain des Transports lausannois. Les trolleybus passent sur un trajet complet de 16,3 km par 13 arrêts principaux, 27 arrêts sur demande et 45 feux de circulation. Ils mettent pour ce parcours un temps de 70 minutes, si l'on inclut le temps tampon aux stations terminales.

Dans l'exemple de simulation choisi, on considère la ligne 7 entre 10.00 et 11.00 h. du matin. Ceci correspond à l'exploitation pendant les heures à faible densité de circulation et permet d'éviter au maximum les perturbations aléatoires. Le temps est accéléré 20 fois pendant la simulation. La simulation d'une heure se fait donc en trois minutes.

Le critère de performance choisi est la vitesse moyenne entre deux arrêts principaux.

La figure 3 montre les mouvements des sept bus qui se trouvent sur la ligne pendant la période de simulation.

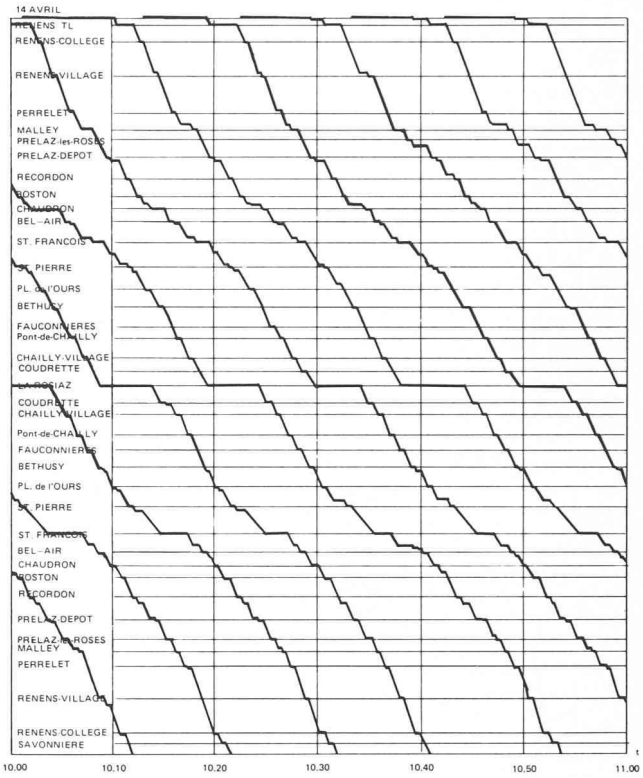

Fig. 3. — Diagramme temps-distance des sept bus sur la ligne 7 entre 10.00 et 11.00 h.

Comme les trajectoires sont calculées d'une façon continue, elles peuvent être dessinées pendant la simulation.

Les figures 4 à 6 montrent des exemples de résultats numériques caractérisant les conditions d'exploitation de la ligne 7.

Le premier tableau (fig. 4) représente les vitesses moyennes entre les arrêts principaux. Elles ont été calculées en divisant le temps de parcours moyen par la distance séparant les deux stations. Les étoiles indiquent qu'un calcul de vitesse moyenne entre les deux stations est impossible parce que le temps de parcours moyen est plus long que la durée de la période simulée.

Pour analyser en détail les conditions d'exploitation, on peut subdiviser le temps de parcours en temps de déplacement et en temps perdu aux arrêts et feux rouges. La figure 5 montre la répartition du temps de service en pourcent du temps de service total.

