

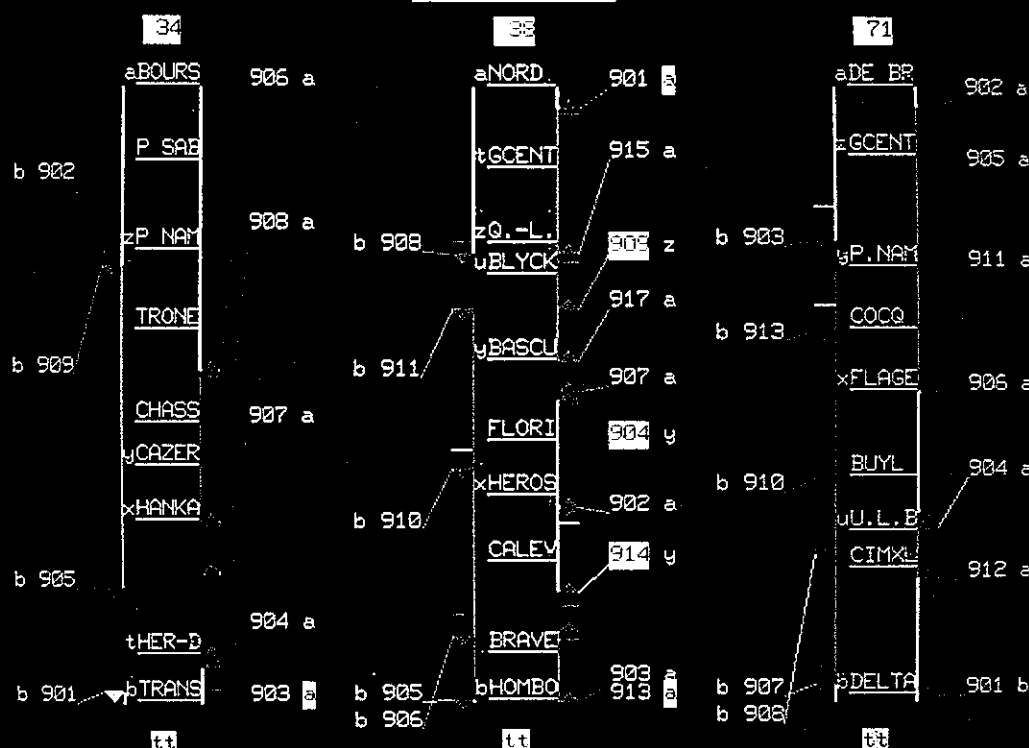
Transport Public'91

Organisation et Traitement de l'Information

Union Internationale des Transports Publics
49e Congrès International, Stockholm

UTP 6

ETAT DES LIGNES



059/99 042/99 028/99 071/99 036/99 034/99 061/99 080/99 038/53 013/46

Aspects techniques et économiques
de systèmes d'

aide à l'exploitation

3109

B.G. Khorovitch

Giuseppe Catalano, Peter Höflinger, Michel Leprince

Résumé

Aujourd'hui, les systèmes automatisés d'aide à l'exploitation (SAE) font partie intégrante de la gestion et du contrôle des entreprises de transport public.

Le fonctionnement de ces systèmes se fonde en général sur la technique des microprocesseurs. Ces systèmes sont construits de façon modulaire et peuvent être développés étape par étape aussi bien pour répondre à un besoin particulier que pour couvrir le réseau dans son ensemble.

Les SAE permettent d'améliorer durablement l'exactitude et la régularité d'exploitation, d'augmenter la fiabilité de la gestion des perturbations, de garantir de meilleures correspondances et de fournir une information de qualité aux usagers comme à l'entreprise.

Pour ces raisons, les systèmes d'aide à l'exploitation profitent aussi bien aux usagers qu'aux entreprises et à leur personnel.

En outre, les SAE ne sont pas seulement pertinents au niveau de l'entreprise, ils offrent également des avantages économiques.

Les perspectives de ces systèmes s'orientent surtout vers l'élargissement qualitatif et quantitatif de leurs fonctions et vers une automatisation renforcée.

La liaison avec d'autres systèmes contrôlés par ordinateur est également en pleine évolution. Par exemple, peuvent être reliés à des SAE:

- des ordinateurs de guidage de trains;
- du matériel de perception automatique;
- des systèmes de diagnostic de l'état du véhicule;
- des systèmes d'affichage des horaires et d'information aux voyageurs;
- des programmes de planification des horaires et des prestations du personnel.

La demande de transports de plus en plus attractifs et fiables, l'augmentation des déplacements suburbains segmentés et la coordination nécessaire entre les différents modes de transport qui en découle annoncent que les systèmes d'aide à l'exploitation utilisés par des entreprises de transports prendront, dans les années à venir, encore davantage d'importance.

AVIS

Le Secrétariat Général ne disposant pas au Congrès d'exemplaires de réserve, les membres sont instamment priés de se munir du présent rapport.

Union Internationale des Transports Publics
Avenue de l'Uruguay 19, B-1050 Bruxelles
Tél.: + 32 2 673 61 00 • Téléfax: +32 2 660 10 72 • Télex: 046 + 63916

© Copyright 1991 Union Internationale des Transports Publics
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés
ISBN 2-87171-036-8 • D/1991/0105/6

La reproduction des publications éditées par l'Union Internationale
est interdite sauf entente avec le secrétaire général

Table des matières

1 Introduction	5
2 L'état d'avancement technique des systèmes d'aide à l'exploitation	5
2.1 Les principes de base de la gestion des systèmes d'aide à l'exploitation	5
2.2 Les fonctions fondamentales	6
2.2.1 Saisie de la localisation des véhicules	6
2.2.2 Saisie de l'occupation des véhicules	7
2.2.3 Echange d'informations entre le poste central et les véhicules	7
2.2.4 Garantie des correspondances	7
2.2.5 Information des passagers sur l'exploitation en cours	7
2.2.6 Influence sur les feux de signalisation routière	8
2.2.7 Evaluations statistiques	8
2.2.8 La gestion d'appareils et de dispositifs externes	8
2.3 La réalisation technique	9
2.3.1 Poste central	9
2.3.2 Equipement des véhicules	11
2.3.3 Equipements au sol placés sur le trajet	13
2.3.4 Equipements à l'arrêt	13
2.3.5 Modularité du système	13
3 Le processus de prise de décision et d'installation	13
3.1 Planification SAE et installation	13
3.2 Choix du fournisseur	13
3.3 Délai d'implémentation	15
3.4 Expérience et recommandations	15
3.5 Implication du personnel - Formation	17
3.6 Support politique	17

4 La rentabilité des systèmes automatisés d'aide à l'exploitation	17
4.1 Bases du calcul des coûts des systèmes automatisés d'aide à l'exploitation	17
4.1.1 Investissements	17
4.1.2 Dépenses annuelles courantes	21
4.2 Utilité et détermination des besoins pour un SAE / principes de base	23
4.2.1 Principes de base	23
4.3 Calcul des coûts et rendements	26
4.3.1 Ponctualité et régularité de l'offre d'exploitation	26
4.3.2 Détection précoce et élimination efficace de perturbations	27
4.3.3 Amélioration des correspondances à assurer	28
4.3.4 Amélioration des informations relatives à l'exploitation	29
4.3.5 Amélioration de l'information des passagers	30
4.4 Calcul des coûts/avantages	31
5 Perspectives d'utilisation et d'extension des Systèmes Informatiques de Gestion et de Contrôle des Véhicules	32
5.1 Le phénomène	32
5.2 Aspirations	32
5.2.1 En général	32
5.2.2 Information aux usagers	32
5.3 Paramètres technologiques	34
5.3.1 Gestion et contrôle	34
5.3.2 Communication	34
5.3.3 Informatique de base	34
5.3.4 Informatique de traitement	35
5.4 Evaluations	35
6 Conclusions finales et recommandations	36
7 Annexes	38

Aspects techniques et économiques des systèmes d'aide à l'exploitation

1 Introduction

La gestion de l'exploitation des transports publics urbains a traversé plusieurs phases de développement.

- A l'origine, l'exploitation commerciale du transport collectif urbain était largement décentralisée. Pour ce faire, les employés du service de surveillance étaient placés à certains points stratégiques du réseau utilisés comme postes d'observation. L'exploitation commerciale était gérée sur la base des informations récoltées sur place et était régulièrement interrompue par des perturbations. En général, c'est seulement lors de perturbations très importantes qu'un contact téléphonique était pris avec la centrale.
- La principale caractéristique de la deuxième phase du développement de l'aide à l'exploitation réside dans son utilisation extensive de la radiotéléphonie. L'aide à l'exploitation centralisée et la surveillance ont dès lors pris de plus en plus d'importance. Ainsi, le chauffeur pouvait communiquer directement au poste central toute perturbation survenant sur le trajet ou toute autre irrégularité du service à partir de n'importe quel point du trajet. Par radio, les employés du poste central peuvent obtenir une vue d'ensemble de la localisation des véhicules ainsi que de leur situation, ce qui a permis à l'aide centralisée à l'exploitation de relayer dans une large mesure la gestion décentralisée.
- Comme l'a montré la pratique, le fort accroissement des tâches du transport urbain, surtout aux heures de pointe, surcharge le personnel de la centrale de gestion qui, alors, ne peut quasi plus garantir le déroulement planifié et sûr de l'exploitation par la seule radiotéléphonie. Dès lors, les entreprises de transport et l'industrie ont envisagé de nouvelles améliorations possibles de la gestion de l'exploitation. L'application de systèmes informatiques très puissants et la transmission par radio des données pour échanger des informations chauffeur/centrale de gestion a bien vite été considérée comme une solution possible pour gérer entièrement l'exploitation. C'était le point de départ de la mise en oeuvre de systèmes informatisés d'aide à l'exploitation (SAE). Ils constituent aujourd'hui la troisième phase, la plus avancée, du développement de la gestion de l'exploitation dans le transport public urbain.

La présente étude vise à informer sur l'état technique des SAE actuellement installés dans les entreprises membres de l'UITP ainsi qu'à montrer leur évolution

future. Leur utilité pour l'entreprise et les passagers doit aussi être clairement expliquée. Il est ressorti du débat de la Commission de l'UITP de l'organisation et du traitement de l'information qu'il n'était possible d'atteindre les objectifs du présent rapport qu'en se fondant sur des constatations empiriques. La Commission a par conséquent décidé de réaliser une enquête auprès d'entreprises membres de l'UITP.

Au total, 44 entreprises de transport (62,8 %) ont répondu au questionnaire remis à 70 membres de l'UITP. Les auteurs profitent de l'occasion pour remercier ici les participants de leur aide précieuse sans laquelle cette étude n'aurait pu être menée à bien.

Une classification des réponses par pays et par nombre d'habitants figure en annexe 1. L'énorme intérêt manifesté est le reflet de l'importance accordée par toutes les entreprises - grandes et petites - à la question des systèmes d'aide à l'exploitation. A ce jour, 11 entreprises (= 25 %) n'utilisent toujours pas de SAE. 7 d'entre elles comptent l'introduire sous peu. Seules 4 des 44 entreprises (= 9,1 %) qui ont répondu n'envisagent pas d'installer de SAE dans un avenir plus ou moins proche. Cela souligne aussi l'importance du SAE au niveau international. Une partie des questionnaires n'a pas pu faire l'objet d'une évaluation complète en raison de données manquantes. La base de l'évaluation a été modifiée en conséquence lors de l'analyse des résultats.

Les données concernent des petites, moyennes et grandes entreprises, des systèmes différents (routiers/ferrés, configurations informatiques) et divers pays. Il en résulte donc une illustration représentative de la situation parmi les entreprises membres de l'UITP.

2 L'état d'avancement technique des systèmes d'aide à l'exploitation

2.1 Les principes de base de la gestion des systèmes d'aide à l'exploitation

L'exploitation des transports en commun peut se concevoir comme une boucle de régulation fermée.

L'horaire est le fondement de la gestion de l'exploitation. Il fournit les spécifications théoriques de l'exploitation commerciale. Des perturbations internes et externes accidentelles (perturbations de la circulation, accidents, avaries de caténaire, pannes de courant, etc.) influencent l'exploitation commerciale. En cas de perturbation,

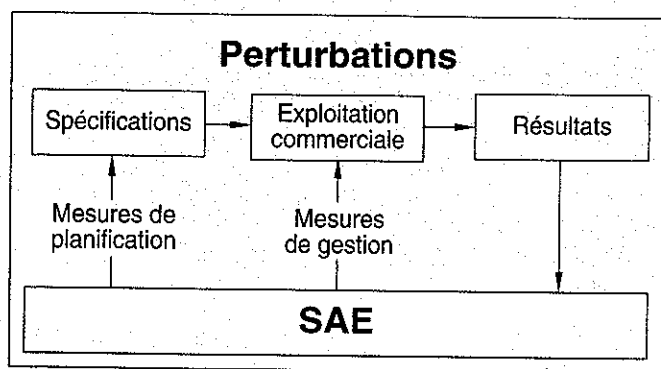


Figure 1

le SAE doit assister et gérer l'exploitation commerciale en intervenant pour rétablir la situation théorique. Il est clair que le processus régulateur sera d'autant plus efficace que les perturbations seront découvertes tôt et que les dispatchers seront informés en détail.

Les principales caractéristiques d'un SAE moderne sont les suivantes:

- saisie automatique de la localisation du véhicule,
- transmission automatique quasi continue des données entre la centrale d'exploitation et le véhicule,
- traitement automatique des informations dans l'ordinateur d'aide à l'exploitation du poste de commande centralisée.

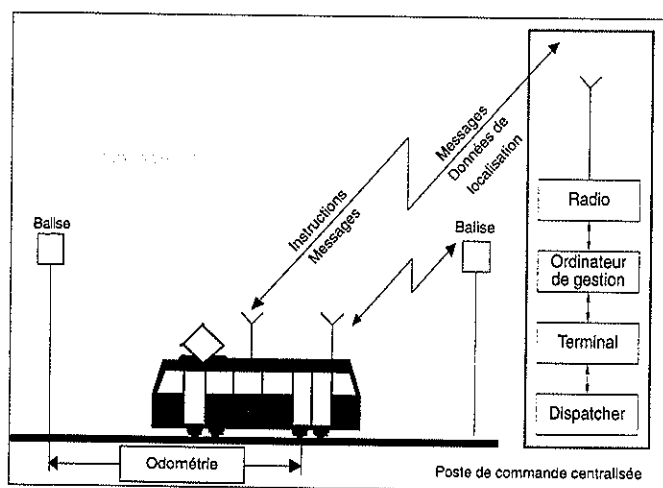


Figure 2: Schéma fonctionnel général du SAE

Le principe de base de tout le fonctionnement est la saisie adéquate de la localisation des véhicules. Les balises placées sur le trajet servent à ajuster l'odométrie. Les données nécessaires des véhicules sont transmises par radio à l'ordinateur central.

L'ordinateur de la centrale d'exploitation compare ces données de localisation réelles avec les localisations théoriques de l'horaire. Les résultats de cette

comparaison entre les valeurs théoriques et réelles sont, d'une part, renvoyés au chauffeur et, d'autre part, mis à la disposition des dispatchers d'un poste central de gestion de l'exploitation.

Pour que chaque SAE puisse fonctionner, l'ordinateur doit contenir une image complète de la situation théorique de l'exploitation en définissant les fichiers suivants:

- fichier du réseau décrivant le réseau existant,
- fichier des lignes contenant les données de base du tracé des lignes et des arrêts,
- fichier des horaires pour préparer l'horaire journalier,
- fichier des correspondances avec toutes les données garantissant une liaison aux intersections,
- fichier de véhicules avec toutes les données des véhicules utilisés qui sont nécessaires pour le SAE.

2.2 Les fonctions fondamentales

2.2.1 Saisie de la localisation des véhicules

Les procédures de détermination de la localisation des véhicules appliquées par le SAE s'inspirent du principe de la navigation à l'estime qui, à partir d'un point de référence fixe, permet de mesurer et d'additionner dans le véhicule les éléments du déplacement et les changements de direction. A tout moment, la localisation peut être référée au point de départ. Après un certain trajet, il est nécessaire de corriger la valeur mesurée. Il faut distinguer trois procédures en fonction du type d'ajustement de la valeur mesurée:

- le repérage physique,
- le repérage logique,
- le repérage combiné.

La procédure qui était précédemment répandue dans le SAE était le **repérage physique**. Un compteur incrémental mesure dans le véhicule le trajet parcouru. Des émetteurs de codes de localisation (balises) sont placés sur la ligne pour transmettre des coordonnées de localisation codées au véhicule. De cette manière, le compteur incrémental du véhicule est mis à zéro au niveau des balises et la section de trajet entre deux balises est calculée en fonction du nombre de rotations des roues.

Les balises sont absentes du **repérage logique**.

L'odométrie se règle en fonction de la localisation des arrêts. Le signal d'ouverture des portes indique qu'un arrêt est atteint. Les arrêts sont identifiés par la succession des distances entre les arrêts de la ligne concernée.

Ces dernières années, de nombreux SAE ont en partie appliqué un **repérage combiné**. Par conséquent, les informations proviennent aussi bien de balises que de l'arrivée à un arrêt, ce qui permet aussi de réduire le nombre de balises et, dans le même temps, de simplifier le logiciel d'exploitation.

Les résultats de l'enquête ont montré que la procédure de repérage combiné est très répandue avec 51 %. 21 % et 33 % des entreprises n'utilisent respectivement que le repérage physique ou le repérage logique.

2.2.2 Saisie de l'occupation des véhicules

Il est important de connaître, surtout à des fins d'évaluation statistique, l'occupation du véhicule pour adapter l'offre d'exploitation à la demande. Il faut distinguer deux procédures:

- introduction manuelle du taux d'occupation estimé globalement par le chauffeur qui l'introduit dans son terminal,
- calcul automatique par des appareils de saisie du nombre de passagers équipant les véhicules.

La précision des compteurs oscille entre 3 et 10 %. Plus de la moitié des entreprises, soit 61 %, ont déjà indiqué la saisie du taux d'occupation comme étant une fonction de leur SAE. La moitié d'entre elles travaille en saisie automatique et le reste en introduction manuelle. Toutefois, le calcul automatique présente encore actuellement un caractère souvent expérimental.

2.2.3 Echange d'informations entre le poste central et les véhicules

Le véhicule transmet deux types d'informations au poste central:

- des messages de routine, données qui sont saisies automatiquement et transmises par radio (p. ex. désignation de la ligne, numéro du véhicule, informations sur la localisation),
- des messages individuels sur les incidents ponctuels survenant pendant l'exploitation commerciale qui sont envoyés par le chauffeur en enfonçant une touche de l'appareil de commande (p. ex. messages d'accident, demandes d'intervention de la police ou des pompiers, demande de communiquer, demande de réparation).

Les messages et instructions envoyés au chauffeur par le poste de commande centralisée peuvent être classés en trois catégories:

1. Informations pour le chauffeur qui sont envoyées de manière permanente et automatique par l'ordinateur de gestion au chauffeur. Il s'agit surtout d'informations sur les perturbations.
2. Instructions qui peuvent être directement activées par la centrale pour corriger l'exploitation commerciale perturbée (p. ex. "accélérer", "ralentir", "l'horaire n'est plus applicable", "éviter embouteillage").
3. Réponse au chauffeur (p. ex. l'horaire exact, temps de travail actuel, pause de midi). Ces messages facilitent les conditions de travail du chauffeur.

L'enquête indique que ces communications font aujourd'hui partie des SAE habituellement installés.

2.2.4 Garantie des correspondances

Le contrôle central des correspondances et la garantie des correspondances représentent une fonction absolument essentielle du SAE, car, dans l'ensemble, ils améliorent la qualité de l'offre dans des réseaux de transport public urbain intégrés. Une comparaison automatique des valeurs théoriques et réelles permet de détecter les correspondances compromises et de les assurer par la centrale de gestion.

Pour les correspondances non automatiques, des propositions émanent du système qui peuvent être exécutées, modifiées et rejetées par les dispatchers du poste de commande centralisée.

61% des SAE examinés assurent la fonction de garantie des connexions. Parmi ces 61%, certains prennent en charge la totalité de cette fonction, d'autres ne sont encore qu'au début de sa réalisation.

2.2.5 Information des passagers

Grâce à l'échange de données continu entre les véhicules et la centrale de gestion, il est aussi possible et judicieux d'informer les passagers sur les services théorique et réel. Pour ce faire, le SAE dispose de deux possibilités: - **acoustique** - via une annonce directe du poste de commande ou - **visuelle** - via de grands tableaux d'affichage ou des écrans.

Les passagers peuvent prendre connaissance de cette information à l'arrêt comme dans les véhicules. Du poste de commande, le dispatcher envoie ce message au choix sur une seule ligne, sur plusieurs lignes ou sur toutes les lignes.

En raison du trouble qu'elles provoquent chez les personnes non concernées, les informations sonores aux arrêts de surface ne sont recommandées que pour les messages relatifs à d'importantes irrégularités du service. Pour l'information continue des passagers sur la situation de l'exploitation, il faut prévoir des moyens visuels. Ils sont gérés automatiquement par le SAE et donnent les informations suivantes:

- heures du départ effectif,
- affichage de la destination,
- remarques relatives à la correspondance,
- annonces de perturbation,
- informations spéciales.

Entre temps, divers éléments optiques destinés à l'information des passagers sont aussi présents dans le véhicule:

- nom de l'arrêt,
- ligne, destination,
- remarques relatives à la correspondance,
- messages de perturbation.

Les diverses informations diffusées aux passagers figurent dans le tableau suivant pour certains SAE:

Informations aux passagers	%
A. Dans le véhicule	
- Annonce vocale de l'arrêt suivant	54
- Affichage visuel de l'arrêt suivant	39
- Affichage automatique de la destination	39
B. Aux arrêts	
- Heure d'arrivée probable du prochain véhicule	46
- Localisation du véhicule sur le trajet	6
- Retards, perturbations sur le trajet	36

Il faut remarquer que, pour quasi tous les SAE en service, l'information des passagers aux arrêts n'est, pour le moment, utilisée qu'à titre expérimental. Dans le cadre du développement ultérieur des systèmes automatisés d'aide à l'exploitation, la diffusion et le perfectionnement de cette fonction constitueront une tâche importante.

2.2.6 Influence sur les feux de signalisation routière

Pendant la rotation d'un véhicule, entre 15 et 25 % des pertes de temps sont causés par les systèmes de signalisation lumineuse. Il existe deux possibilités fondamentales de SAE permettant de gérer la priorité automatique des transports publics aux feux de signalisation:

- un système centralisé (liaison ordinateur-ordinateur),
- un système décentralisé.

Avec la première variante, la communication entre le SAE et le système municipal de guidage de la circulation est exclusivement réalisée par un couplage direct des ordinateurs de gestion. Les bus et tramways échangent uniquement des informations avec l'ordinateur de gestion de l'exploitation.

