

Évaluation d'un système d'optimisation du transport scolaire dans le cadre d'une étude-pilote



Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Direction générale du transport
des personnes et des marchandises

CANQ
TR
TPM
DTTP
141
Ex. 1

475785

Évaluation d'un système d'optimisation du transport scolaire dans le cadre d'une étude-pilote



Gouvernement du Québec
Ministère des Transports
Direction générale du transport
des personnes et des marchandises

août 1988

QMIRA
CANQ
TR
TPM
DTTP
141
Éx. 1

**Évaluation d'un système d'optimisation du
transport scolaire dans le cadre d'une
étude-pilote**

Publication réalisée à la Direction générale
du transport des personnes et des
marchandises du ministère des Transports

Cet ouvrage a été préparé par le Service des
systèmes d'information de la Direction du
développement du transport terrestre des
personnes

Coordination, analyse et rédaction:

André Babin, M.Sc. R.O.
Georges Lalonde, ing., M.Urb.

Collaboration:

Pierre Tremblay, ing.

Collaboration du C.R.T.:

Serge Taillefer, M.Sc.

Collaboration de la commission scolaire Le Goeland:

Denis Hudon, coordonnateur du transport

Assistance technique:

André Babin, infographie
Guylaine Brissette, traitement de texte
Thérèse Coulombe, traitement de texte
Marc Gaboury, graphisme

Table des matières

	PAGE
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Contenu et objectifs du projet	3
1.2 Le contexte du transport scolaire	4
2.0 ORGANISATION DU TRANSPORT SCOLAIRE	6
2.1 Description d'un processus global d'organisation du transport scolaire	6
2.2 Un survol des systèmes informatiques d'aide au transport scolaire	9
2.3 Description de TRANSCOL original	15
2.4 Description des modules de TRANSCOL adaptés et développés par le C.R.T. à la D.G.T.P.M.	15
3.0 LE SYSTÈME D'OPTIMISATION DES CIRCUITS POUR LES RÉSEAUX D'AUTOBUS DE TRANSPORT ÉCOLIER (SOCRATE) A LA D.G.T.P.M.	19
3.1 Description du système SOCRATE	19
3.2 Description de la modélisation	21
3.3 Les paramètres du système	23
3.4 Nature des algorithmes et des solutions	25
4.0 L'ÉTUDE-PILOTE EN COLLABORATION AVEC LA COMMISSION SCOLAIRE LE GOËLAND	28
4.1 Les caractéristiques de la commission scolaire	28
4.2 Le déroulement de l'étude	30
4.3 Les données, les paramètres et les contraintes du problème	35
4.4 Les résultats	39
4.5 Estimation de l'effort requis pour l'utilisation de SOCRATE	47
4.6 Estimation des économies possibles dans le budget de transport de la commission scolaire Le Goéland (pour 1984-1985)	48
4.7 Conclusion sur l'étude-pilote	49

Table des matières

	PAGE
5.0 ANALYSE DE LA ROBUSTESSE DU MODÈLE	50
6.0 DISCUSSIONS GÉNÉRALES	59
6.1 La nature du système SOCRATE et son contexte d'utilisation	59
6.2 Les prévisions d'économies dans la rationalisation du transport scolaire au Québec	61
7.0 CONCLUSION	71
8.0 RECOMMANDATIONS	73

ANNEXES

Annexe A Une description des systèmes informatiques d'aide au transport scolaire	75
Annexe B Les éléments qui composent le modèle utilisé dans le système SOCRATE	79

Liste des tableaux

	PAGE
4.1 Nombre de véhicules requis le matin et l'après-midi	41
4.2 Répartition des circuits selon le nombre de parcours effectués	42
4.3 Les temps improductifs	43
6.1 Projection brute des résultats de la Commission scolaire Le Goéland sur l'ensemble du Québec	70