En comparant les différents temps d'arrêt, on s'aperçoit que c'est le temps d'arrêt aux arrêts principaux qui est le plus long. Le tableau de la figure 6 montre les temps d'arrêt des sept bus aux stations principales. Un temps d'arrêt zéro indique que le véhicule n'est pas passé par

	14 AV	RE TL	MALL	CHAUD	B.AIR	ST.FR	ST.PI	LA RO	ST.PI	ST.FR	B.AIR	CHAUD	MALL
14 AVRIL	0.0	******	15.6	15.8	15.5	15.4	16.8	18.0	17.7	19.6	20.0	20.2	27.6
RENENS TL	8.1	0.0	14.0	12.9	13.7	13.6	14.3	14.3	12.8	13.3	13.1	12.9	11.3
MALLEY	18.1	25.8	0.0	15.3	15.0	14.5	15.3	15.3	14.4	14.9	14.8	14.7	14.3
CHAUDERON	16.1	18.9	17.2	0.0	**********		16.2	15.6	14.4	14.8	14.7	14.5	14.4
BEL-AIR	15.9	18.4	16.0	20.3	0.0	******	16.2	15.4	14.3	14.7	14.5	14.4	14.3
ST. FRANCOIS	15.8	18.0	15.7	18.4	18.6	0.0	16.2	15.5	14.4	14.8	14.6	14.5	14.4
ST. PIERRE	15.2	16.9	14.5	16.0	14.3	16.9	0.0	16.0	14.5	14.6	14.4	14.2	14.2
LA ROSIAZ	16.4	17.7	16.5	18.3	18.1	19.2	23.8	0.0	15.1	15.2	15.1	14.9	15.2
ST. PIERRE	14.9	15.6	14.6	15.0	14.7	14.8	16.2	21.8	0.0	**********			14.9
ST. FRANCOIS	14.8	15.5	14.5	14.7	14.5	14.5	15.7	19.0	13.5	0.0	**********		14.9
BEL-AIR	14.2	14.8	13.9	14.0	13.8	13.8	14.6	16.0	10.0	15.4	0.0	******	14.5
CHAUDERON	14.3	14.8	14.0	14.0	13.8	13.8	14.7	16.0	10.8	15.2	22.7	0.0	14.5
MALLEY	14.3	14.7	14.2	14.5	14.3	14.3	15.2	16.2	14.7	16.7	17.4	17.4	0.0

Fig. 4. — Vitesses moyennes entre les arrêts principaux.

VEHICULE ARRET	1	2	3	4	5	6	7	MIN	MAX	MOY	ECT
14 AVRIL	0.	365.	325.	440.	415.	395.	475.	325.	475.	402.	53.
RENENS TL	105.	20.	90.	90.	90.	90.	90.	20.	105.	82.	27.
MALLEY	60.	0.	80.	20.	25.	70.	20.	20.	80.	45.	27.
CHAUDERON	25.	130.	0.	30.	110.	25.	30.	25.	130.	58.	48.
BEL-AIR	25.	25.	0.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	25.	0.
ST.FRANCOIS	50.	65.	0.	65.	95.	45.	45.	45.	95.	60.	19.
ST.PIERRE	20.	20.	15.	0.	20.	20.	20.	15.	20.	19.	2.
LA ROSIAZ	290.	315.	290.	225.	0.	250.	405.	225.	405.	295.	62.
ST.PIERRE	20.	25.	20.	25.	25.	0.	25.	20.	25.	23.	2.
ST.FRANCOIS	20.	110.	45.	135.	145.	0.	135.	45.	145.	108.	38.
BEL-AIR	25.	25.	25.	25.	25.	0.	25.	25.	25.	25.	0.
CHAUDERON	20.	30.	20.	30.	25.	0.	45.	20.	45.	28.	9.
MALLEY	15.	15.	15.	15.	15.	15.	0.	15.	15.	15.	0.

SOMME DES TEMPS D'ARRET DE 7 BUS 7220.SECONDES

Fig. 6. — Temps d'arrêt aux arrêts principaux.