Dans un système décentralisé (local), toute la communication entre le SAE et la gestion des signaux lumineux est exécutée sur place, c'est-à-dire au point de regroupement ou de jonction. Les véhicules demandeurs y participent directement. Ces systèmes locaux sont déjà largement répandus. Des émetteurs de codes de localisation (balises) servent habituellement à saisir les demandes du véhicule vers le système de régulation du trafic. Des informations sur l'identification et l'éloignement du véhicule sont ainsi transmises avant le point de demande proprement dit. De cette manière, la signalisation peut être adaptée avec souplesse à toutes les conditions marginales existantes. Par exemple, il est possible de prolonger la phase verte, d'avancer les phases vertes, de changer de phase ou de programmer les signaux.

De nos jours, l'influence sur les signaux lumineux s'utilise déjà avec précision. 67 % des entreprises interrogées la citent comme fonction du SAE.

2.2.7 Evaluation statistique

Les évaluations statistiques de l'exploitation commerciale se composent:

- de rapports journaliers,
- de statistiques d'exploitation régulières,
- de statistiques de planification.

Les rapports journaliers sont élaborés automatiquement. Ils expliquent des événements importants tels que:

- messages du chauffeur,
- perturbations,
- véhicules ayant circulé, kilométrage à vide et kilométrage utile,
- événements de la conduite journalière et taux d'occupation des véhicules.

Les statistiques d'exploitation régulières fournissent des données pour d'autres statistiques (p. ex. statistiques annuelles). Elles donnent en plus une vue d'ensemble des écarts horaires et des perturbations survenant sur les diverses lignes.

Les statistiques de planification se subdivisent en analyse du temps de conduite et en évaluation de l'occupation des véhicules. Les analyses du temps de conduite servent à corriger l'horaire et à planifier le trajet en vue de l'améliorer.

La saisie des taux d'occupation des véhicules permet de mieux adapter l'offre à la demande actuelle. En analysant ces données qui font maintenant partie des SAE standards, les informations sur l'exploitation deviennent plus transparentes. Les points faibles peuvent dès lors être détectés et éliminés.

2.2.8 Gestion d'appareils et de dispositifs externes

Grâce à des systèmes d'information de bord intégrés (SIBI), les données SAE sont désormais aussi utilisables par d'autres dispositifs, par exemple pour une identification extérieure des véhicules (numéro de ligne, destination) ou pour une commande des composteurs et appareils mobiles de billetterie.

Pour des tramways, il est utile et judicieux de coupler le SAE à la commande des aiguilles. Un tel couplage est particulièrement efficace pour tracer les trajets de métro léger. Des inconvénients peuvent résulter de la rencontre de tracés de lignes concurrentes à la suite de perturbations d'horaires. Dans de tels cas, le SAE peut, selon les nécessités de circulation et d'exploitation, déterminer l'ordre des convois à un point de jonction. Dans les zones protégées, une commutation de priorités peut être réalisée pour chaque itinéraire en vue de garantir un ordre de passage judicieux du point de vue de l'exploitation.

Des dispositifs techniques identiques à ceux servant à la saisie de la localisation peuvent être utilisés sur le trajet et dans les véhicules pour contrôler les aiguillages.

Toutefois, le sondage a montré que 21 % seulement des entreprises de tramways possédant un SAE ont intégré le contrôle des aiguilles dans les fonctions du système.

2.3 La réalisation technique

La figure 3 illustre les principaux flux d'information d'un SAE moderne. Celui-ci rassemble les fonctions décrites précédemment.

Ses composants essentiels sont les suivants:

- l'équipement du poste central;
- l'équipement du véhicule;
- les équipements au sol placés sur le trajet;
- les équipements aux arrêts.

2.3.1 Poste central

Le poste central de commande du SAE comporte un équipement radio, un ordinateur central, la périphérie correspondante et les postes des dispatchers. Les installations de radio sur place relient l'ordinateur central aux véhicules et aux arrêts. Sur la base de l'enquête, les principaux paramètres techniques de la transmission de données du SAE peuvent se définir comme suit:

Paramètres	% d'entreprises utilisant cette valeur
1. La vitesse de la transmission de données (bauds)	
- 1200	47,8
- 2400	52,2
2. La gamme de fréquences	
140 - 250	54,2
250 - 350	4,1
350 - 450	12,5
450 - 550	29,5
3. Le temps de cycle (sec.)	
< 10	21,7
10 - 15	21,7
15 - 30	30,4
30 - 60	26,2

Une station de radio centrale fixe équipée d'une antenne de grande taille (70 à 100 m selon la taille de la ville) constitue habituellement la solution la plus avantageuse. Elle ne suffira pas toujours. Dans les grandes villes où il faut gérer 1.000-2.000 véhicules ou plus, plusieurs installations destinées à l'émission et à la réception pourvues de fréquences correspondantes sont habituellement nécessaires.

Environ 61 % de tous les SAE examinés se présentaient sous la forme de systèmes à deux ordinateurs. A cet égard, la disponibilité et la réduction des coûts sont surtout déterminantes. Les ordinateurs fonctionnent selon le principe du Hot Stand; cela signifie que, en cas de panne

de l'ordinateur gérant le processus, l'autre ordinateur prend la relève instantanément. C'est pourquoi les deux ordinateurs reçoivent en permanence toutes les données à traiter en parallèle.

L'interface avec les installations de radio fixes représente l'interface radio de données. Elle agit comme un processeur de prétraitement et prend en charge toutes les fonctions en vue d'assurer une radiocommunication des données optimale. Le dispatcher de la centrale de gestion communique avec le SAE au moyen d'un poste de travail équipé d'écrans couleur et d'un clavier spécial. Pour ce faire, il faut utiliser jusqu'à trois écrans. Le premier écran (écran standard) permet habituellement de dialoguer avec les véhicules. Le deuxième affiche les tableaux et diagrammes nécessaires pour le dispatching. Des graphiques peuvent être appelés sur le troisième écran.



Figure 3: Poste de commande à Stuttgart

L'information relative à la situation d'exploitation présente apparaît au dispatcher sous forme de tableaux ou de représentations graphiques. L'ensemble du réseau peut être appelé sous forme de représentations de sous-réseaux semi-graphiques ou de vues d'ensemble miniaturisées.

Les véhicules sont représentés par des blocs descriptifs qui contiennent le numéro de ligne, d'itinéraire, l'écart horaire et, le cas échéant, le taux d'occupation. La représentation de la ligne fournit une vue d'ensemble de toutes les courses d'une ligne.

Il faut distinguer les mesures de dispatching automatiques et conversationnelles. En présence d'une panne dans une plage de tolérance définie, le système calcule automatiquement les mesures à prendre et transmet par radiocommunication des instructions codées au chauffeur. Dans d'autres cas, la mesure est élaborée en mode conversationnel entre le dispatcher et l'ordinateur.

DESCRIPTION GENERALE DU SYSTEME D'AIDE A L'EXPLOITATION ADOPTE PAR S.P.M. TRANSPORTS DE BARCELONA POUR SON SERVICE DE BUS

En 1983, Barcelone entreprenait une étude pour examiner les possibilités et l'utilité d'installation d'un SAE.

En 1985, le matériel nécessaire à un système automatisé d'aide à l'exploitation de 150 autobus était commandé.

Au moment de l'installation, le souci principal a été d'adapter le système et de définir quelles informations devaient être disponibles aux arrêts.

Ce dernier point (la diffusion d'informations aux arrêts) fait maintenant partie du système.

Le SAE contrôle actuellement 150 bus assurant le service de 8 lignes.

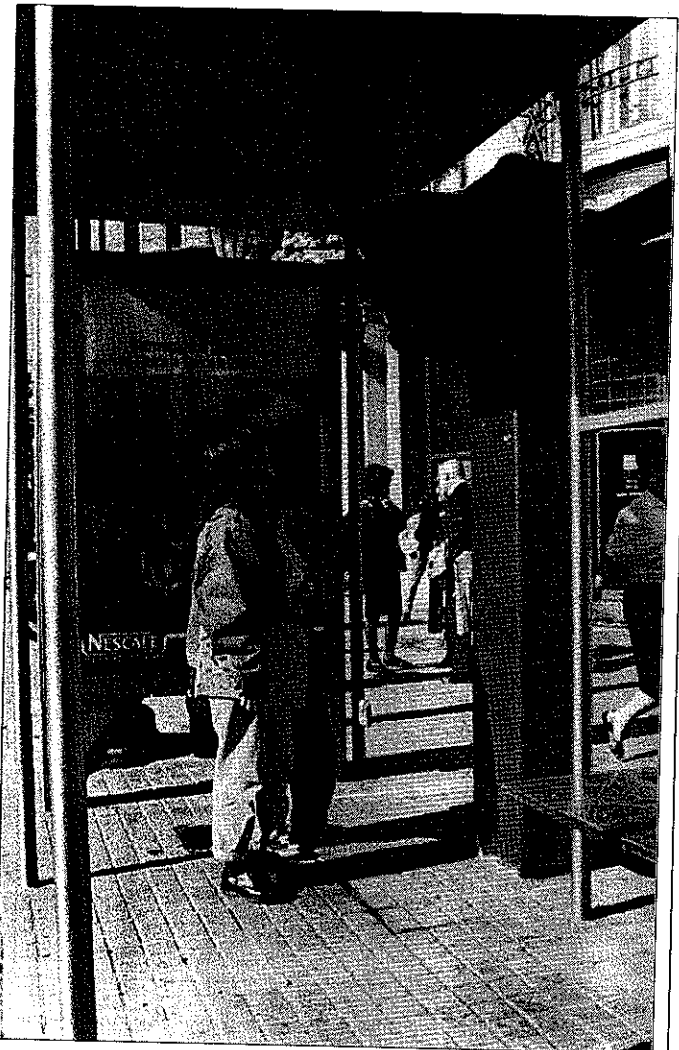
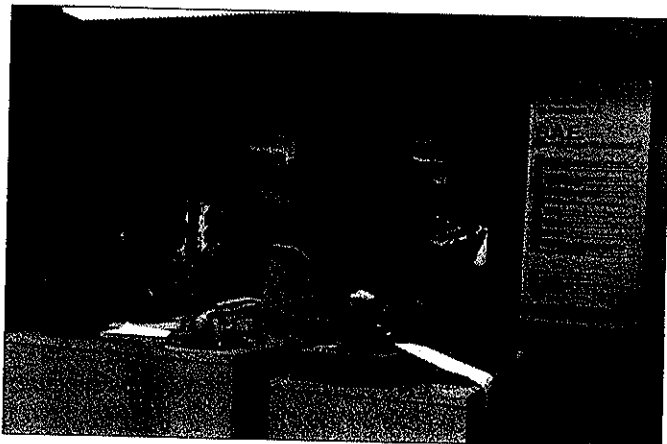
Au poste de commande centralisée, des ordinateurs - deux postes à écran graphique et un alphanumérique - sont utilisés.

Tout le système repose évidemment sur un logiciel adapté qui permet:

- de stocker les données des horaires;
- de calculer les divergences entre horaire théorique et effectif;
- d'envoyer des informations aux arrêts;
- de traiter des données statistiques;
- de donner des détails sur les perturbations pour que le service puisse être amélioré.

L'équipement de bord consiste en:

- un microprocesseur qui contrôle tous les instruments;
- un compte-tours connecté aux roues pour mesurer les distances parcourues;
- un dispositif radio qui assure la liaison entre le véhicule et le poste de commande centralisé;
- un terminal pour recevoir et transmettre des informations;
- un dispositif d'alarme silencieuse (cachée).



Il est prévu que divers autres instruments pour mesurer le niveau et la pression de l'huile, la charge de la batterie, etc, soient installés.

Des moniteurs diffusant les informations aux voyageurs ont été placés à quatre arrêts.

Les informations sur l'arrivée de chaque véhicule de chaque ligne est transmise par radio au moniteur.

Ces transmissions sont réalisées grâce aux techniques asynchrones qui permettent la transmission d'informations visuelles et sonores.

On prévoit actuellement de connecter au SAE un système de signalisation qui permettra au bus de bénéficier de la priorité dans certaines conditions.

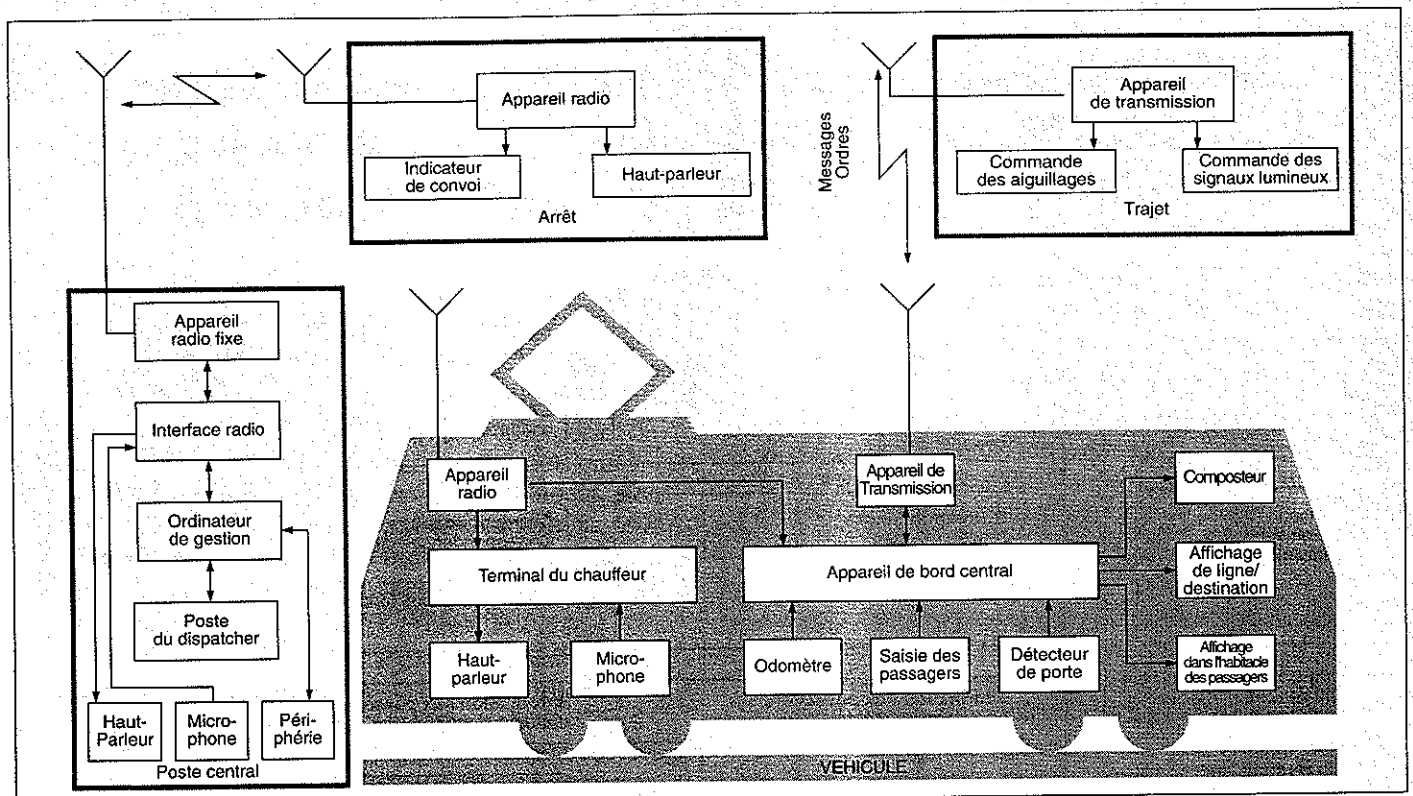


Figure 4: SPM Transport de Barcelone

L'enquête montre qu'un dispatcher contrôle environ 150-200 véhicules de ligne.

2.3.2 L'équipement des véhicules

Un appareil central de bord équipé d'un microprocesseur constitue le coeur de l'équipement du véhicule. Il coordonne le fonctionnement de tous les dispositifs d'exploitation du véhicule et pilote tout l'échange d'informations par radiocommunication et radiotéléphonie entre le véhicule et le poste central.

Le chauffeur entre en communication avec le SAE via son terminal. Les instructions du poste central apparaissent à l'écran du chauffeur sous forme de panneaux d'annonce ou de textes en clair.

Le terminal du chauffeur comporte aussi des touches spéciales pour commander les aiguillages et les systèmes de régulation du trafic. Divers dispositifs sont utilisés pour saisir la localisation du véhicule. Les systèmes électroniques sont les plus répandus. Avec environ 30 %, ils devancent les systèmes opto-mécaniques (15 %) et les solutions magnétiques (15 %). Les systèmes conçus sur le principe de l'effet Hall (7 %) sont moins usités.

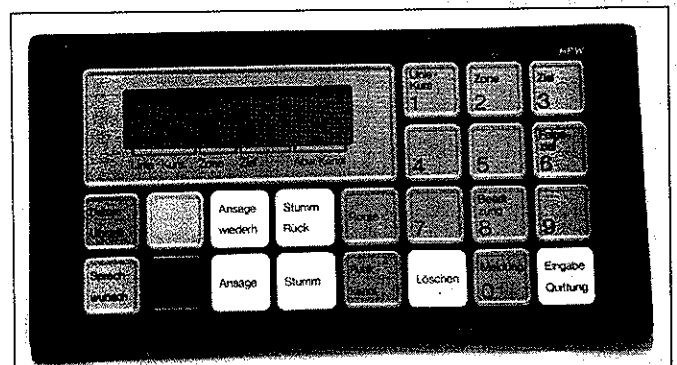


Figure 5: appareillage IBIS.

Dans la **localisation logique**, la position des portes du véhicule est contrôlée par des détecteurs de porte (contacts de porte).

Deux types de solutions techniques permettent de **saisir automatiquement le taux d'occupation**:

- Les appareils réagissant à la masse totale des passagers (appelés détecteurs de pesage) appartiennent au premier groupe. Sur des véhicules à suspension

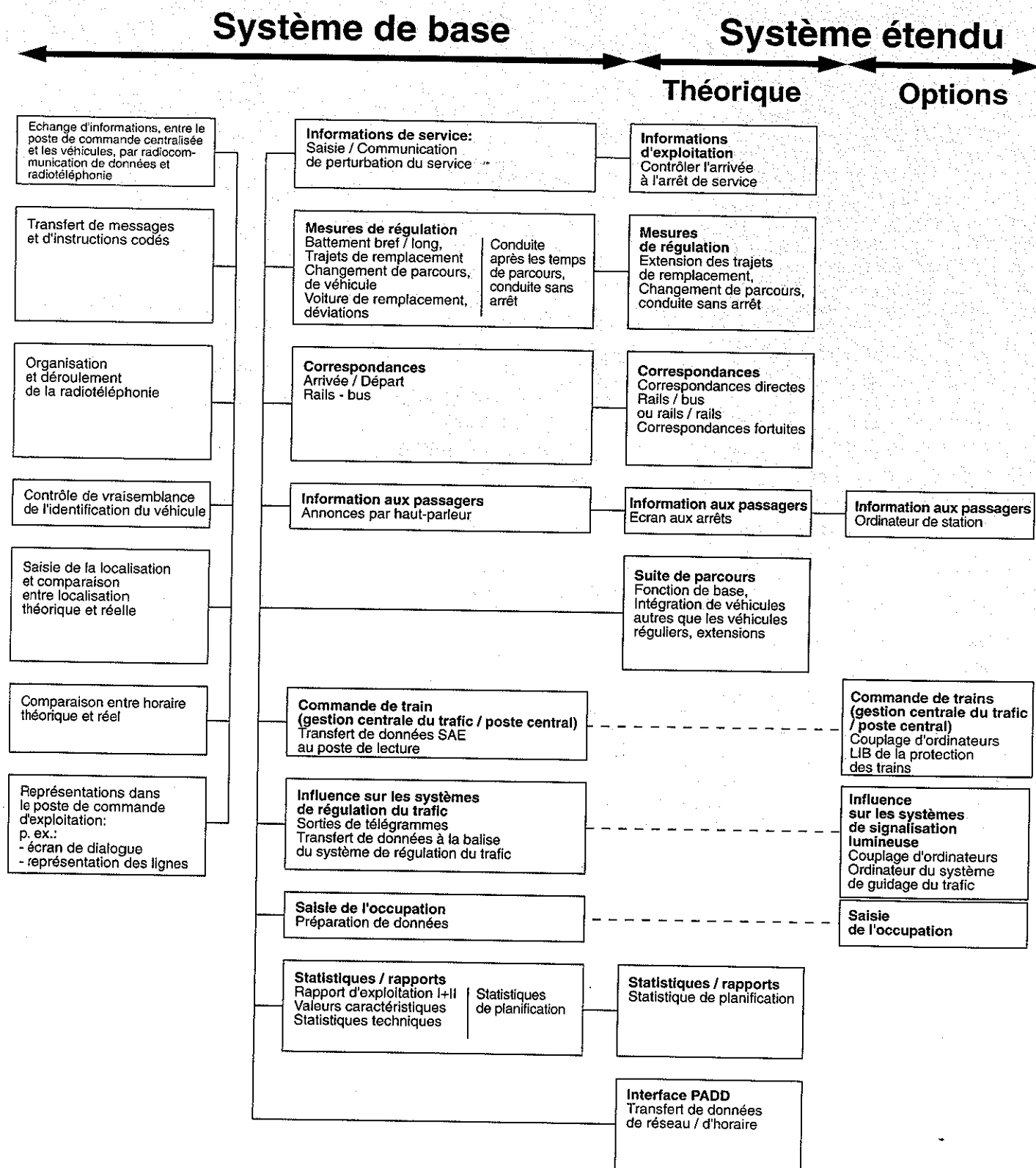


Figure 6: Système automatisé d'aide à l'exploitation de Stuttgart - concept fonctionnel.

pneumatique (p. ex. sur les bus et les tramways modernes), le changement de pression d'air est habituellement déterminé dans les boudins des ressorts pneumatiques. Sur des véhicules équipés d'autres systèmes de suspension (p. ex. tramways), des capteurs extensométriques sont utilisés.

- Le deuxième groupe compte les passagers qui montent et qui descendent. Des capteurs infrarouges montés dans toutes les ouvertures de porte du véhicule sont utilisés. Une autre possibilité consiste à employer des "marches de comptage" équipées de capteurs à contact ou capacitif qui réagissent à chaque passager. Une différence est établie entre les passagers qui montent et ceux qui descendent par des détecteurs placés par paires dans chaque ouverture de porte. Un bloc logique contrôle la succession des impulsions survenues. La saisie automatique du taux d'occupation dans le cadre du SAE est déjà appliquée par plus de la moitié des entreprises. 24 % emploient des détecteurs de poids, 9 % des barrières lumineuses doubles ainsi que des marches spécialement équipées.

Pour transmettre les informations entre le véhicule et les équipements au sol sur le trajet, un SAE moderne recourt principalement à des systèmes de transmission à ondes courtes et à infrarouge. Ces dernières années, les systèmes de transmission à infrarouge se sont de plus en plus répandus dans les SAE, car ils sont nettement plus économiques que les systèmes à ondes courtes.