Liste des figures

	PAGE
2.1 Exemple schématique d'un agencement de parcours en période du matin, tenant compte des horaires de cours	7
2.2 L'ensemble des tâches dans un processus d'organisation du transport scolaire	8
2.3 Les différents logiciels des deux principaux organismes dans l'organisation du transport scolaire	11
2.4 Une classification des systèmes orientés vers la rationalisation du transport scolaire	13
2.5 La décomposition modulaire du système TRANSCOL original	16
2.6 La décomposition modulaire du système TRANSCOL modifié	18
3.1 Une vue détaillée du cheminement des modules et des fichiers d'interface de TRANSCOL modifié	20
3.2 Le système SOCRATE	22
3.3 Comportement d'un algorithme de nature heuristique sur les solutions obtenues	27
4.1 Territoire de la Commission scolaire Le Goéland	29
4.2 Interactions entre les différentes activités du projet	32
4.3 Variation des horaires de cours pour le scénario 3	40
4.4 Nombre et importance des compressions effectuées sur les circuits pour les trois solutions présentées	45

Liste des figures

	PAGE
4.5 Temps cumulé des compressions effectuées sur les circuits des trois solutions présentées	46
5.1 Effet de la vitesse dans le réseau routier sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	51
5.2 Effet du temps d'attente maximum des élèves sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	51
5.3 Effet du tampon ajouté à la durée des parcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	54
5.4 Effet de la dimension de la plage de variation des horaires sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	54
5.5 Effet du temps minimum requis des interparcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	56
5.6 Effet du temps maximum permis des interparcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	56
5.7 Distribution des durées des interparcours pour les trois solutions	57
5.8 Effet du facteur de compression pour les circuits sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland	58
6.1 Composition des flottes de chaque commission scolaire en ordre décroissant de leur dimension	63
6.2 Répartition des durées des parcours de la Commission scolaire Le Goéland	65
6.3 Distribution des parcours dans le temps pour la Commission scolaire Le Goéland	67
6.4 Distribution des horaires de cours dans le temps pour la Commission scolaire Le Goéland	68

1.0 INTRODUCTION

Depuis plusieurs années déjà, le ministère des Transports s'est doté d'outils informatiques puissants tels U.T.P.S., EMME/2 ou MADITUC dans le domaine de la planification du transport collectif afin d'orienter rationnellement ses politiques et d'éclairer ses choix d'investissement. On remarque cependant une absence de tels outils dans le secteur du transport scolaire et dans lequel le ministère est aussi impliqué par le biais de sa politique de financement. Le besoin d'acquérir ou de développer des outils de même qu'une certaine expertise dans ce domaine a donc été ressenti par la direction de l'ancienne D.G.T.T.P. (devenue la D.G.T.P.M.) qui en a confié le mandat au service des Systèmes d'information du Transport des personnes (S.S.I.).

La Direction générale souhaitait particulièrement disposer d'outils lui permettant de mesurer l'efficacité avec laquelle les ressources sont utilisées pour l'organisation du transport scolaire, ce qui en influence directement le coût.

Dans cet esprit, il nous est apparu que certains éléments du système TRANSCOL offraient une avenue intéressante. Rappelons que le système TRANSCOL a été développé à la fin des années 70 au Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal (C.R.T.)⁽¹⁾ dans le cadre d'un projet de recherche subventionné conjointement par le ministère des

(1) Tout au long de ce rapport, on utilisera l'abréviation C.R.T. pour Centre de Recherche sur les Transports.

Transports et le ministère de l'Éducation. Il est constitué d'un ensemble d'algorithmes permettant, à partir d'une base de données géographiques, de produire les parcours de ramassage des élèves, de choisir des horaires d'écoles qui favorisent la réutilisation des véhicules et enfin, d'agencer les parcours d'autobus en circuits de façon à minimiser le nombre de véhicules requis.

Mentionnons que notre intérêt pour ce système rejoint l'une des recommandations du rapport préparé par le Service de la planification et du développement des réseaux et intitulé Mesures de rationalisation, Transport scolaire ⁽¹⁾, à l'effet "qu'il y aurait lieu de vérifier les économies résultant de l'utilisation de logiciels d'optimisation de parcours".