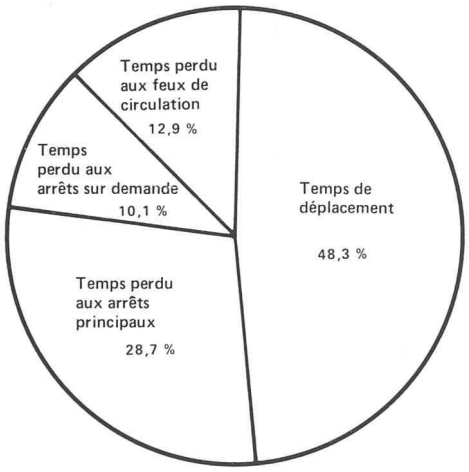

Fig. 5. — Répartition du temps de service en pour-cent.

cet arrêt pendant la période de simulation. Il n'est donc pas pris en considération pour le calcul de la moyenne et de l'écart-type.

Tous ces résultats ont été comparés avec les relevés statistiques que les Transports lausannois ont effectués en 1975. Cette comparaison a permis de vérifier les hypothèses du modèle mathématique et de constater la validité de ce modèle.

6. Conclusions

Le programme de simulation d'une ligne de transport urbain collectif présente une première étape des travaux effectués à l'Institut de réglage automatique dans le cadre du projet d'école STUC de l'EPFL. Il permet de reproduire par des calculs les déplacements des véhicules des transports collectifs avec une grande fidélité à la réalité.

Le programme présente quelques particularités par rapport à d'autres travaux publiés. Il s'est avéré particulièrement intéressant de faire la simulation sur une calculatrice hybride et de garder le temps comme variable indépendante. Les trajectoires de tous les véhicules peuvent ainsi être calculées simultanément et les relations régissant les différents éléments, tels que feux de circulation, arrêts, etc., peuvent être exprimés en fonction du temps.

Ce programme de simulation est facilement adaptable à toutes sortes de lignes de transports urbains collectifs. On dispose ainsi d'un outil souple, permettant des essais systématiques de modification d'une ligne pour en analyser les conséquences. La simulation peut donc fournir rapidement des solutions qui autrement ne pourraient être obtenues que par de longues séries de mesures qui seraient de fait impraticables.

Références

[1] H. Dekindt et P. Griffe : *Simulation d'une ligne d'autobus.* 1er Symposium international sur la régulation du trafic, IFAC/IFIP, Versailles, juin 1970.

[2] M. Wachs : *Consumer Attitudes Toward Transit Service : An Interpretative Review.* AIP Journal, January 1976, p. 96-104.

[3] G. Girnau : *Anforderungen und Massnahmen für ein fahrgastorientiertes Busverkehrssystem.* V + T, 30. Jahrgang, Heft 9, Sept. 1977, p. 329-334.

[4] H.-J. Bernath et J. Simonett : *Simulation et réglage d'une ligne de transport collectif urbain en site banal.* Projet d'école STUC-IRA, Rapport technique nº 3, Lausanne, décembre 1977.

[5] P. H. Bly : *Use of computer simulation to examine the working of a bus lane.* TRRL Laboratory Report 609, Crowthorne, Berkshire, 1973.

Adresses des auteurs :
Jürg Simonett, ing. élec. EPF
Institut de réglage automatique de l'EPFL
En Vallaire, 1024 Ecublens
Hans Jakob Bernath, Dr ing.
Projet d'école STUC de l'EPFL
Chemin des Délices 9, 1006 Lausanne

Analyse comparative de systèmes de propulsion

par CHARLY CORNU et MARCEL JUFER, Lausanne

1. Introduction

Le choix d'un système de propulsion — moteur, transmission, alimentation, commande — pour un réseau de transport urbain est basé sur divers critères. Certains sont objectifs. On peut citer principalement :

— les performances techniques telles que souplesse, durée de parcours, vitesse, etc. ;
— le bilan énergétique ;
— l'expérience acquise ;
— les problèmes d'entretien ;
— les coûts d'investissement.

Il existe également des critères moins directement quantifiables ou plus subjectifs. On peut citer :

— le confort ;
— l'évaluation de certains coûts d'exploitation, tels que le prix de l'énergie à long terme ;
— la mode technique ;
— la fiabilité.