2.3.3 Equipements au sol placés sur le trajet

Sur le trajet, des balises (points de signalisation) communiquent avec le véhicule. Elles peuvent au choix être configurées comme récepteurs ou comme émetteurs/récepteurs. Pour réduire les travaux de montage, les points de signalisation sont habituellement équipés d'une alimentation électrique autonome (piles au lithium intégrées d'une durée de vie de 1 à 5 ans). Des piles solaires sont déjà en partie employées. Il est aussi possible de connecter des dispositifs de commande des systèmes d'aiguillages et de feux de signalisation.

2.3.4 Equipements aux arrêts

Des arrêts plus importants peuvent être reliés au poste central par une transmission de données et un système de radiotéléphonie. Le SAE fournit aux passagers les informations nécessaires en temps réel par haut-parleur ou via un indicateur d'informations (indicateur par points, écrans ou panneaux d'annonce optiques).

2.3.5 Modularité du système

Les SAE modernes sont conçus de façon modulaire. Ainsi, les diverses fonctions d'un SAE peuvent être individuellement adaptées à l'exploitation. Une extension progressive du système est ainsi parfaitement envisageable.

3. LE PROCESSUS DE PRISE DE DECISION ET L'INSTALLATION

3.1. SAE-Planification et Installation

La mise en place d'un système d'aide à l'exploitation est un processus complexe. En général, cette initiative débute par la création d'un groupe d'étude.

Organisation formelle d'un groupe d'étude SAE

Le groupe d'étude se compose dans 73% des cas de:

- un groupe de travail interne (73%)
- consultants (46%)
- représentants du personnel (33%)

Il est à noter que 54% des installations se font sans le recours à un consultant, contrairement aux représentants du personnel, qui sont impliqués dans plus de 30% des cas. Nous reviendrons plus tard sur ce point.

La mise en place d'un SAE peut s'envisager de deux manières:

- introduction progressive de différentes fonctions simultanément sur l'ensemble du réseau, ou
- mise en place d'un système complet sur une partie de réseau avec extension progressive à l'ensemble de celui-ci.

Ces deux approches sont aussi courantes l'une que l'autre. L'équipement à mettre en service est particulièrement complexe, tandis que son exploitation requiert une étroite supervision de la fabrication et des tests:

- 58% des réseaux effectuent des tests pendant la phase de fabrication;
- au moins un prototype est construit dans 55% des cas, tandis que le système est d'abord implémenté sans action sur le réseau dans 27% des cas.

Niveau de distribution des systèmes installés

Un peu plus de la moitié des maîtres d'oeuvre des projets ont opté pour un système existant. Les autres ont mis au point leur propre système (ou ont confié ce développement à un tiers) ou ont adapté un système existant.

La standardisation est donc relativement limitée, des progrès et développements étant réalisés en continu en réponse aux demandes des exploitants de réseau portant sur des fonctions particulières ou des améliorations des systèmes existants.

3.2. Choix du fournisseur

Dans la plupart des cas (52%), le système choisi existait déjà et les critères qui ont présidé à la sélection étaient identiques, à savoir: éviter autant que possible le recours à un prototype, éviter les coûts de développement considérables, assurer une installation rapide. Toutefois,

Description générale du système SAE - Bruxelles (VSCS)

Les premiers tests du système SAE des transports en commun bruxellois ont débuté à l'automne 1987 sur 50 véhicules.

Deux lignes test ont été choisies, tandis que 350 conducteurs ont reçu une formation spéciale.

La généralisation du système à l'ensemble du réseau a été décidée à la fin 1988. En 1992, tous les bus, y compris 180 nouveaux véhicules, seront équipés.

À l'heure actuelle, 300 des 460 véhicules sont équipés du système. La supervision est centralisée, c'est-à-dire que tous les postes de régulation sont situés dans un local unique. La position des véhicules est calculée par les ordinateurs centraux. Ce système a recours à deux ordinateurs DEC VAX 11-750 conçus pour fonctionner en parallèle. En cas de panne d'une de ces deux unités, la seconde prend immédiatement le relais.

L'ensemble de la région bruxelloise est couverte par un émetteur unique.

Un canal données en full duplex à 2400 Bds dans la gamme des 160 MHz est dédié au système pour l'échange d'informations.

En fin d'installation, quatre canaux audio seront utilisés pour les contacts radio.

Le système est conçu pour assurer en 1 minute le monitoring d'une flotte de 1.000 véhicules. Chaque véhicule est scanné toutes les 40 secondes. La détection et la localisation des véhicules sont effectuées par des balises, des compteurs odométriques et des dispositifs de détection d'arrêt du véhicule. Lorsque l'horaire prédéfini n'est pas respecté, des informations correctrices sont envoyées au conducteur par le biais de l'écran de l'ordinateur embarqué.

Il est ainsi possible d'optimiser le départ suivant.

Chaque poste de régulateur est équipé de trois **terminaux** :

- un terminal alphanumérique avec clavier. Cet appareil est utilisé pour transmettre des informations aux ordinateurs de bord et pour communiquer avec l'ordinateur central.
- un terminal semi-graphique qui affiche les informations suivantes:
 - affichage graphique du véhicule le plus en avance et le plus en retard de chaque ligne.
- des terminaux graphiques qui affichent la localisation de tous les véhicules et leur position relative sur chaque ligne.

Le dispatching est aussi équipé d'un émetteur-récepteur pour permettre la communication audio avec chaque véhicule.

Si nécessaire, 12 postes de travail peuvent être installés; ces bureaux ont fait l'objet d'une étude ergonomique spécifique, tout comme l'interface de bord du conducteur.

Le matériel embarqué comprend:

- un ordinateur
- un émetteur radio relié au système d'informations sonores des passagers

- un écran affichant les messages alphanumériques destinés au conducteur
- des balises pour la localisation du véhicule et la gestion des feux de signalisation

Les canaux de communication suivants sont disponibles entre le conducteur et le dispatching central:

- en mode audio: le dispatching central est en communication vocale constante avec chaque conducteur

L'interphonie passagers peut aussi être utilisée. À bord des haut-parleurs permettent au conducteur ou au dispatching de communiquer des messages au public.

- en mode données: l'ordinateur embarqué affiche automatiquement des informations à l'intention du conducteur, par le biais de codes ou de messages ordinaires. Le conducteur peut répondre à ces informations par le clavier.

Ce système garantit un net perfectionnement de la gestion statistique, et notamment l'optimisation des horaires théoriques, l'amélioration de la régularité des lignes, grâce aux procédures et algorithmes de régulation. Un système automatique d'information aux passagers est également prévu dans les nouveaux véhicules.

Si les résultats sont positifs, le système pourrait être étendu au réseau de tramways.

RESEAU

Méto	2 dessertes	32 km de lignes 53 arrêts 80 rames 420 places	
Tramways	14 dessertes	134 km de lignes 7 en tunnel 59 en site propre 68 en voirie 12 arrêts	
61 véhicules	3 voitures	4 sections	179 places
128 "	2 "	3 "	157 "
82 "	1 "	2 "	102 "
Bus	38 dessertes	289 km de lignes (5,4 km en site propre) 25 articulés 464 standards	130 places 80 places
Minibus pour handicapés		- sur demande - 15 minibus	
Passagers	188 00 00/an (* 600.000/jour ouvrable)		

42% des projets ont assuré le développement de leur propre système ou ont eu recours à des systèmes modifiés.

Les raisons invoquées sont les suivantes:

- nécessité de satisfaire à certains besoins spécifiques internes.
- assistance des pouvoirs publics dans le développement, généralement dans l'optique d'une promotion industrielle.
- disponibilité de ressources de développement internes.

Critères de choix du fournisseur:

- les performances du système proposé (61%)
- la compétence professionnelle et les références (55%)
- le coût (55%)

3.3. Durée de l'installation

La durée de l'installation est souvent longue et peut même être plus longue que prévu. Néanmoins, dans certains projets, il a été possible de mettre en place un système opérationnel, en ayant recours à des systèmes existants, dans les 2 à 3 ans suivant le signal de départ officiel.

Divers éléments peuvent retarder le processus: prise de décision, intervention de décideurs extérieurs (au niveau administratif ou politique), disponibilité des fonds. Dans le cas des nouveaux projets, les problèmes techniques viennent souvent retarder l'installation définitive, qui n'a généralement lieu qu'après 4 ou 5 ans (voire 10 ans).

	Durée d'installation prévue (en mois)			Durée réelle d'installation (en mois)		
	min	moy	max	min	moy	max
Prise de décision	3	10	24	3	16	48
Spécifications	4	10	12	8	14	24
Fabrication/Installation/Tests	6	14	24	12	20	36
Essais	6	9	12	9	12	18
Total (du projet à l'exploitation)	15	40	60	24	62	120

Tableau 3: Durée de mise en oeuvre

3.4. Expérience et recommandations

Il a été demandé aux maîtres d'oeuvre de projets déjà réalisés de fournir leurs conseils quant à la manière d'éviter les erreurs et de gagner du temps. On peut regrouper par thème les difficultés rencontrées et les manières de les éviter.

La plupart des opérateurs mettent l'accent sur la complexité technique du matériel, sur l'importance de la préparation et sur la rigueur du contrôle pendant la fabrication et l'installation, ainsi que sur la formation. Les

retards dans l'installation sont généralement liés à un ou plusieurs des facteurs ci-avant.

Objectifs - Spécifications

Certains opérateurs soulignent la nécessité de définir des objectifs (que doit faire le système ?), avant d'élaborer les spécifications. Pour s'assurer que le système est correctement adapté aux besoins, il est souvent fortement conseillé de préparer les spécifications avec le personnel qui sera responsable de son utilisation.

Développement

Certains opérateurs mettent en garde contre une trop large dispersion des activités de développement et de conception. Le nombre d'intervenants dans le projet doit être limité autant que possible. Le maître d'oeuvre doit être capable de contrôler le développement de près et de préparer lui-même son support logiciel. Il convient aussi de savoir que les systèmes existants doivent être adaptés aux conditions spécifiques d'exploitation du nouveau projet. Dans cette optique, il est souvent nécessaire de construire un prototype et d'effectuer des essais plus ou moins prolongés. Les tests portant sur des éléments individuels ne sont pas suffisants. Plusieurs opérateurs ont suggéré de mener à bien une expérience-pilote, suivie d'une évaluation et d'une redéfinition des objectifs, préalablement à l'installation définitive du système. Autre suggestion: une approche modulaire permettant un développement progressif, en fonction des besoins d'exploitation et des possibilités techniques. Les performances du système dépendent dans une grande mesure de la qualité des communications radio. Il convient de prendre toutes les mesures voulues pour s'assurer de l'efficacité et de la fiabilité du matériel de communication radio.

En règle générale, il convient de ne pas sous-estimer le délai nécessaire pour le planning, l'installation et les tests.

Informations de base

Le meilleur système du monde ne peut effectuer un suivi correct des véhicules sans informations exactes. La mission qui consiste à organiser, récolter, mettre à jour et contrôler les données de base est trop souvent négligée et sous-estimée, avec pour conséquence un impact négatif sur les performances du système.

Procédures de régulation

Le fait de savoir en temps réel qu'un événement se produit sur le réseau et la réaction à cet événement sont deux choses totalement distinctes. Dans ce cadre, deux facteurs sont importants:

- La nécessité de mettre au point des procédures de régulation efficaces: ces procédures sont d'autant plus difficiles à mettre en oeuvre que les conditions sont perturbées.

Public Transport Corporation, Melbourne - Australia

Système Automatisé d'aide à l'Exploitation

FONCTIONNEMENT

Le Système Automatisé d'aide à l'Exploitation (SAE) a recours à des techniques informatiques et radio sophistiquées pour permettre une gestion plus efficace du parc de trams et de bus et une plus grande sécurité des passagers et des préposés.

Le système SAE localise les bus et les trams en temps réel et avec une très grande précision.

Le système SAE se compose d'un ordinateur central situé au poste de commande centralisée, qui saisit des informations et traite des données véhicules à mesure de leur réception. Les données sont échangées entre le POC et les véhicules par le biais d'un réseau radio et informatique à deux voies étendu à toute la zone urbaine.

Les balises de localisation (émetteurs radio à faible puissance), qui sont installées à des points précis de chaque itinéraire, fournissent des informations de base sur les déplacements des véhicules. Après être traitées par le matériel SAE embarqué dans le véhicule, ces données sont envoyées au POC. L'ordinateur central traite alors les informations afin de déterminer la conformité de la progression avec l'horaire (en avance, à temps, en retard). Cette conformité horaire est transmise au véhicule et affichée devant le conducteur.

L'ordinateur central met continuellement à jour l'affichage graphique du statut et de la localisation de tous les véhicules SAE de la flotte.

Lors de la définition de la localisation et du statut du véhicule, l'opérateur (Opérateur de Contrôle Central) peut décider d'appliquer une stratégie de contrôle afin de réduire ou d'éviter les problèmes opérationnels.

Les capacités de communication radio du SAE permettent au OCC de dialoguer directement avec le conducteur du véhicule et de faire des annonces aux passagers.

Une des fonctions-clés du SAE réside dans son dispositif d'alarme. Dès que l'alarme silencieuse (cachée) est activée par le conducteur, l'alarme d'urgence est relayée au POC dans les 10 secondes. Le OCC peut dès lors avertir la police ou tout autre service d'urgence par le biais d'une ligne téléphonique directe.

Le SAE est également prévu pour traiter les données opérationnelles de transit récoltées quotidiennement. Les données récoltées sont disponibles sous la forme de rapports d'information qui sont utilisés pour revoir les horaires et optimiser les fréquences.

DIMENSION DU SYSTEME ET POSSIBILITES D'EXTENSION

1.200 tramways et 300 bus ont été équipés de matériel SAE de bord. Pour des raisons de calendrier, les autres véhicules seront équipés dans la deuxième phase du projet. La capacité totale du système est de 2.000 véhicules, comprenant environ 10 liaisons informatiques et 10 canaux vocaux.

PRINCIPAUX AVANTAGES

Les rapports d'information sont élaborés et utilisés pour la planification, l'établissement des horaires et la programmation des itinéraires et des services.

Le système renforce la sécurité et la protection des préposés et des passagers grâce à son très efficace système d'alarme.

Le service à la clientèle peut être amélioré et l'efficacité des opérations optimisée par un meilleur respect des horaires et une progression plus fluide des véhicules.

DETAILS TECHNIQUES

Matériel de bord

- Emetteur/récepteur FM mobile 25 W, 25 canaux UHF 500-520 MHz, 25 KHz d'écartement des canaux
- Unité informatique mobile

Interfaces et commandes:

- Radio UHF
- Récepteur balises (38 MHz)
- Compteur kilométrique et capteurs de portes
- Commandes conducteur
- Amplificateur radiophonie passagers
- Lecteur de carte d'itinéraire

Communication radio des données

Technique de modulation 1200 Hz/1800 Hz - Structure télégramme 72 bit Single Cycle Frequency Shift Keyed

Synchronisation	8 bit
Message	48 bit
Bloc de contrôle d'erreur	16 bit
Canaux données	3
Débit	8 télégrammes/sec/canal

Efficacité actuelle du système:

- Cycle maximum de polling 20 sec/véhicule
- Connexions/jour 900.000
- Coefficient réel de débit > 85%

Système informatique central

Liaisons données avec la station de base: 2400 bps synchrone - DEC PDP 11/44 (duplicated warm standby)

Processeurs des consoles de contrôle (1 pour 2 opérateurs)

- PDP 11/73
- AYDIN 5217 Keyboard/Text Monitor
- GRINNELL GMR 27-20
- Système de gestion d'affichage graphique
- * écrans couleurs

Système central de communication vocale par radio

Système Motorola CENTRACOM (6 positions, 5 canaux vocaux AVI, 4 canaux "manuels")

- Enregistreurs numériques Rapid Recall
- Voice Logger RACAL double à 32 canaux
- Réseau Radio

La communication voix et données est assurée par un réseau radio UHF, à partir de deux stations radio centrales et de deux stations périphériques (Phase 1).

Balises

250 balises à émetteur radio de faible puissance; la longévité de leur batterie est de 5 ans environ.

- La qualité de la formation du personnel: souvent, la formation à la régulation est plus difficile que prévu, la mise en oeuvre et la complexité des remèdes possibles étant généralement sous-estimées.

Personnel et formation

Les recommandations communément formulées à cet égard portent sur la motivation, l'information et la formation du personnel et le degré d'acceptation du projet par le personnel. Mention est également faite (surtout dans les projets de très grande envergure) de la nécessité d'impliquer tous les départements et divisions, jusqu'au niveau de la haute direction.

3.5. Implication du personnel - Formation

L'implication du personnel dans la prise de décision, la planification et l'installation est généralement grande, et plus particulièrement lors de la phase de mise en place (82%) et au niveau du groupe d'étude (30%). La grande majorité des opérateurs (94%) considère que l'implication du personnel est une des clés de voûte du succès. Cette vision des choses est largement partagée par les 15% d'opérateurs qui ont rencontré des problèmes avec les organisations syndicales. La formation du conducteur comprend généralement une période de formation pratique souvent accompagnée d'instructions écrites. La formation vidéo est aussi parfois utilisée. La durée de la formation varie considérablement. Elle s'étend d'une heure à deux jours, avec une moyenne d'une demi-journée à une journée.

3.6. Support politique

Le support politique dont bénéficie le système, s'il n'est pas indispensable, n'en constitue pas moins une garantie complémentaire de succès. C'est très probablement la raison pour laquelle les projets ont bénéficié de l'appui de l'autorité publique dans plus de 60% des cas.

Cette situation est due au fait que les transports de surface dépendent des autorités locales responsables de l'administration de l'infrastructure routière, partagée avec les autres usagers de la route.

Le système SAE révèle les problèmes de circulation et de respect des horaires. Il fournit des informations de base servant de fondement à des propositions relatives:

- aux mesures d'aménagement de la circulation urbaine et de priorité aux carrefours,
- à la demande de sites propre,
- à la télécommande des feux de signalisation.

Le système SAE contribue à quantifier les répercussions financières des perturbations du trafic (allongement des durées des rotations, d'où la nécessité d'étoffer le parc de véhicules et un gonflement des frais d'exploitation). Il sensibilise ainsi les pouvoirs publics responsables de la

prise en charge des déficits d'exploitation. Le financement du SAE (souvent assuré au moins partiellement par les pouvoirs publics) offre à l'opérateur une autre occasion de convaincre ces pouvoirs publics de la valeur du système.

Les autres arguments cités sont les suivants:

- la possibilité d'offrir des informations complémentaires aux passagers, en collaboration avec les pouvoirs publics locaux;
- la possibilité de faire connaître les avantages du système par les médias locaux.

Le SAE n'est pas une panacée susceptible de résoudre d'un seul coup tous les problèmes d'exploitation. Il permet néanmoins de circonscrire les mesures d'accompagnement qui s'imposent et, lorsqu'elles sont mises en application, d'en mesurer les effets. Dans toutes les autres hypothèses, le SAE ne sera qu'un alibi pour se donner bonne conscience, une prétendue "mesure en faveur des transports en commun".

4 La rentabilité de systèmes automatisés d'aide à l'exploitation

Il est surtout très difficile de justifier la rentabilité de systèmes automatisés d'aide à l'exploitation, car, aux niveaux quantitatif et monétaire, leur utilité n'est que partiellement évaluable. En revanche, les coûts peuvent se calculer aisément par comparaison en faisant appel aux outils de la comptabilité d'exploitation.

4.1 Bases de calcul des coûts des SAE

Les dépenses en SAE sont essentiellement consacrées aux dispositifs centralisés, aux composants des véhicules et aux équipements au sol placés sur le trajet. La distinction entre des dépenses d'investissement uniques (investissements) et des dépenses annuelles courantes s'impose.

4.1.1 Investissements

L'entreprise de transport doit d'abord installer le SAE. Pour ce faire, elle doit recourir à des investissements dont les amortissements et les intérêts apparaîtront dans le compte de résultats sous forme de dépenses courantes.

Le montant des investissements dépend de divers facteurs:

Facteurs quantitatifs		Facteurs qualitatifs
Nombre de lignes		Répertoire des fonctions
Nombre de véhicules		Normes de sécurité
Nombre d'arrêts		Besoins d'informations
Longueur de trajet		Passagers
Nombre de points de jonction		Service
		Qualité des résultats

L'automatisation de la gestion de l'exploitation dans le transport en commun suburbain moscovite

Actuellement, Moscou compte environ 9 millions d'habitants et occupe une superficie de 106.000 hectares. Le parc de véhicules desservant cette superficie s'élève à 8.000 bus, 2.000 trolleybus et 1.220 voitures de tramway. Il s'agit du plus vaste réseau de transport urbain du monde.

Une des principales mesures d'amélioration du trafic public routier moscovite réside dans une organisation efficace du transport régulier.

Quotidiennement, des bus réguliers, des trolleybus et des tramways parcourent environ 200.000 trajets. Chaque trajet doit être contrôlé et évalué qualitativement. Le dispatcher doit intervenir en cas de besoin. Pour saisir ce problème à la base, un programme d'automatisation de la gestion de l'exploitation du transport en commun a été mis au point à Moscou. Ce programme repose sur l'utilisation d'un système automatisé d'aide à l'exploitation abrégé en "ASU-Rejs". Il est actuellement en cours de réalisation.

La radiocommunication des données est développée dans la gamme de fréquences des 330 MHz avec une vitesse de transmission de 1.200 bauds. La localisation physique du véhicule s'effectue avec des odomètres et des émetteurs de codes optomécaniques qui sont configurés comme émetteurs à ondes courtes et fonctionnent dans la gamme de fréquences des 820 MHz. L'ordinateur de gestion repose sur une configuration à deux ordinateurs.

Le taux d'occupation du véhicule est saisi automatiquement par des détecteurs de poids. L'"ASU-Rejs" saisit les messages et instructions qui circulent entre le véhicule et le poste de contrôle, par exemple:

- du chauffeur:
appels pour demander une assistance technique, la police, les pompiers, une aide médicale;
- au chauffeur:
"accélérer/ralentir", "l'horaire n'est plus d'application", le début ou la fin du temps de travail ou la pause de midi.

Pour le moment, la première phase de l'"ASU-Rejs" s'applique à l'exploitation d'un parc de véhicules de 500 bus.