Il a été décidé d'adapter et d'implanter une version allégée de TRANSCOL sur micro-ordinateur au S.S.I. et de mener une étude-pilote avec une commission scolaire afin de vérifier l'efficacité et la pertinence de cet outil pour les besoins du Ministère.

L'objet du présent rapport est donc de présenter le système implanté au M.T.Q. ainsi que les résultats obtenus lors de l'étude-pilote avec la commission scolaire. L'examen approfondi du système et des résultats obtenus, de même que l'expérience acquise en tant qu'utilisateur du système devraient nous permettre d'éclairer les autorités concernées sur l'efficacité de celui-ci ainsi que sur l'usage qu'on pourrait en faire dans le cadre du mandat et des responsabilités de la D.G.T.P.M.

(1) Mesures de rationalisation, transport scolaire. Document de travail/ Girardin, Marc. (Montréal): DGTPP, juin 1987. 56p., (p.30).

1.1 Contenu et objectifs du projet

Précisons ici davantage le contenu du projet ainsi que les objectifs visés.

Le projet comprenait les activités suivantes sous la responsabilité du C.R.T.:

- la modification d'un certain nombre de modules de TRANSCOL;
- le développement de modules d'interface;
- l'implantation de ce système sur micro-ordinateur au M.T.Q.;

Et sous la responsabilité du S.S.I.:

- une étude-pilote en collaboration avec une commission scolaire et avec l'assistance du C.R.T. dans le but:
 - . de vérifier l'efficacité du logiciel;
 - . de mesurer l'effort requis pour son utilisation;
 - . de vérifier s'il répond aux besoins du Ministère;
 - . et si possible d'estimer les économies potentielles qu'on pourrait en attendre.

Mentionnons que la Commission scolaire choisie nous a été suggérée par la direction des Programmes d'aide et de la Réglementation qui a également établi le premier contact avec celle-ci. Le choix a porté sur la Commission scolaire Le Goéland (anciennement la Régionale de Lignery) parce que la clientèle de cette Commission scolaire se répartit à peu près également entre le milieu rural et le milieu urbain, et qu'elle est située près de Montréal, ce qui facilitait les contacts.

1.2 Le contexte du transport scolaire

Pour terminer il serait utile de se rappeler du contexte organisationnel et financier du transport scolaire au Québec. On sait que depuis 1981, les commissions scolaires ont acquis pleine autonomie pour la préparation des devis de transport d'écoliers et pour l'octroi des contrats. Auparavant, le contrat de transport était régi par le gouvernement et les devis préparés par les commissions scolaires devaient être approuvés par le ministère des Transports.

Les commissions scolaires sont également responsables de leurs contrats de transport, dont elles peuvent définir la forme d'adjudication, soit: l'entente de gré à gré ou la soumission publique.

Concernant le mode de financement, le ministère des Transports alloue à chaque commission scolaire une enveloppe budgétaire fermée (pour 3 ans). Le mode de financement regroupe trois composantes:

- une allocation de base couvrant le transport quotidien exclusif et/ou intégré;
- une allocation supplémentaire couvrant les classes d'accueil, maternelle-maison, le transport complémentaire et inter-école;
- une allocation spécifique couvrant les transports hebdomadaire, bi-mensuel, mensuel, trimestriel, ainsi que le transport des handicapés.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre effort de rationalisation. On voit que le ministère n'est plus impliqué directement dans l'organisation du transport scolaire qui est sous la responsabilité des commissions. Le Ministère ne peut donc pas être directif à ce niveau mais il peut tout de même s'assurer que l'utilisation des ressources qu'il finance réponde à certaines normes d'efficience. Le présent projet d'exploration d'un outil informatique moderne à cette fin est un pas dans ce sens.