Un an après sa mise en oeuvre, il s'avère déjà que les transports sont plus ponctuels et plus réguliers. Des

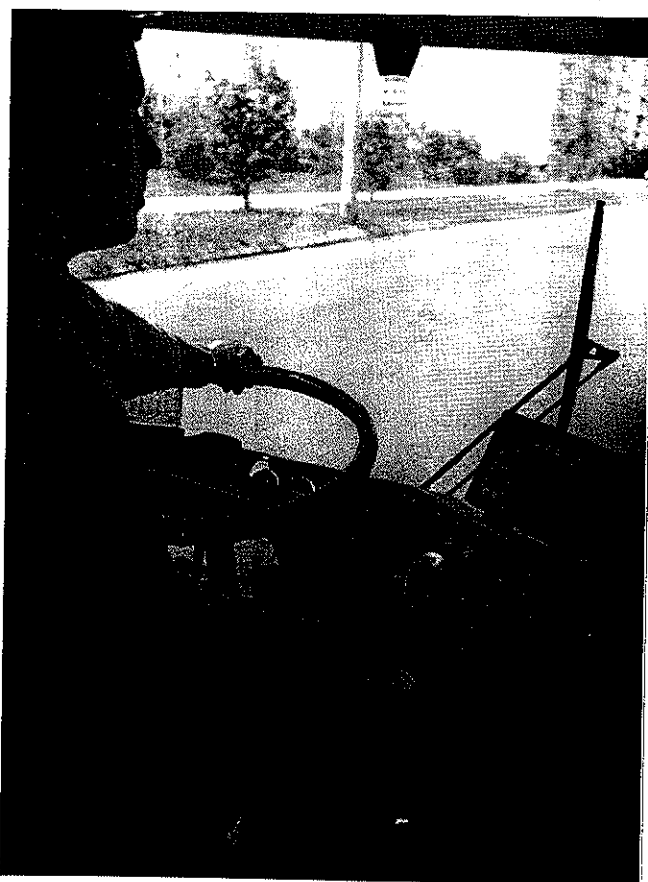
enquêtes précises ont démontré que la ponctualité mesurée à tous les arrêts avait augmenté de 50 %.

Avant d'introduire le SAE, la gestion de l'exploitation était assurée par des dispatchers postés à tous les terminus et en contact direct avec le chauffeur.

Le SAE a permis de réduire considérablement le temps nécessaire pour détecter des perturbations qui est passé de 30-45 minutes en moyenne à quelques minutes seulement. Il a en outre amélioré la gestion des perturbations et les conditions de travail des employés.

Le temps d'attente des passagers aux arrêts a en moyenne été réduit de 12 %.

Il est prévu d'étendre, au cours des cinq prochaines années, le SAE "ASU-Rejs" à tout le réseau de transport public de surface (bus, trolleybus, tramways).



Alors que les dépenses d'investissement destinées à la centrale de gestion (configuration informatique, radio, etc.) sont considérées en bloc comme des investissements de base, les investissements relatifs au véhicule et au trajet dépendent du nombre de composants concernés:

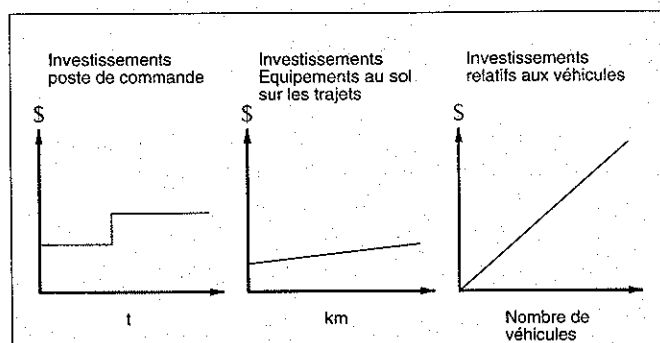


Figure 7

Ces liens schématiques se retrouvent globalement dans les résultats de l'enquête.

L'investissement global augmente obligatoirement avec la taille du SAE. Toutefois, plus le nombre de véhicules impliqués dans le système est élevé, plus le SAE devient avantageux. En effet, il ne reste plus qu'à ajouter les dépenses spécifiques au véhicule et la somme consacrée en moyenne au véhicule diminue toujours (effet dégressif). L'enquête le confirme:

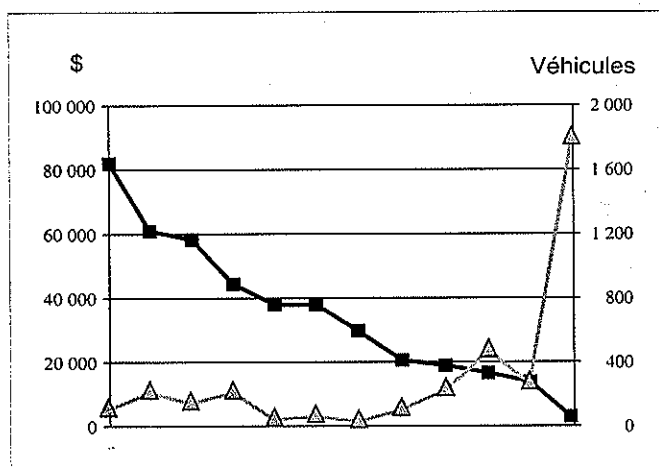


Figure 8

Quels que soient les avantages d'exploitation, il s'avère aussi pour cette raison qu'il est économiquement judicieux d'intégrer le maximum de véhicules dans un SAE existant.

Les chiffres relatifs aux investissements globaux consacrés à un SAE varient entre environ 434.000 dollars et 18,7 millions de dollars. Les ordres de grandeur suivants ont été cités pour les divers composants:

Investissements initiaux par composant

Ordinateur	60.000	à	10.000.000
Périphérie	10.000	à	1.000.000
Logiciel	240.000	à	5.178.000
Postes de régulation	1.000	à	196.700
Équipement du véhicule	900	à	20.000
Équipement au sol du trajet	1.000	à	25.000
Radiocommunication	5.000	à	280.000
Installation	6.700	à	483.000
Formation	3.000	à	285.000

Figure 9: Investissement par composant SAE (en dollars)

Les investissements mentionnés sont des valeurs indicatives minimales et maximales spécifiques aux composants sur la base de 23 systèmes SAE réalisés. Les investissements nécessaires pour un SAE n'y apparaissent donc que dans une mesure limitée.

Base de calcul d'un véhicule

Les investissements nécessaires pour un SAE sont de préférence perceptibles en prenant toujours comme base de calcul un véhicule pouvant être équipé du SAE. A cet égard, une distinction peut être établie en fonction de l'âge des systèmes et des branches d'exploitation concernées.

Comme le montre clairement une comparaison internationale, le niveau de prix des investissements en SAE a aussi augmenté ces dernières années. A cet égard, la hausse générale des prix et les exigences techniques accrues n'ont pas pu être compensées par la diminution des prix des composants électroniques. L'enquête montre en outre que, sur base d'un véhicule individuel, un simple SAE pour bus coûte nettement moins cher que des systèmes destinés au transport sur rails, voire des systèmes combinés. Les deux semblent plausibles.

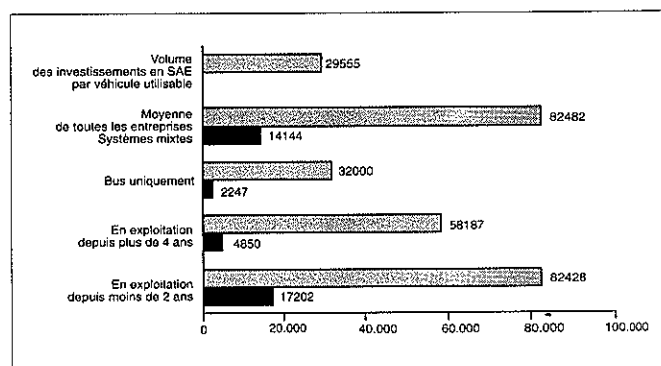


Figure 10: Volume des investissements en SAE par véhicule utilisable

RATP, Paris

Présentation d'ALEXIS

(Système d'Aide à L'EXploitation et d'Information des voyageurs)

Alexis, SAEIV (Système d'Aide à l'Exploitation et d'Information des Voyageurs) de la Régie Autonome des Transport Parisien appartient à une famille d'outils maintenant présents sur plusieurs réseaux français et étrangers. Il faut toutefois noter plusieurs particularités.

Un choix technique

D'abord, le choix de la RATP d'écrire, en partie, son propre logiciel afin de mieux prendre en compte le contexte d'exploitation difficile du réseau parisien lié à la saturation routière de la voirie.

Un travail important a été réalisé sur la régulation en temps réel avec la prise en compte, pour un véhicule donné, de l'historique des temps de parcours des bus qui ont circulé dans la 1/2 heure précédente.

Ces mesures, moyennées et actualisées toutes les 20 secondes, donne une prévision fiable du temps que mettra le bus pour se rendre en un point donné.

Une information voyageurs fiable

Cette information est utilisée pour fournir aux voyageurs le temps d'attente prévu pour les deux prochains bus de passage à cet arrêt.

L'information aux voyageurs, présente aux points d'arrêt importants, est complétée par un affichage spécifique si le bus attendu est partiel (cf cliché joint).

Des machinistes, acteurs de l'exploitation

Une autre utilisation de l'estimation du temps de parcours réside dans l'affichage dynamique, sur le pupitre des autobus, de l'heure de passage au prochain point de régulation en ligne.

Il est également possible d'afficher sur ce même pupitre les intervalles avec la voiture qui précède et celle qui suit (cf planche jointe).

Suivant le type d'exploitation utilisé sur la ligne, et en associant des machinistes informés sur les objectifs attendus, on gère soit la ponctualité aux points de régulation et aux terminus sur une ligne à horaire, ou bien la régularité des intervalles entre bus sur une ligne à forte fréquence.

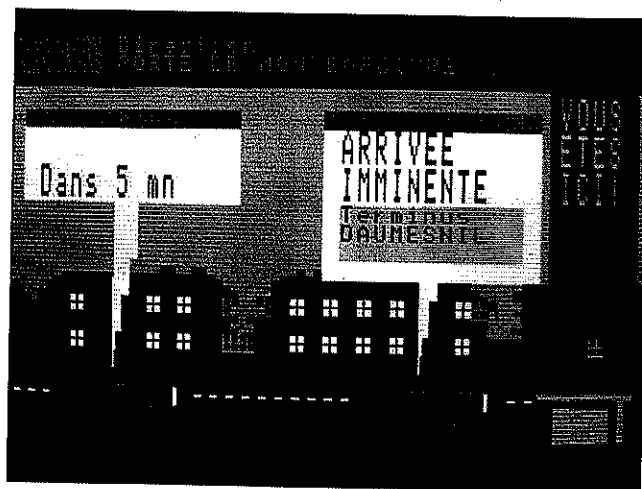
Des contrôleurs mieux informés

L'autre dimension de l'exploitation, le trafic voyageurs, est évaluée à l'aide de capteurs de charge (jauges de contrainte) qui mesurent la masse de voyageurs embarqués. En tenant compte d'un poids moyen, il est fourni aux contrôleurs responsables de l'exploitation, le taux de remplissage des bus en ligne.

Cette donnée, complétée par l'information du décalage temporel des bus permet aux contrôleurs de prendre la décision judicieuse qui permet de gérer au mieux, en temps réel, le compromis optimum de la gestion des moyens disponibles et du service rendu à la clientèle.

Un tableau de production plus fiable

L'arrivée du SAEIV a permis d'informatiser complètement la chaîne du traitement des temps de parcours. La programmation des campagnes de chronométrages se font sur le SAEIV qui enregistre les données. Ces données sont ensuite transférées sur la CAO des outils CHIC qui permettent de dépouiller le chronométrage, de le comparer à l'horaire en service voire d'adapter cet horaire si nécessaire.



RATP

Influence du répertoire des fonctions

Les investissements sont aussi en corrélation positive (coefficient de 0,5) avec les fonctions d'exploitation souhaitées. Les entreprises ont atteint entre 32 et 61 % des 74 utilisations possibles proposées dans le questionnaire. Une sélection opérée parmi de nouveaux SAE (en exploitation depuis 0-2 ans) montre les rapports suivants:

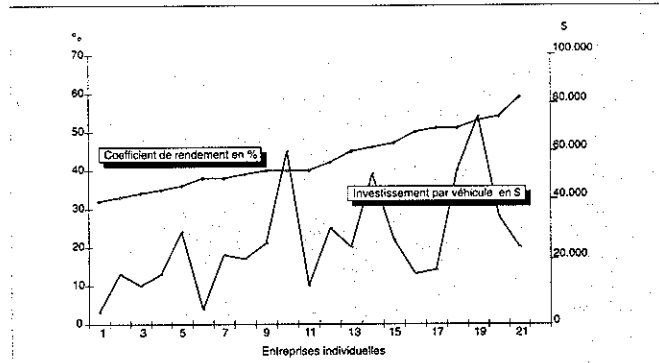


Figure 11: Rendement global du SAE en fonction des investissements moyens consacrés au SAE

Un plus grand nombre de fonctions est synonyme de supplément de coût - un rapport simpliste. Toutefois, ce rapport n'est que relativement proportionnel et il est de temps à autre quelque peu confus, ce qui ressort aussi de la figure.

Subventions

Lors de leurs investissements initiaux en SAE, 43 % des entreprises ont reçu des subventions en vue de faciliter leur accès au système en finançant la première installation. Il est important de constater l'énorme proportion de financements à 100 % accordés à 1/5 des entreprises.

46 % des subventions proviennent de gouvernements nationaux, 33 % de pouvoirs régionaux et départementaux et 9 % des municipalités.

Le volume des subventions n'est manifestement pas plafonné. Les projets SAE ayant fait l'objet des plus gros investissements (18,7 millions de dollars et 16 millions de dollars) ont été entièrement subventionnés.

Les subventions accordées au SAE dépendent habituellement de diverses conditions. Par exemple, en République fédérale d'Allemagne, il faut:

1. qu'il s'agisse d'une nécessité urgente pour le trafic,
2. que sa rentabilité puisse être démontrée,
3. que certaines exigences minimales posées au système soient satisfaites.

Volume des subventions	Nombre d'entreprises	
	absolu	en %
100	6	20
75 - 90	4	13,3
50 - 60	8	26,7
20 - 40	3	10
0	9	30
	21	100

Figure 12

4.1.2 Dépenses annuelles courantes

Les dépenses annuelles suivantes spécifiques au SAE se répartissent en moyenne comme suit:

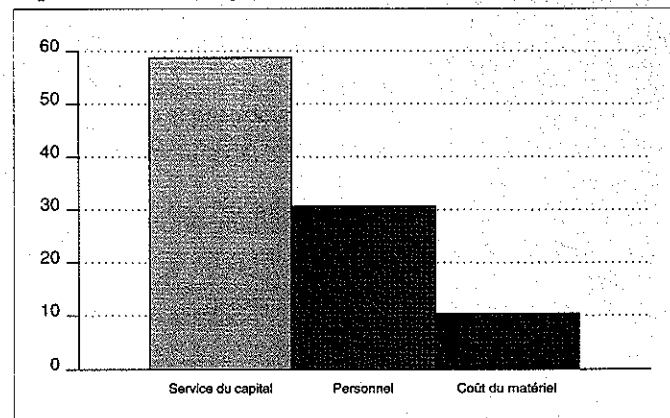


Figure 13: Parts des dépenses SAE en %

Sur base des résultats de l'enquête, les dépenses annuelles absolues d'un SAE sont les suivantes:

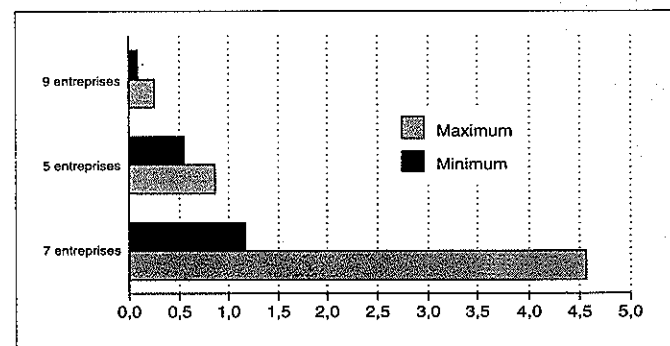


Figure 14: Marge des dépenses annuelles en SAE en milliers de dollars

Les variations dépendent de facteurs propres aux entreprises ainsi que de caractéristiques nationales. Les subventions d'investissement octroyées produisent aussi leurs effets. Ainsi, les coûts des amortissements et des intérêts disparaissent quasi entièrement dans le groupe 90-255 mille dollars. De plus, pour les entreprises qui

Description générale du système central de surveillance et de contrôle des bus installé à Rome par l'Atac

Un premier système central de contrôle des bus a été testé par notre compagnie municipale en 1979. Ce test portait seulement sur 30 véhicules d'une seule ligne (99).

Les résultats de ce premier test (et notamment les liaisons radio avec les conducteurs) ont constitué un fondement important à l'élaboration du projet-pilote définitif, qui a été lancé en 1988 sur 2 lignes et 50 véhicules.

A l'heure actuelle, la configuration informatique se compose d'un ordinateur HP/1000, de deux moniteurs et d'une imprimante.

Les véhicules sont équipés d'une unité de bord, qui se compose de:

1. 1 micro-téléphone (pour communications vocales)
2. 1 clavier (pour l'introduction de messages codés)
3. 1 pédale de télé-alarme
4. 1 compteur kilométrique totalisant la distance parcourue
5. 1 dispositif de pesage enregistrant le nombre de passagers à bord

Sur la route, le système a recours à:

- 7 balises installées à des endroits précis de l'itinéraire, afin de mesurer l'intervalle entre le passage des bus.
- 1 signal d'arrêt expérimental, équipé d'un écran spécial, qui informe les passagers de l'heure réelle du passage du bus, du sens de circulation des véhicules et d'autres sujets d'intérêt général.

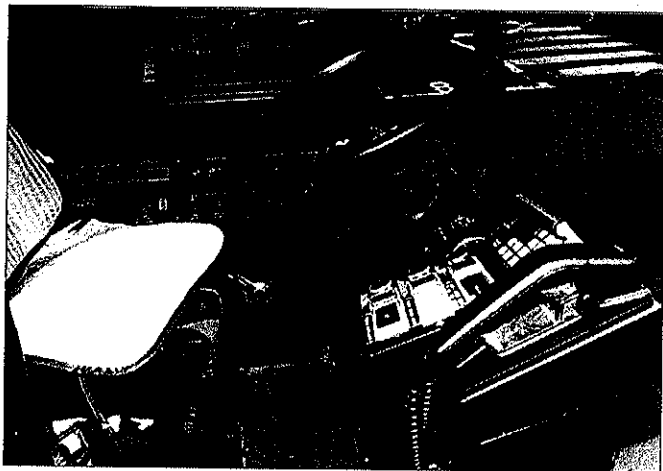


Un poste radio à deux voies assure la liaison radio (voix et données) (deux canaux dans la gamme VHF).

Dans l'optique d'une amélioration du système de communication et conformément aux nouvelles dispositions légales, la station de radio utilisera dès que possible 4 canaux en dispositif dédoublé.

De ce fait, l'expérience sera étendue à plus de 200 véhicules et 50 arrêts. Le système contrôlera près de 1.000 véhicules sur chaque canal. Les informations récoltées toutes les 20 secondes nous permettront de:

1. localiser chaque véhicule
2. vérifier et calculer la durée du trajet (conforme ou non conforme à la durée programmée)
3. récolter des informations statistiques sur la durée des trajets ou le nombre de passagers
4. réguler les départs de véhicules au terminus.



n'ont reçu aucune subvention d'investissement, le service du capital seul représente entre 52 et 89 % des dépenses courantes du SAE.

Description générale du système central de surveillance et de contrôle des bus installé à Rome par l'ATAC

Pour 12 % des entreprises, les subventions directes des charges d'exploitation allègent le budget.

Pour analyser la rentabilité, il est moins intéressant de prendre en considération les coûts de SAE en valeur absolue. Il faut plutôt examiner leur part relative dans les autres dépenses de l'entreprise. Le budget annuel et les frais d'entretien et de gestion courants par véhicule servent de critères de comparaison.

Pour la vaste majorité des entreprises, les **dépenses spécifiques au SAE oscillent entre 0,4 % et 1,4 % des dépenses globales.**

Par rapport au parc roulant utilisable et supportant le SAE, les **dépenses annuelles de SAE par véhicule varient entre**

650 \$ et 6.000 \$ (entreprises subventionnées)
5.900 \$ et 13.200 \$ (entreprises non subventionnées).

La signification de ces chiffres est plus évidente si on les compare aux charges d'exploitation moyennes par véhicule qui peuvent être fixées, par an, à 190.000 \$ pour un bus et à 670.000 \$ pour un véhicule sur rails.

Les coûts spécifiques au SAE oscillent dès lors entre

- 0,2 % et 2,4 % pour des entreprises exploitant uniquement des bus
- 0,2 % et 1,8 % pour des exploitations mixtes (subventionnées)
- 1,4 % et 4,0 % pour des exploitations mixtes (non subventionnées)

des dépenses annuelles moyennes consacrées aux véhicules.

Une **moyenne** pourrait être égale à 1-2 %, ce qui, toujours sans tenir compte du facteur "utilité", semblerait constituer des ordres de grandeur judicieux que les entreprises de transport dépensent pour rendre le transport plus fiable.

4.1.3 **Éléments de coûts fixes et variables du SAE**

Les coûts fixes de SAE (et surtout les coûts du service du capital) ne varient pas ou quasi pas lors d'**adaptations quantitatives**, car, habituellement, les composants centraux d'un SAE sont conçus à la première installation de manière à pouvoir couvrir toute extension de l'offre de service d'exploitation. En ajoutant des véhicules ou des

sections de trajet supplémentaires au système, les dépenses courantes demeurent par exemple identiques pour l'ordinateur et le logiciel. Il en va de même pour les dépenses de personnel qui adoptent plutôt un comportement fixe.

Il en va quelque peu différemment pour les dépenses de SAE consacrées aux véhicules ou aux équipements au sol placés sur le trajet. A cet égard, les dépenses varient proportionnellement au nombre de véhicules ou de sections de trajet ajoutés au système.

Des **coûts versatiles** pour les bâtiments, le matériel informatique, le logiciel et le personnel apparaissent en présence d'un besoin supplémentaire de taille, à savoir lorsque les volumes de données ne peuvent plus être couverts par la configuration informatique traditionnelle et qu'un ordinateur plus puissant est nécessaire. Des extensions du réseau SAE nécessitent aussi un accroissement du personnel qui ne peut plus être couvert par les postes de travail existant au poste de commande centralisé.

Des **adaptations qualitatives** du système entraînent habituellement un surcroît de dépenses. Ces dépenses supplémentaires résultent de l'achat d'options du logiciel ou d'un remplacement de composants devenus obsolètes à cause du progrès technique.

L'**adaptation à l'intensité** (c'est-à-dire lorsque le système est utilisé de façon plus intensive pour l'exploitation) n'entraîne habituellement pas de supplément de dépenses, car le système est de toute façon conçu pour une utilisation maximale.

4.2 **Utilité et détermination de l'intérêt d'un SAE**

4.2.1 **Principes de base**

L'efficacité d'un SAE profite identiquement

1. aux passagers
2. aux entreprises de transport
3. aux employés.

Le SAE concerne en priorité le passager; sans bénéfice pour l'usager, un SAE ne se justifierait pas et ne serait rien d'autre qu'un parc de jeux technique. Toutefois, toute une série de conséquences apportent aussi dans l'entreprise des améliorations que le passager ne remarque pas au premier coup d'oeil, comme une éventuelle diminution des dépenses ou une possible amélioration des conditions de travail des employés.

La multitude d'effets positifs du SAE rencontrés dans la littérature permet d'établir les groupes suivants:

Système automatisé d'aide à l'exploitation de Stuttgart

Le succès d'un système de transport en commun dépend essentiellement de la mesure dans laquelle les trois principaux composants du système, à savoir le trajet, le véhicule et l'exploitation, ont tous été développés de la même façon pour atteindre un niveau élevé. En prévoyant d'introduire un système automatisé d'aide à l'exploitation, la Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) vise à harmoniser les composants du système. Les importantes données de la figure 1 fournissent des informations caractéristiques sur les performances de l'exploitation de la SSB. En plus du chemin de fer urbain et du tramway, le SAE de Stuttgart s'étendra aussi progressivement aux bus.

Prestations couvertes par la SSB

- 61 lignes
- 509 km d'axes exploités
- 884 arrêts avec 1850 lieux d'arrêt
- 7300 parcours en service régulier/jour de semaine
- 389 véhicules en exploitation dans la zone de circulation principale
- 753 services de chauffeurs/jour de semaine
- 450.000 passagers/jour de semaine
- 82 points de jonction dans le réseau VVS
- 58 arrêts importants sont pris en compte dans l'horaire

Cela équivaut à 1.600 correspondances/heure dans la zone de circulation suburbaine dont environ 50 % peuvent être améliorées.

Depuis longtemps, un SAE est au centre des préoccupations à Stuttgart. Après de profondes réflexions sur les principes, la phase de concrétisation a commencé au début 1988. Au cours des 6 premiers mois de 1988, les dossiers d'adjudication ont été élaborés. En juillet 1988, le SAE a pu être adjugé. L'évaluation des trois offres reçues ainsi que l'adjudication du système ont été clôturées en décembre. Le SAE de Stuttgart est en cours de réalisation depuis janvier 1989.

Dans le cadre des spécifications détaillées, des cahiers des charges ont été rédigés pour:

- le logiciel du poste de commande
- le système d'information de bord intégré (SIBI) pour la voiture de métro léger DT 8, la voiture de tramway GT 4 et le bus
- une influence par infrarouge des systèmes de régulation du trafic (IRIS)
- un couplage entre le SAE et le système radio de la SSB
- un suivi de la circulation avec les appareils SAE-SIBI

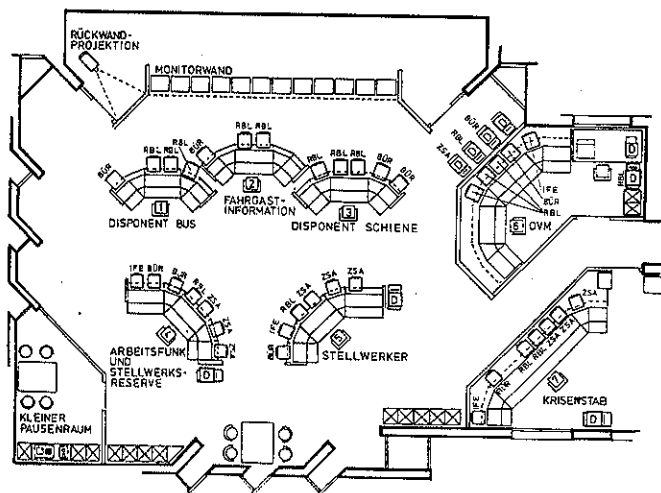
Parallèlement, l'alimentation de données est constituée pour les premières lignes. Au début 1991, le système SAE peut être mis en service en liaison avec l'essai d'exploitation de six mois.

Le concept fonctionnel du SAE de Stuttgart prévoit la séparation du système en un système de base et un système étendu. Seul le système de base a d'abord été accepté. Outre les composants traditionnels du SAE, le système de base recourait aussi notamment à une saisie de la localisation, à une comparaison entre l'horaire théorique et l'horaire réel, à un échange d'informations entre le véhicule et la centrale de gestion ainsi qu'à une série d'éléments supplémentaires. Les plus importants sont les mesures de régulation, la garantie des correspondances et l'influence sur les signaux lumineux dans le cas des bus.

Le fonctionnement du système de base sera d'abord appliqué au métro léger. A Stuttgart, 6 lignes de métro léger sont actuellement en exploitation dans un réseau de 71 km de long. En 1991, ces lignes devront encore être reliées au SAE. Les lignes de tramway seront incorporées progressivement dans le système SAE.

Les premiers bus ont entre temps aussi été équipés des nouveaux appareils SAE-SIBI. Le passage de toutes les lignes au nouveau SAE se déroulera jusqu'au milieu des années 1990.

Tous les postes de travail de la centrale de gestion inaugurée en octobre 1990 sont équipés du SAE. Le dispatcher du poste central travaille avec le système d'aide à l'exploitation via des écrans couleur et un clavier.



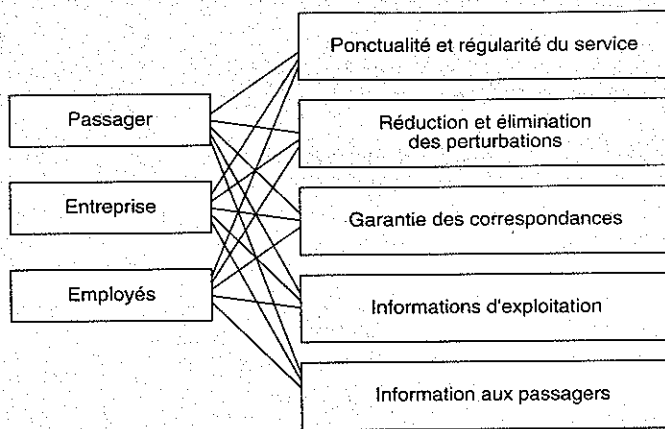


Figure 15: Efficacité du SAE pour les différents groupes-cibles

Limites de la détermination des avantages

Il faut tenir compte des problèmes suivants pour évaluer l'utilité du SAE:

1. Une grande partie de ses effets est de nature qualitative et ne se prête pas à une évaluation quantitative en volume, nombre et valeur (problème de quantification).
2. Au moment de la décision d'opter pour le SAE, ses effets ne peuvent pas encore être déterminés, mais uniquement anticipés sur base d'expériences (problème de prévision).
3. Certaines fonctions du système ne se concrétisent pas par un avantage immédiat, mais n'agissent qu'en liaison avec d'autres mesures (problème d'interconnexion).

Avantages attendus et degré de fonctionnement

L'expérience nous montre que l'utilité attendue par les exploitants est particulièrement élevée lorsque l'éventail des performances d'un SAE est différencié et complet. Le diagramme ci-après illustre ce rapport. Pour des raisons de comparaison, les caractéristiques de fonctionnement et l'utilité prévue ont toujours été données en pour cent de la valeur maximale possible (= 100 %) dans le questionnaire:

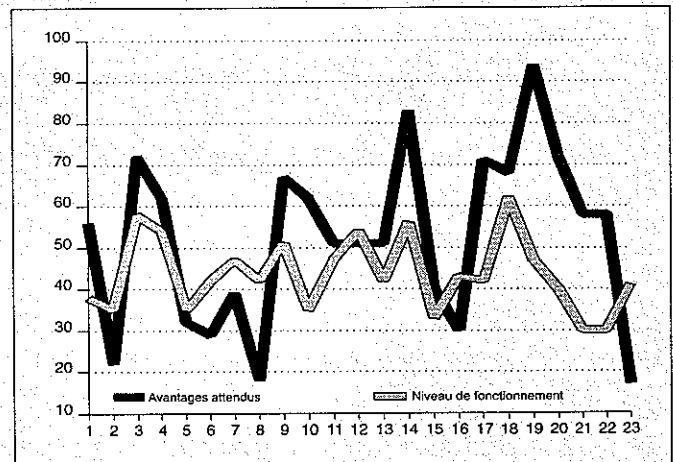


Figure 16

Résultats de l'enquête

L'enquête a fourni la figure suivante:

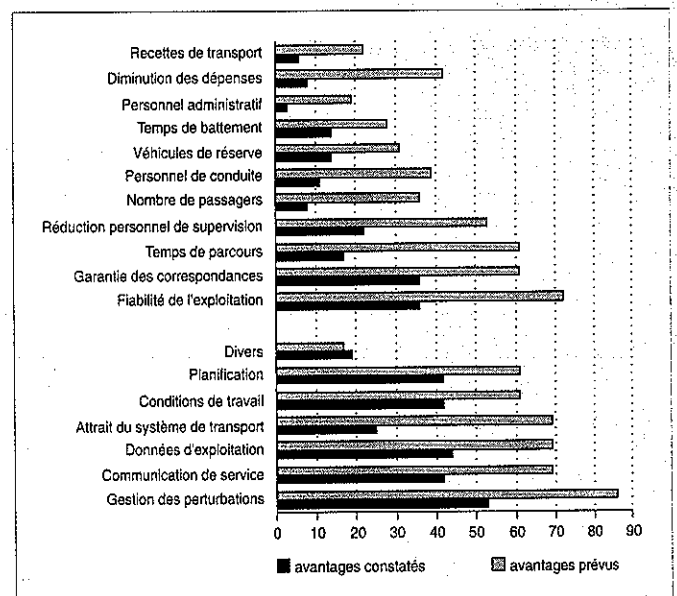


Figure 17

Les résultats sont réjouissants. Ils montrent que les grandes espérances placées dans l'application du SAE sont largement satisfaites. La divergence entre les prévisions et la réalité n'est qu'apparente. En effet, l'efficacité ne peut pas toujours se mesurer quantitativement même si, à l'origine, on le souhaitait. Ainsi, 70 % des entreprises ne vérifient pas les résultats de leurs études initiales sur la rentabilité des coûts. Les diverses entreprises présentent aussi en partie des différences dans la détermination de l'efficacité.

4.3 Efficacité du SAE

4.3.1 Ponctualité et régularité de l'offre de service

Principes de base

L'introduction de systèmes automatisés d'aide à l'exploitation doit avant tout rendre le transport plus fiable, c'est-à-dire plus ponctuel et régulier. 72 % des entreprises ayant donné des informations sur l'efficacité espéraient accroître leur fiabilité avec le SAE; plus d'un tiers l'ont aussi constaté. Ce sont là des résultats appréciables.

La **ponctualité** est un critère pour la coïncidence entre **horaires réel et théorique** selon des tolérances prédéfinies.

Le **passager** profite directement du SAE sous la forme d'une offre de transport plus sûre. L'usager peut planifier la prestation du transport en commun, ce qui, dans l'ensemble, le rend plus attrayant. 2/3 des entreprises sont parties de ce principe.

L'**entreprise** peut proposer une prestation plus efficace lorsque les données théoriques et réelles coïncident précisément. Même sur des sections de lignes critiques, une analyse de données bien fondée est indispensable. Celle-ci est assistée en permanence par le SAE.

Le **chauffeur** est informé en permanence de tous les écarts horaires. Le **dispatcher** du poste central reçoit une vue d'ensemble continue de la localisation des véhicules et de l'évolution de l'horaire qui ressort de sa communication avec le chauffeur. Le SAE enregistre les temps de parcours des trajets sur certaines sections de mesure.

Economies potentielles mesurables

Le véhicule

L'efficacité esquissée peut difficilement être convertie en grandeurs monétaires ou fondamentales mesurables.

Un SAE est manifestement rentable lorsqu'un horaire optimisé permet de supprimer des réserves en utilisation de pointe, notamment parce que les véhicules peuvent tous être exploités à fond. Sur ce point, le résultat de l'enquête est sans équivoque. Des gains de temps de parcours, une réduction des temps de battement et une

diminution du parc roulant ont été largement escomptés et ont pu être démontrés par la suite. P. ex., le SAE a permis, en 1982, un gain de temps moyen de 3,09 % à Strasbourg.

Il s'agit d'avantages tangibles du système. Parfois, l'efficacité ne se répercute que partiellement sur certaines sections de trajet et, bien souvent, elle n'est pas cumulée. De plus, des réserves d'horaire suffisantes pour entraîner une réduction du parc roulant en exploitation peuvent être détectées par une analyse précise des points faibles de toutes les lignes où les rotations libérées servent à améliorer l'offre de service. Souvent, les connaissances acquises grâce au SAE complètent l'optimisation de l'exploitation commerciale qui est parallèlement en cours; il s'agit en fait de mesures d'accélération.

L'analyse des coûts nous apprend que les dépenses spécifiques au SAE constituent 1-2 % du coût annuel moyen d'un véhicule. Il s'ensuit que, pour un parc fictif de 100 véhicules, un SAE détermine déjà une économie potentielle d'au moins 1-2 véhicules sans tenir compte d'une quelconque autre efficacité. La portée économique est déjà évidente, car, comme il ressort des expériences réalisées avec le SAE dans le monde entier, des économies de cet ordre de grandeur pourraient tout simplement constituer un objectif accessible.

Le personnel

Le système peut aussi fournir des avantages chiffrables du côté du personnel. Le SAE rationalise la gestion et la surveillance de la conduite et peut donc remplacer le personnel de surveillance et/ou améliorer la qualité du contrôle. C'est ce qu'espèrent 19 des 36 entreprises. 8 entreprises ont pu supprimer du personnel de surveillance.

Des améliorations de la qualité du contrôle peuvent être quantifiées en évaluant le coût d'opportunité. Pour ce faire, il faut calculer le nombre d'**employés du service de surveillance** qui auraient été nécessaires pour atteindre une norme comparable à celle du SAE. Un calcul approximatif pourrait suffire. La grande portée économique est manifeste si l'on considère que, dans le monde entier, les coûts annuels d'un employé supplémentaire oscillent entre 30.000 \$ et 50.000 \$.

Les économies de **personnel roulant** réalisées résultent d'une optimisation des rotations due à la suppression de services. A cet égard, le résultat de l'enquête est moins clair que pour le personnel de surveillance (39 % d'espérances et 14 % de constatations). Toutefois, en raison de la masse, elles pourraient se répercuter plus sensiblement au niveau des coûts.

Les effets qui diminuent la charge de travail du chauffeur ne sont quasiment pas mesurables en tant que tels.

Toutefois, l'examen du nombre élevé et en constante augmentation d'employés inaptes au service roulant (Haas, Petry, Schühlein), de l'absentéisme pour maladie disproportionné et des conséquences possibles d'accidents de la circulation dus au stress montre que quasi toutes les mesures qui réduisent la charge de travail des chauffeurs s'accompagnent d'une grande efficacité au niveau des coûts, ce que pourra parfaitement prouver une analyse logique des possibilités. Elles doivent également tenir compte d'aspects économiques généraux pertinents.

Les chiffres caractéristiques spécifiés par le Ministère allemand des transports pour l'analyse des coûts et rendements des investissements consacrés aux voies de communication (édition 1988, annexe 1) mettent en évidence la portée économique (1 \$ = 1,51 DM). Estimation normalisée:

le coût de l'absentéisme pour maladie peut se déterminer à partir des taux journaliers de la main-d'oeuvre et des frais médicaux moyens. Sachant que les dépenses quotidiennes en personnel s'élèvent à 100 - 200 \$ et que les frais d'hospitalisation pour un jour sont du même ordre de grandeur, il n'est pas difficile d'estimer quelles valeurs peuvent atteindre ces coûts.

Gravité de la blessure	Coûts par personne \$	Type de véhicule	Dommages spécifiques \$
Mort	768.200	Voiture particulière (ville)	8.300
Blessé grave	36.400	Bus	5.300
Blessé léger	2.800	Tramway	4.000

Dommages corporels évitables

Dégâts matériels évitables

Figure 18

4.3.2 Détection précoce et élimination efficace de perturbations

Principes de base

Les principaux objectifs du SAE sont aussi les suivants:

- éviter les perturbations (respect de l'horaire)
- détecter les perturbations (de façon précoce)
- éliminer les perturbations (rétablissement rapide de l'exploitation commerciale planifiée).

86 % des entreprises espèrent que le SAE améliorera le traitement des perturbations, plus de 53 % le constatent.

Il s'agissait de loin du facteur d'utilité le plus cité, ce qui souligne déjà la supériorité d'un SAE dans une exploitation commerciale perturbée. Moscou indique p. ex. que le temps de détection de perturbations a pu être diminué considérablement, de 30-45 minutes à quelques minutes.

Voici pour Zurich un exemple d'analyse des pertes de temps:

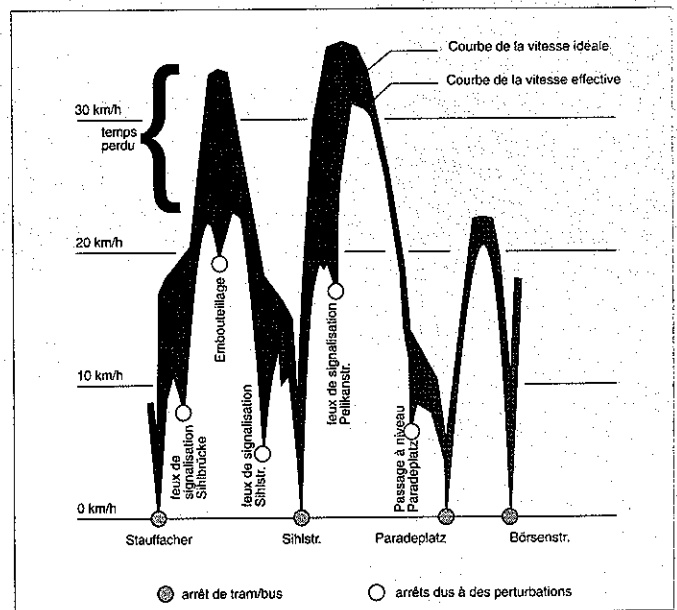


Figure 19

Les perturbations touchent le **passager** par l'allongement des temps d'attente, les correspondances non assurées et la diminution générale du confort d'utilisation.

Le **chauffeur** est exposé à un stress professionnel plus grand. Il en résulte des pauses plus courtes et des heures supplémentaires non désirées.

Le **dispatcher** peut déjà détecter les perturbations lors de la phase initiale. Le SAE lui fournit alors les informations nécessaires. Des systèmes modernes proposent aussi des solutions au dispatcher qui lui permettent d'intervenir immédiatement et efficacement tout en limitant les tâches de dispatching.

Les limites du système de radiocommunication comme unique source d'information de gestion d'une centrale sans SAE apparaissent clairement au vu du nombre de conversations échangées en présence d'une perturbation et de leur contenu. Des recherches à Stuttgart ont montré que, jusqu'au retour à la normale, plus de 75 % des dialogues servaient essentiellement à la localisation:

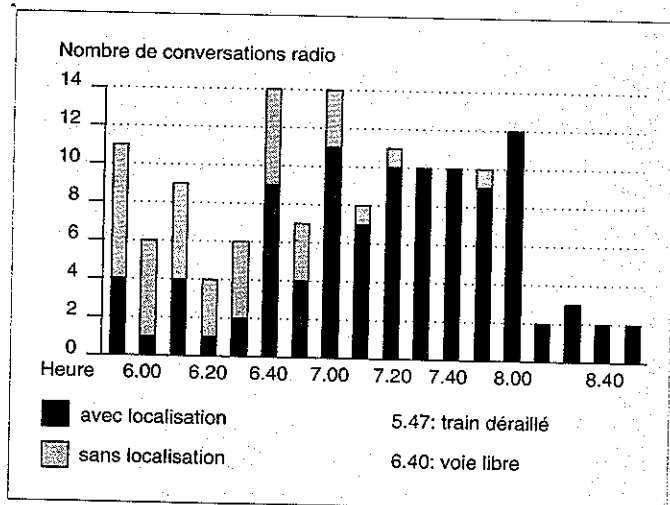


Figure 20: Nombre de contacts radio avec/sans localisation

23 convois de tramways étaient concernés sur deux lignes. Le SAE permet d'économiser une grande partie de ces conversations. Le dispatcher peut se limiter aux contacts radio indispensables et gagner ainsi un temps précieux pour le dispatching.

Analyse des avantages

Les usagers et l'entreprise bénéficient tous deux d'une gestion efficace des perturbations. Néanmoins, l'impact des avantages ne peut être mesuré qu'approximativement.

Sur base des statistiques d'exploitation (rapports d'évaluation des perturbations, d'accidents, de difficultés de circulation), des moyennes peuvent être calculées et extrapolées pour:

- le nombre annuel de perturbations sérieuses ou graves,
- le temps cumulé des écarts par rapport à l'horaire pour chaque perturbation en minutes (utilité pour les passagers).

Des pertes de temps occasionnées à l'utilisateur des transports collectifs urbains par des perturbations figurent dans la littérature (évaluation normalisée de 1988, annexe 1) et sont estimées à 15 DM (10 \$) par heure. Les pertes de temps subies par les passagers en raison de perturbations sont donc évaluables.

Le calcul fictif suivant illustre les montants financiers concernés:

- pertes de temps cumulées pour une perturbation moyenne: 150-200 heures
- perturbations sérieuses par an: 200 heures
- gain potentiel par an: 300.000-400.000 \$.

Ce volume peut être épuisé, du moins partiellement, grâce à une gestion efficace des perturbations. Le SAE y contribue. Néanmoins, ces effets ne profitent pas directement à l'entreprise mais bien aux passagers.

Des transports sans perturbations sont aussi intéressants pour l'entreprise et ses employés. Le supplément de coûts d'exploitation moyen par perturbation devrait se calculer grâce à des enregistrements et des évaluations statistiques, ce qui permet aussi de valoriser les améliorations potentielles pour l'entreprise.

4.3.3 Amélioration des correspondances à assurer

Principes de base

La qualité des correspondances d'un système de transport suburbain constitue un important critère d'attrait pour le passager. L'entreprise de transport ne peut pas, déjà pour des raisons financières, offrir une liaison directe entre tous les arrêts; les correspondances sont donc nécessaires.

L'objectif logique d'un SAE consiste à garantir l'exploitation des correspondances prévues en fonction de l'horaire, car le non-respect est critiqué - souvent à juste titre - par les passagers.

61 % des entreprises attendent du SAE une meilleure garantie des correspondances, plus d'un tiers ont pu constater des améliorations. A cet égard, l'impact du système est aussi très apprécié.

L'intérêt de la garantie des correspondances apparaît clairement si l'on sait que, dans les réseaux de communication, une ou plusieurs correspondances sont nécessaires dans près de 40 % des trajets effectués en semaine pour atteindre la destination.

En raison de la suppression de personnel de surveillance de ligne du fait des coûts, le danger latent de non-respect des correspondances s'est répercuté sur les passagers. Des moyens traditionnels tels que

- signaux de correspondance
- caméras
- indications pendant les ordres de départ

ne peuvent pallier ce risque que partiellement, car les correspondances en tant que telles ne sont pas surveillées en permanence ni dans leur ensemble par le poste de commande.

C'est ici qu'intervient le SAE

- par un affichage d'instructions codées pour le conducteur sur l'écran du système d'information de bord intégré (SIBI) monté dans le véhicule,
- par un affichage correspondant via le SAE au poste central de l'exploitation.

En général, les correspondances compromises ne sont détectées, communiquées et automatiquement assurées qu'entre certaines valeurs limites.

Utilité potentielle

L'avantage potentiel permis par la garantie des correspondances est illustré dans la figure ci-après.

Les plages critiques sont comprises entre 9 % et 23 % des liaisons concernées. La qualité des correspondances peut déjà être considérablement accrue en décalant p. ex. d'une minute les heures de départ sur l'ensemble de l'horaire. Dans ce cas, le chauffeur reçoit une instruction correspondante sur son écran.

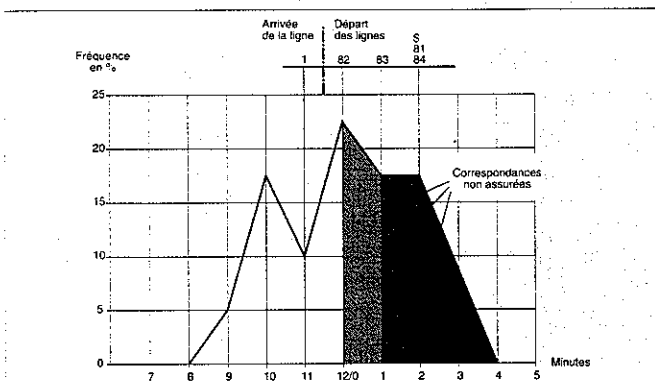


Figure 21: Gare de Stuttgart-Vaihingen: qualité des correspondances des lignes de métro léger 1 et 3 avec celles des bus 82, 83, 84.

L'efficacité peut être déterminée mathématiquement avec des outils similaires à ceux utilisés pour les critères de ponctualité et de régularité.

Pour les **passagers**, des gains de temps de transport ou une réduction des temps d'attente peuvent être calculés et cumulés (chiffres de la Stuttgarter Straßenbahnen AG pour l'année 1987):

Passagers par jour de semaine:	430.000
Taux de correspondances: $\pm 40\%$ =	172.000
Correspondances à des arrêts critiques (estimés à 1/4)	43.000
Gain de temps journalier possible par passager:	0,5 minute
Gain de temps de transport annuel cumulé (200 jours ouvrés):	71.667 heures

Au tarif horaire supposé de 10 \$, on obtient un gain d'argent appréciable d'environ 720.000 \$.

La valeur prévisionnelle de pareils calculs n'est à proprement parler pas très grande. Pour plus de sécurité, le calcul peut reposer sur les valeurs limites maximales et minimales. Une fois le SAE introduit, les valeurs approximatives devraient ensuite être corroborées par des analyses comptables effectives.

Dans le cas précité, les **passagers** sont les premiers bénéficiaires. Il ne faut pas hésiter à imputer ces effets au SAE dans le cadre du calcul de la rentabilité économique du système. Comme la majeure partie des entreprises de transport appartiennent au secteur public et que, en tant que contribuables, les passagers financent aussi l'entreprise, ils profitent en pratique du SAE comme propriétaires et comme citoyens.

A Moscou, le temps d'attente des passagers aux arrêts a pu être réduit de 12 % en moyenne après l'introduction du SAE. Plus d'un tiers des entreprises espèrent que des liaisons plus fiables et une meilleure garantie des correspondances attireront aussi plus de passagers dans les véhicules du service public.

L'**entreprise** bénéficie de possibilités d'économies indirectes lorsque, grâce au SAE, les postes du service de surveillance placés initialement à tous les points de jonction critiques des lignes peuvent assurer d'autres tâches.

La Stuttgarter Straßenbahnen AG désire par exemple lors de l'introduction du SAE, supprimer les postes de surveillance de 5 arrêts critiques, ce qui correspond à un volume d'économies d'environ 230.000 \$ par an.

4.3.4 Amélioration des informations de service

Principes de base

Le SAE s'utilise précisément là où il est le plus important pour l'entreprise: sur le produit proprement dit. C'est là que se joue en fin de compte le succès de l'entreprise. Le SAE fournit non seulement

des données brutes sur la qualité du transport, mais aussi

le produit, comme facteur de dispatching, la prestation du transport avec la main-d'oeuvre et le matériel.

Dès lors, un SAE est donc "productif" au sens propre du terme. Cela justifie sa position particulière au sein de l'entreprise de transport et constitue sa portée stratégique. Alors qu'un SAE engendre de précieuses connaissances de base, la comptabilité d'exploitation ne traite par exemple que des données dérivées. Il est étonnant de constater que l'utilité économique d'un SAE et non celle de ces systèmes d'information sur la gestion d'entreprise est remise en cause. A cet égard, le SAE partagera encore quelque temps le lot de nombreuses solutions innovatrices.

Pour la première fois, grâce au SAE, l'entreprise dispose de données de rendement d'une qualité de sortie jamais atteinte par le traitement traditionnel de l'information. La saisie automatisée du taux d'occupation du véhicule constitue un exemple caractéristique. Les données ainsi récoltées sont nettement moins onéreuses que des comptages comparables et elles peuvent être collectées de façon plus souple et plus complète.

Les informations reçues en communiquant avec le véhicule et prétraitées par l'ordinateur du poste central sont donc supérieures, car elles sont

- objectives
- automatiques

- continues
- exactes
- complètes
- actuelles
- compréhensibles.

Près de 70 % des entreprises interrogées espèrent que le SAE améliorera l'information et la communication d'exploitation, 44 % ont aussi constaté des progrès. Les évaluations positives des interviewés rejoignent donc les considérations susmentionnées.

L'utilité de systèmes informatisés de gestion sort encore du cadre de leur domaine d'application propre en fournissant aussi, via des interfaces, des données d'exploitation à d'autres sous-systèmes. L'unité de contrôle devient alors une boucle de retour d'information cumulative. Il en résulte des produits de couplage qui peuvent multiplier la valeur de l'information SAE, mais aussi compliquer son calcul. La figure suivante illustre ces relations:

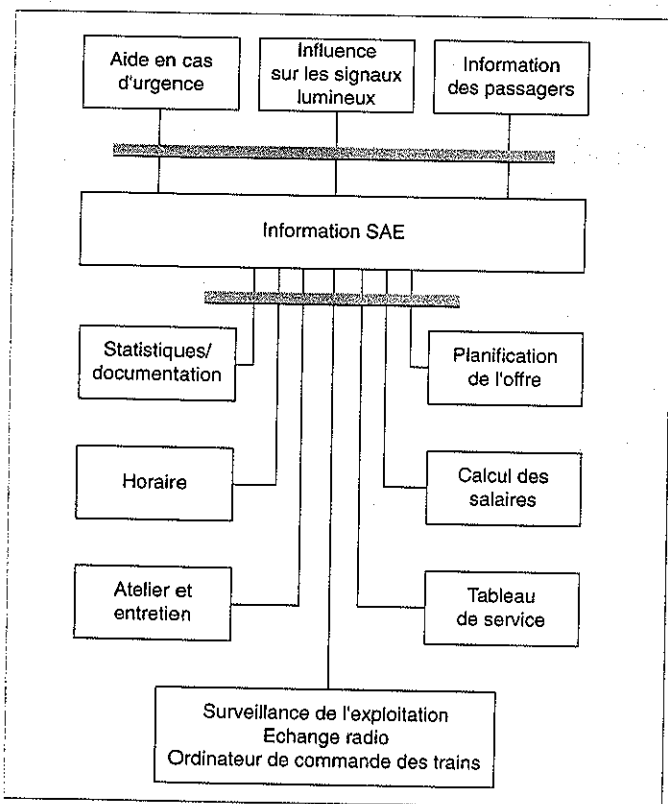


Figure 22: Exemples de relations SAE

Détermination de l'efficacité

Habituellement, l'utilité accrue du SAE ne peut pas simplement se constater au premier coup d'oeil en dépit des avantages du système mis en évidence. En effet,

une meilleure information sur l'exploitation n'est pas en soi génératrice de valeur. Son action positive ne se développe qu'avec la conversion en aide à l'exploitation. Une plus grande fiabilité de la conduite, une gestion plus efficace des perturbations et une meilleure garantie des correspondances reposent en général sur des informations de base de qualité et c'est ici que des rapports de causalité trouvent leur origine. Sur ce point, les considérations déjà appliquées au calcul de l'utilité du SAE valent aussi pour l'information sur l'exploitation.

4.3.5 Amélioration de l'information aux passagers

Principes de base

La connaissance de la situation d'exploitation actuelle du poste de commande de l'exploitation peut aussi être convertie en informations effectives et fiables pour les passagers.

Des améliorations de SAE peuvent être mises en place progressivement:

- 1ère phase: information effective acoustique aux arrêts et dans les véhicules,
- 2ème phase: information visuelle des heures de départ et de passage sur des écrans ou des panneaux d'annonce. Installation au arrêts importants, pilotage par l'ordinateur de gestion,
- 3ème phase: extensions futures de systèmes d'information sur les horaires et de systèmes de vidéotexte décentralisés.

Il faut escompter une efficacité lorsque, une fois le SAE installé, l'information mise à la disposition des passagers aux arrêts et dans le véhicule est globalement plus attrayante. Toutefois, plus le niveau d'information proposé était élevé avant d'introduire le SAE, moins le taux de satisfaction parmi les passagers devrait augmenter. A cet égard, la loi de l'utilité marginale décroissante est aussi d'application.

Possibilités de quantification

A l'instar de l'information sur l'exploitation, l'utilité d'un système d'information aux passagers peut certes se décrire aisément, mais elle ne peut pas être saisie quantitativement. Une nouvelle publication de la CEMT (voir A. Meyere: Urban Transport, Information for Passengers and New Technology, CEMT 1989) fournit quelques exemples. Il est notamment fait référence à un nouveau système d'information en temps réel dans le métro londonien qui a permis de ramener de 20 % à 5 % la surestimation subjective des temps d'attente probables.

Malgré ces exemples intéressants, une efficacité directement attribuable au SAE ne pourra être révélée que dans des cas isolés. L'amélioration de l'information des

passagers constitue certainement une retombée bénéfique de l'introduction du SAE, mais elle ne doit pas être considérée comme la source centrale d'accroissement de son utilité pour la clientèle.

4.4 Calcul des coûts/avantages

Les connaissances susmentionnées peuvent se résumer en une analyse des coûts/avantages. La littérature (p. ex. Nagel, Nutzen der Informationsverarbeitung, p. 44 et suivantes) considère trois procédures élémentaires qui se distinguent essentiellement par la manière d'aborder le volet utilité (les avantages):

1. L'analyse normalisée des coûts/avantages: selon une méthode prédéterminée, elle convertit des facteurs quantitativement mesurables en grandeurs d'utilité monétaires directement comparables aux dépenses en SAE. Les influences premières, secondaires et intangibles sont dissociées. L'évaluation normalisée d'investissements consacrés aux voies de communication par le Ministère allemand des transports est un exemple caractéristique. Aucune méthode de structure analogue n'est toutefois connue pour le SAE.
2. L'analyse de la rentabilité des coûts: elle utilise des points différenciés selon une échelle et les compare aux dépenses correspondantes selon des règles prédéterminées.
3. La méthode descriptive: elle s'efforce de décrire le volet utilité en dérivant les avantages par l'argumentation.

Environ 67 % des entreprises de transport effectuent des analyses de coûts/avantages avant d'introduire leur SAE, ce qui montre l'importance de pareilles considérations dans la période précédant l'introduction du système. Seuls 15 % de ces entreprises ont indiqué avoir effectué une analyse normalisée des coûts/avantages. Le reste s'efforce de justifier économiquement sa décision d'opter pour le SAE par une analyse de la rentabilité des coûts ou une description.

Il est recommandé de vérifier, après la mise en service du système, les valeurs calculées avant d'opter pour un SAE, ce qu'ont seulement fait environ 30 % des entreprises.

Dans la pratique, des méthodes mixtes élaborées sur base des trois procédures sont souvent appliquées. Un calcul des coûts/avantages dérivé des connaissances précitées pourrait présenter la structure de base suivante:

CALCUL DES COÛTS/AVANTAGES		
	Individuel	Total
COÛTS		
Service du capital		
Dépenses en personnel		
Autres dépenses		
AVANTAGES		
Recettes supplémentaires de transport		
Diminution des coûts		
• par un gain de temps de parcours		
• par une réduction des temps de battement		
• par une diminution du parc de réserve		
• par une compression du personnel roulant		
• par une compression du personnel de surveillance		
• par une compression du personnel administratif		
• par une fiabilité supérieure		
• par une meilleure garantie des correspondances		
Excédent/déficit		

Il convient d'introduire des valeurs annuelles dans le calcul.

En général, il sera impossible de compléter entièrement ce tableau d'ensemble avec des données chiffrables en termes monétaires. Il arrive souvent que seule une partie des facteurs d'utilité puisse être comparée aux coûts; par conséquent, le calcul s'achève partiellement sur un déficit. Il serait certainement prématuré d'en déduire une rentabilité insuffisante du SAE.

Dans pareils cas, il est recommandé de procéder par étapes:

1. comparer d'abord les grandeurs de coûts/avantages directement imputables,
2. comparer ensuite le solde sous forme de bénéfice brut à tous les autres facteurs d'efficacité qui ne sont pas exactement chiffrables mais qui peuvent au moins être décrits.

Schématiquement, il en résulte un bloc d'avantages non mesurables:

Avantages non mesurables
Attrait supérieur du système de transport
Amélioration de la gestion des perturbations
Meilleure communication en exploitation
Meilleure planification
Amélioration des conditions de travail des employés
Efficacités diverses

Le concept présente l'avantage de laisser subsister habituellement un volume annuel de coûts appréhendable après la première phase. La décision d'opter pour le SAE se réduit donc - à l'instar par exemple de la décision de mener une action publicitaire - à la question capitale de savoir si un attrait supérieur du système de transport ou une amélioration des conditions de contrôle et de travail justifie ou pas que l'entreprise dépense une somme de X. La décision est alors simplifiée.

La rentabilité du SAE n'est pas prédéfinie, il est difficile de la prouver mais le jeu en vaut la chandelle.

5. Perspectives d'utilisation et d'extension des systèmes automatisés de contrôle des véhicules et d'aide à l'exploitation

5.1. Le phénomène

La présente étude révèle que la presque totalité des opérateurs (y compris ceux de taille moyenne), possèdent déjà ou sont en passe d'installer des systèmes automatisés de gestion et de contrôle.

On peut constater que les débuts de ces systèmes remontent à une dizaine d'années. Ces premiers dispositifs étaient toutefois de nature purement expérimentale et n'ont que très rarement été utilisés en situation réelle, leur utilité stratégique étant donc considérée comme limitée.

Dans le courant des années 1980, et plus particulièrement au cours des trois dernières années, nous avons assisté à une accélération de l'émergence du marché du traitement informatique (plus particulièrement au niveau du matériel) avec, en corollaire, la recherche de nouvelles applications. Ces applications étaient généralement orientées vers la mise en place de puissantes bases de données capables d'assurer des fonctions d'assistance à la décision (stratégique et/ou opérationnelle), ou encore vers la création de systèmes "spécifiques".

Dans le même temps, les transports en commun, sous la menace d'une chute radicale de leur chiffre d'affaires, se sont vus dans l'obligation d'accéder aux requêtes des utilisateurs: diversifier et modifier leur réseau par des solutions à valeur ajoutée.

L'étude qui est à la base du présent rapport illustre clairement ce qui précède: sur les 44 opérateurs étudiés, 4 seulement n'ont pas l'intention d'avoir recours à des systèmes informatiques de gestion et de contrôle dans un avenir proche.

On trouve également cette confirmation dans les réponses à la question: "Quels axes d'extension de votre système prévoyez-vous pour les cinq années à venir?" Les

opérateurs prévoient tant une expansion quantitative, c'est-à-dire une augmentation du nombre de véhicules équipés, qu'un développement qualitatif, se traduisant par un accroissement de la capacité des systèmes informatiques, par l'établissement de connexions avec d'autres systèmes et par une extension des informations fournies aux clients.

Le recours croissant à ces systèmes de gestion et de contrôle assistés par ordinateur est rendu possible aujourd'hui par le développement rapide de l'industrie informatique, par les progrès décisifs du rapport coût/performance du matériel radio, par la saturation partielle des marchés traditionnels (administration, comptabilité et logistique) et, dès lors, l'évolution vers la technologie informatique décisionnelle et opérationnelle.

Ce phénomène revêt donc une importance qui justifie non seulement un approfondissement de la recherche, mais qui requiert aussi l'établissement de directives et de suggestions, à tout le moins au niveau méthodologique.

Dans un secteur partiellement tactique (dans la mesure où il est opérationnel) et partiellement stratégique (dans la mesure où il traite des données essentielles relatives à la production, aux ventes et au service) on peut raisonnablement s'attendre à ce que, dans un avenir proche, il se manifeste un besoin de standardisation, afin de nous permettre de représenter par des mots et des symboles les transactions, commandes et fonctions et que ces mots et symboles soient facilement identifiables par tous.

5.2. Aspirations

5.2.1. En général

Les résultats de l'étude indiquent que les principaux objectifs poursuivis (ou atteints) par les opérateurs sont les suivants:

- la mesure du fossé existant entre l'offre et la demande
- la mesure de la demande.

Comme on peut le voir ci-dessous, les autres objectifs n'ont qu'un rôle mineur, même s'ils sont en eux-mêmes des buts à atteindre.

5.2.2. Information aux passagers

La cause principale de mécontentement des utilisateurs (90%) réside dans l'imprévisibilité et le manque d'informations en temps réel aux arrêts en ce qui concerne les délais d'attente.

La certitude de la durée de l'attente est une des caractéristiques dont les usagers aimeraient bénéficier (33 réponses positives sur 34).

L'étude révèle également que la durée de l'attente est le facteur capital, tant en matière de mécontentement des

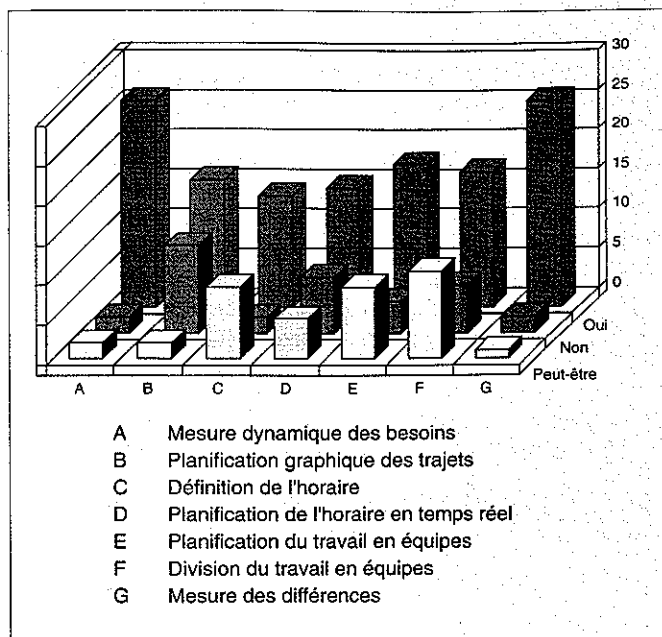


Figure 23

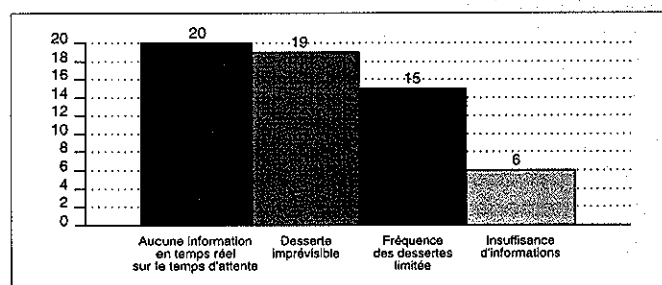


Figure 24: Principales raisons d'insatisfaction des usagers

utilisateurs (voir supra) que du point de vue des opérateurs eux-mêmes. Cette réalité est illustrée par le tableau ci-dessous.

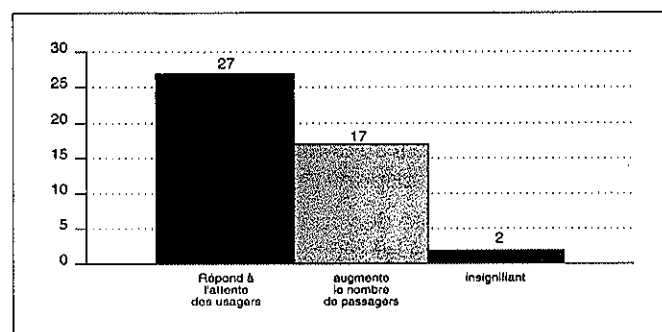


Figure 25: Affichage des temps d'attente à l'arrêt

Il ne s'agit pas d'une question d'image ou de marketing, mais bien d'un "service complet de transport", qui comprend tant le déplacement physique en lui-même que toutes les informations qui l'entourent.

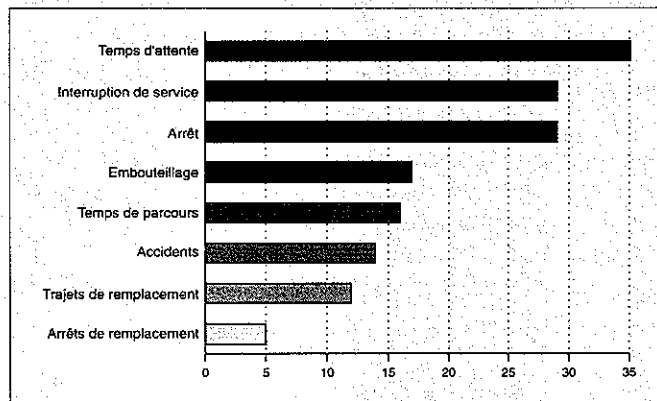


Figure 26: Informations souhaitées aux arrêts

Nous comptons ainsi attirer un nombre croissant d'utilisateurs, améliorant ainsi les performances du "système urbain" ainsi que du "système exploitant".

Une fois de plus, il nous faut associer l'efficacité au pragmatisme. Seul un subtil mélange de ces deux qualités peut nous assurer une utilisation correcte des ressources et la mise en place d'une saine politique budgétaire.

La mise en oeuvre de systèmes d'aide à l'exploitation connectés aux arrêts constituera le premier pas dans cette direction.

Voilà l'objectif à atteindre pour les systèmes d'aide à l'exploitation. Leur finalité est triple: assurer le contrôle, la gestion et l'information en temps réel.

L'étape suivante (qui doit encore être étudiée) consistera à transférer toutes les données stockées par les systèmes d'aide à l'exploitation vers un système central, de manière à y avoir accès par les télécommunications.

Les fonctions de gestion et de contrôle constituent dès lors une phase préalable aux fonctions de traitement de l'information. On s'assurera ainsi de la compatibilité entre les systèmes de transport et le système urbain et on pourra noter la réaction de ce dernier dans un environnement marqué par l'omniprésence de la technologie informatique.

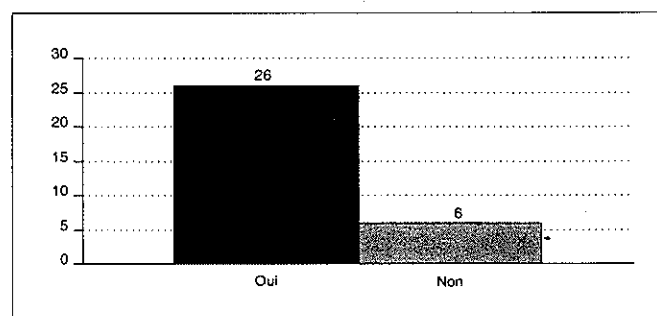


Figure 27: Information à domicile

5.3. Technologie

5.3.1. Gestion et contrôle

Non seulement les systèmes de contrôle et de gestion entièrement informatisés définissant les actions et ordres à donner dans certaines conditions sont-ils difficiles à mettre en oeuvre, mais leur efficacité peut en outre être mise en doute.

Le programme de contrôle se traduit par la saisie des projections et prévisions, la réception des données réelles (provenant essentiellement de l'ordinateur), le pistage des divergences et le transfert de la responsabilité des mesures correctrices à la personne chargée du poste de commande.

Pour ce qui concerne la fonction de gestion, on procédera à l'installation d'un système-expert, non seulement dans l'optique de l'informatisation de cette fonction, mais aussi pour rassembler toutes les données relatives aux expériences concrètes, afin de créer un système et de fournir des solutions alternatives aussi réalistes que possible, qui devront en tout état de cause être approuvées par le responsable du centre opérationnel. Dans l'étude, on peut voir que trois opérateurs seulement utilisent actuellement des systèmes-experts. Toutefois, la volonté affichée par neuf autres opérateurs d'avoir recours prochainement à de tels systèmes souligne l'intérêt dont bénéficient l'approche technologique et les scénarios futuristes.

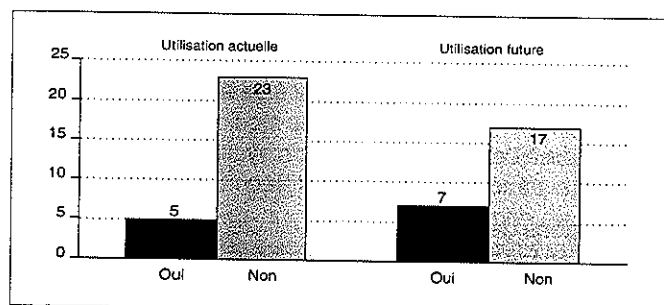


Figure 28: Utilisation de systèmes-experts.

Les transports en commun sont animés et gérés par des hommes, et non par des objets. Dans cette optique, il semble inapproprié, mais aussi risqué, de confier aux seuls ordinateurs la tâche et la responsabilité d'évaluer la situation et de décider de la marche à suivre dans des situations complexes et diverses.

Dans les prochaines années, les systèmes de gestion et de contrôle ne seront pas entièrement informatisés. La décision opérationnelle finale sera toujours prise par les opérateurs du poste de commande et appliquée par les conducteurs. Un graphique des itinéraires, produit par le système de gestion et de contrôle, sera toutefois saisi dans un système graphique. Cette initiative sera prise non seulement pour clarifier les situations (locales et

générales), mais aussi pour permettre le recours à des banques de données connexes. Ce faisant, le centre opérationnel disposera d'une part d'informations de masse et d'autre part de données sélectives pour composer une synthèse ciblée de la situation et constituer ainsi une aide à la décision appréciable.

L'étude fait remarquer qu'on note certains besoins en systèmes mixtes, c'est-à-dire un système central (connecté non seulement à un simple émetteur/récepteur voix et données, quelque sophistiqué qu'il soit), relié à des ordinateurs embarqués de la dernière génération (systèmes autonomes). Le graphique ci-dessous illustre cet élément.

5.3.2. Communications

La communication entre les véhicules et le système d'aide à l'exploitation et de contrôle ne peut être assurée que par des transmissions radio.

Dans le système, il est également nécessaire de prévoir (comme le confirme l'étude): un contact radio avec le conducteur, non seulement parce que les messages d'information préenregistrés sont insuffisants pour communiquer tous les renseignements dans toutes les situations imaginables, mais aussi pour humaniser le contact entre le conducteur et l'opérateur du centre de contrôle.

L'étude souligne aussi l'unanimité qui se dégage quant au câblage dans un lointain avenir complet de la ville, capable, par un seul réseau de transmission, d'afficher tous les messages de tous les conducteurs dans toute la ville.

Par ailleurs, il est nécessaire d'assurer une transmission et une réception efficaces des données, au même titre que les messages vocaux. Comme le confirme l'étude, la fourniture d'informations fiables aux arrêts nous mène vers des problèmes encore plus complexes. Des technologies très sophistiquées devront être utilisées pour éviter les interférences, les chevauchements de messages, pour garantir la longévité des messages, etc.

Il faudra accorder une priorité absolue à l'information des passagers, comme le confirme le nombre exceptionnellement élevé d'opérateurs qui estiment utile de transmettre directement au domicile des utilisateurs les informations sur les transports publics.

En synthèse, la majorité des opérateurs interrogés considère que, malgré les difficultés éprouvées pour attirer de nouveaux clients, il faut les "sortir de chez eux" en leur proposant non pas un simple transport, mais un "service de transport" à haute teneur en informations.

5.3.3. Informatique de base

L'étude confirme que, quel que soit la configuration informatique utilisée pour la gestion et le contrôle, il est nécessaire de la connecter de manière permanente au centre informatique de l'opérateur.

Les mémoires de masse de l'ordinateur central contiennent en effet toutes les bases de données de l'opérateur : véhicules, horaires, itinéraires, connexions...

L'étude nous permet de constater que les systèmes mis en oeuvre jusqu'à présent sont fondés sur les approches informatiques traditionnelles. A l'avenir toutefois, les opérateurs devraient disposer de technologies informatiques de la nouvelle génération, d'applications développées avec des méthodes de type CASE, fondées sur des bases de données relationnelles et utilisant le SQL (Structured Query Language). L'étude montre aussi qu'une des priorités premières consiste à relier ces systèmes à ceux qui contrôlent les feux de signalisation. Viennent ensuite les connexions avec les systèmes de protection des lignes de tramways, de billetterie et de diagnostic.

L'étude ne nous permet pas d'évaluer les systèmes d'exploitation actuellement utilisés. En conséquence, il faudrait adopter un système standard, en sachant qu'un système sur mesure ne permet pas aux utilisateurs de passer d'un système à l'autre.

Même dans cette optique, il est indispensable d'adopter des directives et des suggestions, dans le but de réaliser des échanges de données et de programmes entre opérateurs de diverses régions ou pays.

Pour ce qui est des éventuels systèmes-experts, de puissants PC ou des minis à mémoire étendue doivent être utilisés, compte tenu de la masse de données à traiter.

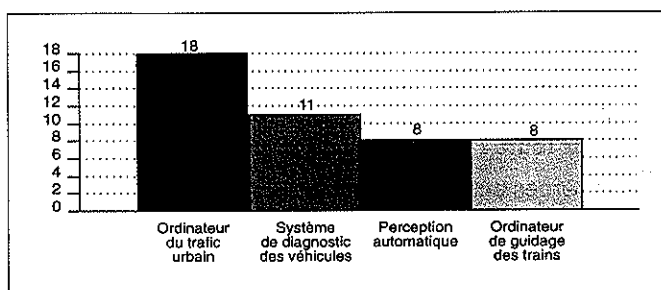


Figure 29: Intégration du SAE

5.3.4. Informatique de traitement

Les systèmes de gestion et de contrôle traitent aussi des flux d'informations.

La nécessité d'offrir à l'utilisateur, à l'arrêt, des informations fiables et en temps réel a suscité une orientation technologique essentiellement axée sur l'évaluation du fossé qui existe entre les horaires théoriques et les horaires réels et sur le calcul du nombre de passagers. Tous les autres types d'informations, et surtout celles de type continu, constituent un objectif de seconde génération, ainsi que le sujet propable d'une seconde étude, plus approfondie.

Il est important d'insister ici une fois de plus sur le besoin en écrans graphiques de haute définition et de grande taille car, à l'heure actuelle, il n'est possible de superviser que trois à cinq itinéraires simultanément, limitant ainsi considérablement l'efficacité du poste de commande.

5.4. Evaluations

Dans une société dominée par la télé-information (télétravail, télémarketing...), il est difficile de prédire l'évolution des besoins en transports dans les années 1990, même si notre étude révèle clairement que ces besoins iront croissant.

Notre étude prévoit aussi un accroissement de l'utilisation des transports en commun.

En outre, quel que soit l'avenir réservé au "besoin de déplacement" et quelle que soit la manière dont il est satisfait, il ne fait aucun doute que, comme dans toutes les autres dimensions de cette société de l'an 2.000, les transports (publics ou privés) s'alimenteront d'informations fiables, disponibles en temps réel.

D'où la percée rapide et généralisée des systèmes d'aide à l'exploitation et de contrôle des véhicules.

L'avantage qui découle de l'utilisation de tels systèmes a trait à l'amélioration du service résultant des progrès généraux en termes d'efficacité.

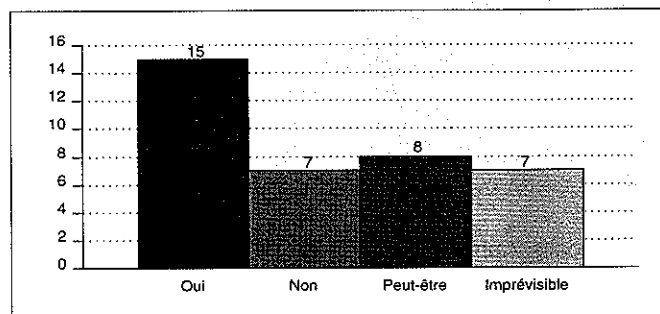


Figure 30: Influence des nouvelles techniques d'information sur la mobilité

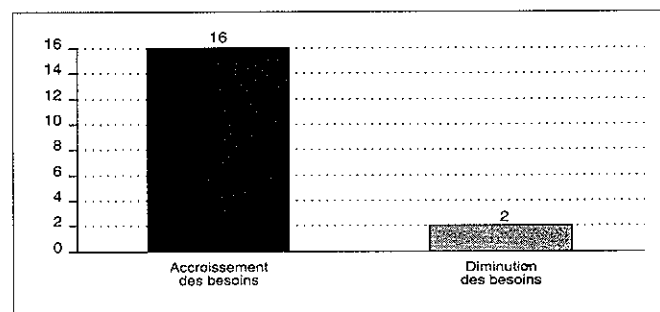


Figure 31: Développement futur du transport en commun suburbain

Ces progrès sont dus à une utilisation plus rationnelle des ressources, à la rapidité avec laquelle les difficultés sont surmontées, au contrôle de production et à l'évaluation constante des résultats.

Outre l'importance stratégique des systèmes de gestion et de contrôle, on constate une certaine tendance à en optimiser la qualité et l'intégration en installant dans le centre de contrôle une représentation graphique des données, plus facilement compréhensible par les opérateurs qui, en bout de chaîne, ont la charge de prendre les décisions finales. On tire cet enseignement de l'examen des réponses portant sur l'ordre de mise en oeuvre dans les cinq années à venir.

Il ne fait aucun doute que la qualité de la vie dans les villes va s'améliorer et que les zones urbaines deviendront plus vivables.

Bien qu'il soit essentiel de procéder à une analyse détaillée des coûts et bénéfices, il faut aussi prévoir et évaluer ce qu'on appelle les économies de rendement de l'opérateur, même s'il apparaît clairement qu'un faible pourcentage d'augmentation du nombre de passagers compense largement les coûts d'installation et d'exploitation des systèmes de gestion et de contrôle les plus sophistiqués.

6 Conclusions finales

De nos jours, les systèmes automatisés d'aide à l'exploitation (SAE) sont, dans le transport en commun suburbain, des éléments importants d'une gestion et d'une surveillance modernes de l'exploitation.

Ils recourent habituellement à la technologie des microprocesseurs et présentent une conception modulaire. Ils peuvent être élaborés progressivement, de façon fonctionnelle ou en réseau. A ce jour, le **SAE standard** comporte:

- une localisation automatisée du véhicule
- une surveillance automatisée de l'horaire
- des instruments de retour à l'exploitation commerciale normale après des perturbations
- une communication des données et une radiocommunication entre le poste central et le véhicule
- une représentation de l'exploitation commerciale dans le poste central
- des évaluations statistiques.

Outre ces fonctions de base, d'autres fonctions se sont entre temps ajoutées au système pour diverses entreprises de transport. Les **fonctions supplémentaires** comprennent:

- une saisie de l'occupation
- une garantie des correspondances

- une influence sur les systèmes de régulation du trafic comme mesure d'accélération importante
- une information aux passagers dans les véhicules et aux arrêts.

Dans certains cas, ces fonctions ne sont que provisoires ou utilisées à titre d'essai.

Le développement, le perfectionnement et la diffusion de ces extensions de système souvent disponibles en option constitueront une tâche importante pour les prochaines années.

Lors de l'**organisation de l'installation du système**, il faut surtout veiller à respecter les points suivants:

- calendrier complet et détaillé de la gestion et du projet ainsi que contrôle permanent à toutes les phases d'introduction
- sélection de systèmes éprouvés et de fournisseurs fiables
- préparation méticuleuse des données avant leur utilisation
- participation permanente des employés concernés et de leurs représentants à la planification et à la réalisation
- obtention d'un soutien du pouvoir politique.

Le SAE permet d'améliorer en permanence la **punctualité** et la **régularité** du transport, l'**efficacité de la gestion des perturbations**, la **garantie des correspondances**, les **principes de base de l'information** destinée aux **passagers** et le transport.

Le SAE profite donc indistinctement aux passagers, à l'entreprise de transport et aux employés.

Il fournit à la gestion de l'exploitation et aux systèmes périphériques les données de base nécessaires sur la qualité de la conduite, ce qui justifie sa **portée stratégique pour toute l'entreprise de transport**.

Des systèmes automatisés d'aide à l'exploitation bénéficient non seulement à l'exploitation, mais ils présentent aussi des avantages économiques.

Les **coûts** d'un SAE sont assez simples à calculer. En revanche, l'**utilité** n'est que partiellement quantifiable et chiffrable en termes monétaires. Il est difficile mais possible de démontrer sa rentabilité.

Les **perspectives** des SAE dépendent avant tout des extensions fonctionnelles quantitatives et qualitatives et d'une automatisation renforcée. L'importance des systèmes experts grandira à mesure que les données à traiter deviendront plus complexes. Il faut s'attendre à ce que le développement aille jusqu'à des systèmes SAE présentant une exploitation autonome des véhicules.

La **liaison avec d'autres systèmes informatisés** fera aussi des progrès. Par exemple, le SAE peut être combiné avec:

- des ordinateurs de guidage de trains
- des dispositifs de perception du prix du transport
- un diagnostic du véhicule.
- des systèmes d'information sur les horaires et des systèmes d'information aux passagers
- des horaires et des tableaux de service.

En raison de la demande d'une offre de transports toujours plus attrayants et fiables, de la circulation de plus en plus morcelée dans les agglomérations et de l'harmonisation nécessaire entre les divers entrepreneurs de transport, l'importance de systèmes automatisés d'aide à l'exploitation grandira encore au cours des prochaines années.

Les SAE constituent une condition d'installation de systèmes de guidage de la circulation complexes et intelligents dans des villes et des régions. Pour ce faire, il est nécessaire de coupler les systèmes SAE avec les centrales de gestion d'autres entrepreneurs de transport. Il est ainsi possible d'obtenir une gestion complète d'un système de circulation (p. ex. le projet de recherche européen DRIVE) en vue d'une répartition économique et écologique des tâches entre les moyens de transport publics et privés.

Annexe 1

Classement des résultats selon les pays d'origine

Australie	2
Melbourne (2)	
Belgique	2
Bruxelles	
Anvers	
Danemark	1
Copenhague	
Allemagne	9
Berlin	
Hambourg	
Stuttgart	
Hanovre	
Osnabrück	
Nuremberg	
Darmstadt	
Aix-la-Chapelle	
Wiesbaden	
Finlande	1
Helsinki	
France	4
Paris	
Strasbourg	
Nantes	
Marseille	
Grande-Bretagne	2
Londres	
Manchester	
Irlande	1
Dublin	
Italie	3
Rome	
Turin	
Milan	
Canada	1
Montréal	
Pays-Bas	2
La Haye	
Utrecht	
Autriche	3
Vienne (2)	
Graz	
Suède	1
Stockholm	
Suisse	5
Berne	
Lausanne	
Genève	
Bâle	
Zurich	

Espagne	2
Madrid	
Barcelone	
Hongrie	1
Budapest	
Tunisie	1
Tunis	
URSS	1
Moscou	
Etats-Unis	2
Buffalo	
New Jersey	
Total	44

Annexe 2

Classement des réponses à l'enquête en fonction de la taille des villes (nombre d'habitants)

Moins de 250.000	8
250.000 - 500.000	8
500.000 - 750.000	6
750.000 - 1.000.000	2
1.000.000 - 1.500.000	5
1.500.000 - 2.000.000	8
2.000.000 - 5.000.000	4
Plus de 5.000.000	3
Total	44

Annexe 3

Liste des membres ayant répondu au questionnaire:

1. Compagnie des Transports Strasbourgeois, CTS, Strasbourg (France)
2. Städtische Verkehrsbetriebe Bern, Berne (Suisse)
3. Helsinki City Transport, Helsinki (Finlande)
4. Maatschappij voor het intercommunaal vervoer te Antwerpen, Anvers (Belgique)
5. Transports publics de la région Lausannoise, Lausanne (Suisse)
6. GM Buses, Manchester (Grande-Bretagne)
7. SPM Transports de Barcelona - FC Metropolita de Barcelona Sa (SPM), Barcelone (Espagne)
8. Stadtwerke OS, Osnabrück (Allemagne)
9. Empresa municipal de Transportes de Madrid Sa, Madrid (Espagne)
10. Die Grazer Stadtwerke AG, Graz (Autriche)

11. Port Authority Trans-Hudson Corporation, New Jersey (E.-U.)
12. Transports Publics Genevois, Genève (Suisse)
13. Gemeente Vervoerbedrijf Utrecht, Utrecht (Pays-Bas)
14. Wiener Stadtwerke Verkehrsbetriebe, Vienne (Autriche)
15. Verkehrs-Aktiengesellschaft, Nuremberg (Allemagne)
16. Dublin Bus, Dublin (Irlande)
17. BLT Baselland Transport AG, Bâle (Suisse)
18. Public Transport Corporation, Melbourne (Australie) (2)
20. ÜSTRA Hannoversche Verkehrsbetriebe AG, Hanovre (Allemagne)
21. AB Storstockholms Lokaltrafik, Stockholm (Suède)
22. Azienda Tramvie e Autobus del Comune di Roma (ATAC), Rome (Italie)
23. VE Kombinat Berliner Verkehrsbetriebe, Berlin-Est (Allemagne)
24. Régie Autonome des Transports de la ville de Marseille, Marseille (France)
25. Aktiengesellschaft der Wiener Lokalbahnen, Vienne (Autriche)
26. Société de transport de la communauté urbaine de Montréal, Montréal (Canada)
27. SEMITAN, Nantes (France)
28. Hamburger Hochbahn AG, Hambourg (Allemagne)
29. Hessische Elektrizitäts-AG (HEAG), Darmstadt et environs (Allemagne)
30. Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs AG, Aix-la-Chapelle (Allemagne)
31. London Regional Transport, Londres (Grande-Bretagne)
32. Niagara Frontier Transportation Authority, New York (E.-U.)
33. Hovedstadsomradets Trafikselskab, Copenhague (Danemark)
34. Verkehrsbetrieb Zürich, Zurich (Suisse)
35. Régie Autonome des Transports Parisiens, Paris (France)
36. Consorzio Trasporti Torinesi - Azienda Tramvie Municipali, Turin (Italie)
37. Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles, Bruxelles (Belgique)
38. Société Nationale des Transports, Tunis (Tunisie)
39. Haagsche Tramwegmaatschappij, La Haye (Pays-Bas)
40. Budapesti Verkehrsbetriebe, Akácfa (Hongrie)
41. MMPO Mosgortrans, Moscou (Union soviétique)
42. Stadtwerke Wiesbaden AG, Wiesbaden (Allemagne)
43. Stuttgarter Straßenbahnen AG, Stuttgart (Allemagne)
44. Azienda Trasporti Municipali di Milano, Milan (Italie)

Annexe 4

Bibliographie:

- Becker, Karin - Rationalisierung im öffentlichen Personennahverkehr, Am Beispiel Leitstellen Hrsg.: Hauptvorstand Gewerkschaft Öffentliche Dienste, Transport und Verkehr Stuttgart, 1982
- Hamburg - Consult, Nutzen eines rechnergesteuerten Betriebsleitsystems für die VAG Nürnberg Hamburg 1978
- Stadtwerke Lübeck & Hamburg - Consult, Attraktiver ÖPNV durch Beschleunigungsmaßnahmen und Einsatz moderner Betriebsleittechnik. Zusammengefaßte Vorträge anlässlich eines Workshops 1989
- Conférence Européenne des Ministres des Transports - Transports Urbains: L'information des voyageurs et les nouvelles technologies, CEMT 1989
- Pällmann, W. - Emploi de systèmes de contrôle par ordinateur en vue d'optimiser l'exploitation des métros légers; 44ème Congrès International de l'UITP à Dublin, 1981
- Heunemann, Gerhard - Rechnergesteuerte Betriebsleitsysteme - Stand der Realisierung und Bewertung durch die Anwender in: Der Nahverkehr, Heft 1, 1987, S. 24 ff.
- Appelmans A., Armengol Farreny, J.M., Leprince, M., Peter, F.: Systèmes d'aide à l'exploitation des réseaux de surface; 47ème Congrès International de l'UITP à Lausanne, 1987
- J. Haas, H. Petry, W. Schühlein - Untersuchung zur Verringerung berufsbedingter Gesundheitsrisiken im Fahrdienst des öffentlichen Personennahverkehrs. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz Dortmund 1989
- Bundesminister für Verkehr, Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs, Verfasser G. Heimerl u.a.
- Nagel, Kurt - Nutzen der Informationsverarbeitung, 2. Auflage, München 1990
- Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung. Sachgebiet Verkehrs- und Betriebssteuerung. Bonn. Herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr. Heft A2. 1986.
- Systèmes d'Aide à l'Exploitation. Les Réalisations Françaises, Bagneux, Centre d'Etudes des Transports Urbains. CETUR. 1988.
- ASU - REJS - Automatic traffic control system for public transport vehicles, Moscow, Mosgortransniiprojekt, 1989
- Bollhöfer D - Automation im öffentlichen Personennahverkehr, 1988 (6), 3; 8-14.

- *Grewe J.-B. - Das Bon-Leitsystem in Aachen.
Der Nahverkehr. 188. (6), 3; 58-61
- International conference on AVL in urban transit systems.
Ottawa. Canadian Urban Transit Association. -
CUTA. 1988
- Stadtbahn Stuttgart Talquerlinien U5 und U6 - Stuttgarter
Straßenbahnen AG Stuttgart. 1990
- G. Canal, R. Flor Lechago - L'autobus en l'an 2000,
Rapport du 46ème Congrès International de l'UITP
à Bruxelles, 1985
- AA. VV. Progettazione di un sistema di tecnologie avan-
zate per la gestione ed il controllo automatico, il moni-
toraggio, l'informazione e la sorveglianza a scala urbana
dei servizi tecnologici con particolare riferimento
all'energia, ai trasporti e all'ambiente. Cispel 3e Confe-
renza Nazionale Informatica PALERMO - ottobre 1990.
Primo rapporto intermedio.
- G. Ambrosino, M. Bielli,
M. Boero, S. Fleischmann, R. Hock, M. Irgens.
1991. A Blackboard Model for Traffic Control
Operations Advanced Telematics in Road Transport.
Proceedings of the DRIVE Conference Brussels.
February 1991. Amsterdam. Elsevier.
- Bielli M, Cini M. Integrazione di Tecniche AI e Or nei
DSS. Giornale AIRO. Pisa, 5-6 ottobre 1988 (615-634).
- Biggi R. Procedura per la programmazione del servizio.
CISPEL 3e Conferenza Nazionale Informatica
Palermo - ottobre 1990. Pag. 451.
- Bleyl R. 1967. A practical computer program for
designing traffic signal system timing plans. Highway
Research Board Record 221: 19-33.
- Blunden, W.R. 1964. On the computer simulation of a
single channel queueing facility for a wide range of
arrival and departure distributions. Proceedings of
Australian Road Research Board.
- Bolle G. 1976
System ALI - Traffic guidance by computer prediction,
Bild der Wissenschaft No 4: 76-82
- Brinkman, A.J. Nijmeyer and H. van Peeteren 1973
Application of the all-purpose traffic processor.
Philips telecommunication review, 33(1): 16-33.
- Brooks, W.D. 1965, Vehicular traffic Control:
designing arterial progressions using a digital computer.
IBM Corporation.
- Butrimenko, A. and H. Strobel. 1974. On an algorithm for
the adaptive automatic control of the main vehicular traf-
fic streams in an urban area. IIASA Working paper. WP-
74-1a Laxenburg. Austria: International Institute for Ap-
plied Systems Analysis.
- Caes, S. and L. Casciato 1960. Centralized traffic signal
control by general purpose computer. Proceedings of
the Institute of Traffic Engineers: 203-211.
- Cirillo, A. Un modello prototipale di sistema esperto per
il monitoraggio, il controllo e la pianificazione del
trasporto di persone CISPEL 3e Conferenza Nazionale
Informatica Palermo - ottobre 1990. Vol. 4 Pag. 489.
- Drew D.R. 1968. Traffic flow theory and control.
New York: McGraw-Hill.
- Giordano R. Dalla rate alla azienda: punti di crisi del
sistema di trasporto pubblico su gomma.
CISPEL 3° Conferenza Nazionale Informatica
Palermo - ottobre 1990. Vol. 4 Pag. 379.
- Job Klijhout. 1987. Integrated traffic monitoring and
control. Information Technology Application in Transport
VNU Science Press Utrecht, The Netherlands.
(105 - 140).
- Strobel H. Computer Controlled Urban Transportation.
ITABA n. 10 Wiley. 1982.

Annexe 5

DONNEES	Dimension	%	Base	Total
---------	-----------	---	------	-------

1 DONNEES GENERALES

1211	Habitants de la ville	Nombre (en milliers)
1212	Superficie de la ville	km ²
1221	Habitants de la zone de trafic	Nombre (en milliers)
1222	Superficie de la zone de trafic	km ²

13 Responsable

131	Gouvernement national	Indication	13,6	44	6
132	Gouvernement régional	Indication	27,3	44	12
133	Commune	Indication	68,2	44	30
134	Privé	Indication	2,3	44	1
135	Autres	Désignation			1

14 Type de prestations de services

141	Chemin de fer	Indication	13,6	44	6
142	Métro	Indication	31,8	44	14
143	Métro léger	Indication	18,2	44	8
144	Tramway	Indication	54,5	44	24
145	Autobus	Indication	95,5	44	42
146	Trolleybus	Indication	20,5	44	9

15 Nombres de prestations de service

151	Nombre de passagers	Millions
152	Nombre de km/passagers	km/Passagers
153	Nombre de véhicules/km	Véhicules/km
154	Nombre de lignes	Nombre
155	Longueur de trajet	km
156	Nombre de véhicules	Nombre
157	Nombre d'arrêts	Nombre
161	Volume du coût global	Millions \$
162	Volume des recettes du trafic	Millions \$

2 FONCTIONS FONDAMENTALES

21 Gestion de l'exploitation commerciale

211	Personnel de surveillance sur place	Oui/Non/En partie	44	21O2N17EP
212	Centrale de gestion avec radio	Oui/Non/En partie	44	25O3N8EP
213	SAE	Oui/Non/En partie	44	12O10N13EP
214	SAE avec exploitation autonome des véhicules	Oui/Non/En partie	44	2O21N1EP 12O4N

22 Introduction de SAE examiné

Oui/Non

23 Etat de développement du SAE

231	Planification entamée	Indication	15,4	39	6
232	Planification achevée	Indication	2,6	39	1
233	Début du projet	Indication	17,9	39	7
234	Réalisation juste avant finalisation	Indication	12,8	39	5

DONNÉES		Dimension	%	Base	Total
235	SAE en service	Années	51,3	39	20
236	Extension prévue	Indication	43,6	39	17
<i>24 Données générales sur le SAE</i>					
2411	Nombre de lignes	Nombre			
2412	Longueur de trajets du réseau	km			
2413	Nombre d'arrêts	Nombre			
2414	Nombre de correspondances	Nombre			
242	Parc roulant utilisé	Nombre			
<i>25 Configuration informatique</i>					
2511	Un ordinateur	Indication	33,3	33	11
2512	Deux ordinateurs	Indication	60,6	33	20
<i>252 Critères de sélection de l'ordinateur</i>					
2521	Aspects des coûts	Indication	33,3	33	11
2522	Disponibilité	Indication	63,6	33	21
2523	Autres aspects	Indication	15,2	33	5
<i>253 Type d'ordinateur</i>					
2531	Type	Désignation			
2532	Constructeur	Désignation			
254	Nombre de postes de travail	Nombre			
<i>26 Interface avec l'ordinateur principal</i>					
261	Exécution sur l'ordinateur principal	Oui/Non	30	33	10/20N
2621	Système spécialisé connecté	Indication	12,1	33	4
2622	Système spécialisé connectable	Indication	15,2	33	5
2623	Aucun système spécialisé	Indication	48,5	33	16
<i>27 Transmission de données</i>					
271	Radio	Indication	90,9	33	30
272	Câble	Indication	21,2	33	7
273	Autres	Mot	9,1	33	3
<i>28 Installation de radiocommunication des données</i>					
281	Gamme de fréquences	MHz			
282	Vitesse de transmission	Bauds			
283	Temps de cycle	sec.			
284	Puissance de l'émetteur	Valeur pour le véhicule			
285	Puissance du récepteur	Watt			
286	Nombre de canaux de données	Nombre			
<i>29 Informations véhicule-centre de gestion</i>					
291	Numéro de ligne	Indication	90,9	33	30
292	Numéro de chauffeur	Indication	36,4	33	12
293	Numéro de route	Indication	81,8	33	27

Données		Dimension			
294	Localisation du véhicule	Indication	84,8	33	28
295	Taux d'occupation	Indication	54,5	33	18
296	Divers	Indication	33,3	33	11
<i>210 Localisation du véhicule</i>					
21011	Optomécanique	Indication	15,2	33	5
21012	Electronique	Indication	30,3	33	10
21013	Magnétique	Indication	15,2	33	5
21014	Autre procédé	Indication	9,1	33	3
2102	Localisation logique	Indication	33,3	33	11
2103	Localisation combinée	Indication	51,5	33	17
<i>211 Balises comme</i>					
2111	Emetteur à ondes courtes	Indication	21,2	33	7
2112	Emetteurs à infrarouge	Indication	36,4	33	12
2113	Boucles d'induction	Indication	15,2	33	5
2114	Autres	Indication	21,2	33	7
<i>212 Saisie du taux d'occupation</i>					
2121	Détecteur de poids	Indication	24,2	33	8
2122	Barrière lumineuse double	Indication	9,1	33	3
2123	Marche spéciale	Indication	9,1	33	3
2123	Autres	Indication	18,2	33	6
<i>213 Messages du chauffeur</i>					
2131	Radiotéléphonie	Indication	93,9	33	31
2132	Aide technique	Indication	75,8	33	25
2133	Signal de détresse	Indication	93,9	33	31
2134	Alarme silencieuse	Indication	69,7	33	23
2134	Autre message	Indication	36,4	33	12
<i>214 Messages de la centrale de gestion</i>					
2141	Perturbations horaires	Indication	75,8	33	25
2142	Accélération/ralentissement	Indication	42,4	33	14
2143	Embouteillage	Indication	30,3	33	10
2144	Garantie des correspondances	Indication	60,6	33	20
2145	Autre message	Indication	42,4	33	14
<i>215 Affichage des données</i>					
2151	Localisation du véhicule	Indication	93,9	33	31
2152	Comparaison théorique/réelle	Indication	90,9	33	30
2153	Ecart d'intervalle	Indication	66,7	33	22
2154	Divers	Indication	33,3	33	11
<i>216 Représentation pour le dispatcher</i>					
2161	Alphanumérique	Indication	97	33	32
2162	Graphique	Indication	87,9	33	29
2163	Code de couleurs	Indication	84,8	33	28
2164	Plan de la ville	Indication	24,2	33	8
2165	Autres méthodes	Indication			

Données		Dimension	%	Base	Total
217 Gestion des perturbations avec établissement de priorités					
2171	Position de l'horaire	Indication	75,8	33	25 (13x1)
2172	Régulation de la suite	Indication	66,7	33	22 (10x2)
2173	Rebroussement	Indication	75,8	33	25 (8x3)
2174	Véhicules de remplacement	Indication	75,8	33	25 (7x3,6x4)
2175	Véhicules d'autres lignes	Indication	51,5	33	17 (8x5)
2176	Divers	Indication	21,2	33	7
218 Exploitation autonome des véhicules - Raisons					
21811	Statistiques	Indication	6,1	33	2
21812	Amélioration de la position de l'horaire	Indication	3	33	1
21813	Aspects des coûts	Indication	3	33	1
21814	Autres raisons	Indication	12,1	33	4
2182 Radiotéléphonie		Oui/Non	15,2	33	501N
2183 Réalisation technique					
21831	Radio	Indication	15,2	33	5
21832	Balises	Indication	18,2	33	6
21833	EPROM	Indication	0	33	0
21834	Autres solutions	Indication	6,1	33	2
219 Différence bus/rails					
21911	Le même système	Indication	42,4	33	14
21912	Systèmes différents	Indication	24,2	33	8
21921	Particularités propres aux bus	Explication	21,2	33	7
21922	Particularités propres aux véhicules sur rails	Explication	24,2	33	8
21931	Aspects des coûts	Indication	9,1	33	3
21932	Raisons techniques	Indication	21,2	33	7
21933	Autres raisons	Indication	6,1	33	2
220 Information aux passagers					
2201 dans le véhicule					
22011	Annonce de l'arrêt suivant	Indication	54,5	33	18
22012	Affichage visuel de l'arrêt suivant	Indication	39,4	33	13
22013	Affichage automatique de la destination	Indication	39,4	33	13
22014	Autres	Indication	0	33	0
2202 aux arrêts					
22021	Heure d'arrivée du train suivant	Indication	45,5	33	15
22022	Localisation du véhicule sur le trajet	Indication	6,1	33	2
22023	Retards	Indication	36,4	33	12
22024	Autres informations	Indication	12,1	33	4
2203 Information des passagers à domicile			15,2	33	5

221 Autres fonctions du SAE

2211	Commande des aiguillages	Indication	21,2	33	7
2212	Influence sur les signaux lumineux	Indication	66,7	33	22
2213	Statistiques	Indication	87,9	33	29
2214	Horaire	Indication	72,7	33	24
2215	Compte du personnel	Indication	18,2	33	6
2216	Mesures d'entretien	Indication	27,3	33	9
2217	Divers	Indication	9,1	33	3

222 Mesures périphériques

2221	Priorité aux signaux	Mot - Rail/bus	75,8	33	25 (904,4R,9ML)
2222	Couloirs réservés aux bus	Mot - Rail/bus	72,7	33	24
2223	Véhicules sur rails séparés	Mot - Rail/bus	42,4	33	14
2224	Divers	Mot - Rail/bus	3	33	1ML
2225	Changement de voie	Mot - Rail/bus	15,2	33	5
2226	Systèmes de priorité pour les bus	Mot - Rail/bus	48,5	33	16

3 RENTABILITE**311 Financement du SAE**

3111	Entièrement par l'entreprise	Mot	33,3	33	11
3112	Avec des subventions	Mot	66,7	33	22
3113	Montant des subventions	%			
3121	Nationales	Mot	45,5	33	15
3122	Régionales	Mot	33,3	33	11
3123	Municipales	Mot	9,1	33	3
3131	Subventions d'investissement	Oui/Non	60,6	33	200,2N
3132	Subventions pour les dépenses d'exploitation		12,1	33	40,18N

32 Analyse des coûts/avantages

			66,7	33	220,6N,1EP
3211	Analyse des coûts/avantages exécutée?	Oui/Non			
3212	Résultats vérifiés	Oui/Non	30,3	33	100,12N
3221	Procédure normalisée	Mot	12,1	33	4
3222	Analyse de la rentabilité des coûts	Mot	27,3	33	9
3233	Description	Mot	30,3	33	10

33 Coût du SAE (éléments)

331	Bâtiments	Nombre			
332	Installations	Nombre			
333	Ordinateurs	Nombre			
334	Périphériques	Nombre			
335	Logiciel	Nombre			
336	Postes de gestion	Nombre			
337	Equipement du véhicule	Nombre			
338	Equipements au sol sur le trajet	Nombre			
339	Radiotéléphonie	Nombre			
3310	Installation	Nombre			
3311	Formation	Nombre			

DONNEES		Dimension	Base	Total
33 Coût du SAE (total)				
331	Bâtiments	\$		
332	Installations	\$		
333	Ordinateurs	\$		
334	Périphériques	\$		
335	Logiciel	\$		
336	Postes de gestion	\$		
337	Equipement du véhicule	\$		
338	Equipements au sol sur le trajet	\$		
339	Radiotéléphonie	\$		
3310	Installation	\$		
3311	Formation	\$		
3312	Brut total	\$		
3313	/, Subventions	\$		
3314	Net total	\$		
34 Dépenses annuelles courantes				
341	Coût du service du capital	\$		
342	Dépenses de personnel	\$		
343	Coût de matériel	\$		
35 Avantages du SAE				
<i>Avantages monétaires</i>				
351	Recettes de transport supplémentaires	Avantage escompté/constaté	36	7E1C1EC
352	Diminution des coûts	Avantage escompté/constaté	36	12E3EC
<i>Avantages fondamentaux</i>				
353	Plus de passagers	Avantage escompté/constaté	36	1E1C2EC
354	Gains de temps de parcours	Avantage escompté/constaté	36	17E1C3EC
355	Temps de rebroussement	Avantage escompté/constaté	36	7E2C3EC
356	Nombre de véhicules/v. de remplacement	Avantage escompté/constaté	36	8E2C3EC
357	Personnel roulant	Avantage escompté/constaté	36	10E4EC
358	Personnel de surveillance	Avantage escompté/constaté	36	15E4C4EC
359	Personnel administratif	Avantage escompté/constaté	36	6E1EC
3511	Fiabilité	Avantage escompté/constaté	36	18E4C9EC
3512	Garantie des correspondances	Avantage escompté/constaté	36	13E4C9EC
<i>Avantages non fondamentaux</i>				
3510	Attrait du système de guidage du trafic	Avantage escompté/constaté	36	18E2C7EC
3513	Gestion des perturbations	Avantage escompté/constaté	36	16E4C15EC
3514	Communication de service	Avantage escompté/constaté	36	14E4C11EC
3515	Données d'exploitation	Avantage escompté/constaté	36	13E4C12EC
3516	Planification	Avantage escompté/constaté	36	12E5C10EC
3517	Conditions de travail	Avantage escompté/constaté	36	10E3C12EC
3518	Autres efficacités	Avantage escompté/constaté	36	2E3C4EC

Données		Dimension	%	Base	Total
4 PROCESSUS D'INTRODUCTION					
41 Variantes du SAE					
411 Gestion actuelle					
4111	Ordre de priorité lors de la commande des feux	Indication			
4112	Séparation du trafic privé	Indication	72,7	33	24
4113	Aménagement des voiries pour le transport en commun suburbain	54,5	33	18	
4114	Gestion des départs	Indication	54,5	33	18
4115	Ordinateur du véhicule	Indication	39,4	33	13
4116	Radio sur le véhicule	Indication	69,7	33	23
4117	Autres systèmes	Indication	9,1	33	3
412 Informations d'exploitation					
4121	Véhicules d'essai	Indication	63,6	33	21
4122	Saisie de l'occupation	Indication	57,6	33	19
4123	Message à l'employé	Indication	48,5	33	16
4124	Autres systèmes	Indication	3	33	1
413	Alarme silencieuse	Indication	66,7	33	22
42 Organisation					
421 Organisation du projet					
4211	Organisation formelle du projet	Oui/Non	72,7	33	24O2N
4212	Groupe de travail spécial	Indication	72,7	33	24
4213	Conseiller externe	Indication	45,5	33	15
4214	Représentant des travailleurs participe	Indication	33,3	33	11
422 Phases de l'introduction					
4221	Phases fonctionnelles	Indication	57,6	33	19
4222	Phases liées au réseau	Indication	75,8	33	25
423 Activités d'essai					
4231	Installation préalable	Indication	57,6	33	19
4232	Réalisation de prototypes	Indication	45,5	33	15
4233	Prototyping	Indication	54,5	33	18
4234	Exploitation autonome des véhicules	Indication	27,3	33	9
4235	Exploitation des données d'essai	Indication	39,4	33	13
43 Degré d'extension					
431	Système standard	Indication	51,5	33	17
432	Développement interne	Indication	42,4	33	14
433	Développement extérieur	Indication	6,1	33	2
434	Nombre d'installations	Nombre			-
44 Méthode C.A.S.E.				60,6	33O20N

Aspects techniques et économiques des systèmes d'aide à l'exploitation

DONNÉES		Dimension	%	Base	Total
45 Fournisseur					
451	Prix	Indication	54,5	33	18
452	Performances	Indication	60,6	33	20
453	Compétence	Indication	54,5	33	18
454	Références	Indication	36,4	33	12
455	Fiabilité	Indication	36,4	33	12
456	Nombre d'installations	Indication	45,5	33	15
457	Autres critères	Indication	27,3	33	9

46 Temps nécessaire

461	Processus de décision	Mois essai/eff.
462	Elaboration du cahier des charges	Mois essai/eff.
463	Installation + essai	Mois essai/eff.
464	Marche d'essai	Mois essai/eff.
465	Durée totale	Mois essai/eff.
466	SAE en service	Mois
467	Extension complète terminée	Mois

47 Expériences

471	Expériences	Mot
472	Problèmes principaux	Mot
473	Recommandations	Mot

48 Soutien politique

		Oui/Non	57,6	33	19013N
491	Participation des travailleurs	Oui/Non	81,8	33	2706N
492	Participation du personnel nécessaire	Oui/Non	93,9	33	3103N
493	Type de formation + information	Mot			
494	Syndicat	Oui/Non	15,2	33	5026N

5 PERSPECTIVES

51 Capacités

511	Mesure dynamique des besoins	O/N/Précéd.	65	40	2602N2P
512	Tracé graphique de la route	O/N/Précéd.	35	40	14011N2P
513	Définition de l'horaire	O/N/Précéd.	35	40	1402N1EP9P
514	Sélection en temps réel	O/N/Précéd.	37,5	40	1507N1EP6P
515	Planification du travail en équipes	O/N/Précéd.	45	40	1804N9P
516	Division du travail en équipes	O/N/Précéd.	17,5	40	1706N1EP11P
517	Mesure différentielle	O/N/Précéd.	65	40	2602N1P

52 Raisons d'insatisfaction

521	Gestion restreinte	Indication	37,5	40	15
522	Imprévisibilité	Indication	47,5	40	19
523	Peu d'information sur le trajet	Indication	15	40	6
524	Sans information en temps réel	Indication	50	40	20

53 Affichage du temps d'attente

531	Insignifiant	Indication	5	40	2
532	Attente des utilisateurs	Indication	67,5	40	27
533	Augmentation du nombre de passagers	Indication	42,5	40	17

Données		Dimension			Total
54 Sources de réponse					
541	Evaluations personnelles	Indication	47,5	40	19
542	En particulier sondages	Indication	7,5	40	3
543	Expériences immédiates	Indication	50	40	20
55 Type d'information					
551	Temps d'attente	Indication	87,5	40	35
552	Arrêt	Indication	72,5	40	29
553	Temps de parcours	Indication	40	40	16
554	Trajet de remplacement	Indication	30	40	12
555	Arrêt de remplacement	Indication	12,5	40	5
556	Embouteillage	Indication	42,5	40	17
557	Accidents	Indication	35	40	14
558	Interruption de l'exploitation	Indication	72,5	40	29
56 Nouvelles tendances					
	Oui/Non/Peut-être/Imprévisible	Mot		40	1507N8P7I
57 Besoins escomptés					
571	Baisse des besoins	Mot	5	40	2
572	Augmentation des besoins	Mot	40	40	16
58 Informations à domicile					
	Oui/Non		65	40	2606N
59 Autres plans					
				22,5	40 9
510 Intégration					
5101	Intégration dans la ville	Mot	45	40	18
5102	Perception du prix du transport	Mot	20	40	8
5103	Diagnostic des véhicules	Mot	27,5	40	11
5104	Ordinateur de commande des trains	Mot	20	40	8
511 Systèmes experts					
5111	Utilisation des systèmes experts	O/N	12,5	40	5023N
5112	Utilisation future	O/N	17,5	40	7017N
512 Systèmes combinés					
	O/N		45	40	18012N