2.0 ORGANISATION DU TRANSPORT SCOLAIRE

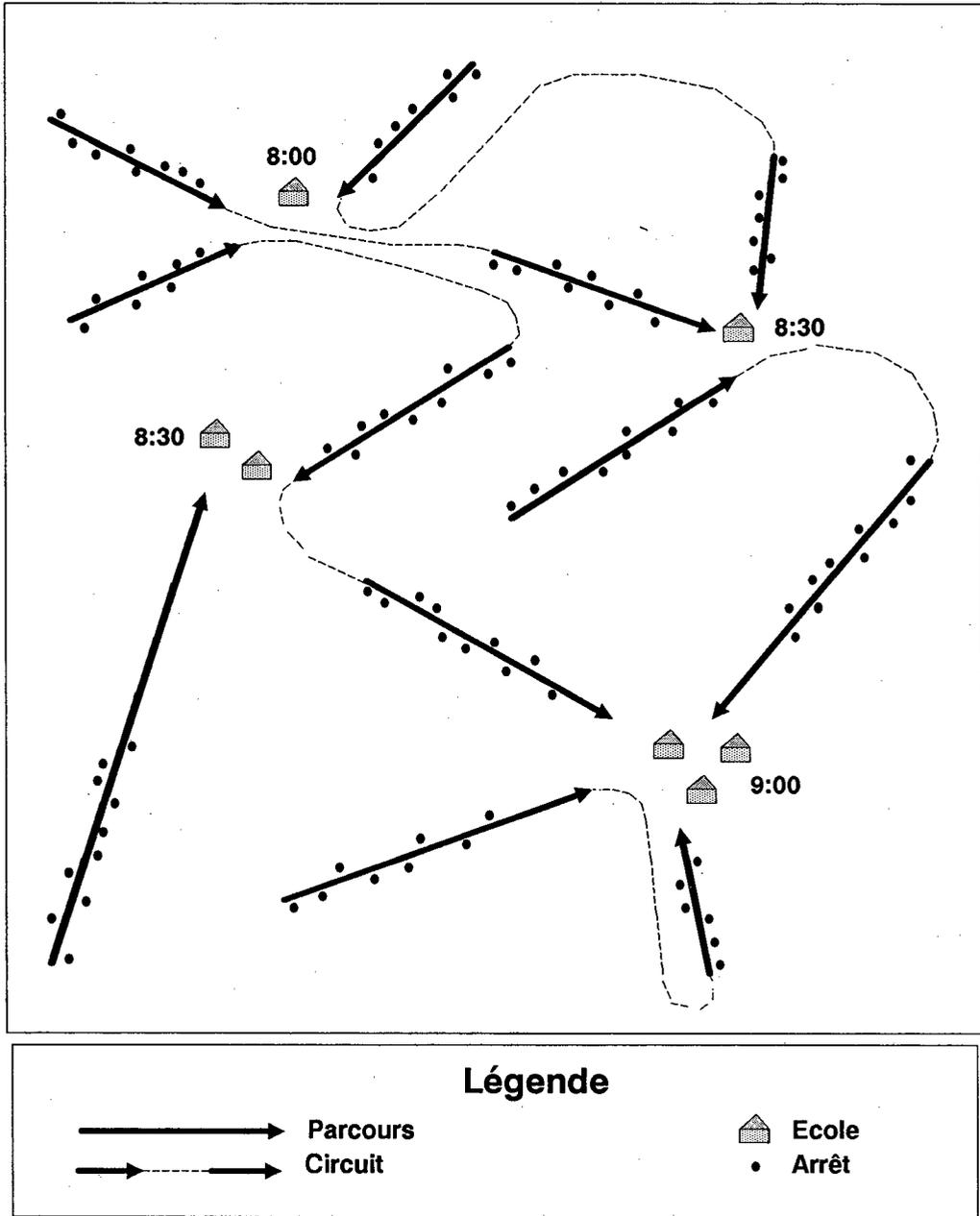
2.1 Description du processus global d'organisation du transport scolaire

On introduira ici quelques concepts nécessaires à la compréhension du processus global d'organisation du transport scolaire, du moins au Québec.

Un parcours scolaire consiste essentiellement en un itinéraire sur lequel il y a cueillette d'étudiants, soit à des arrêts prédéterminés en milieu urbain, ou bien directement à leur domicile dans le cas des élèves de maternelle ou d'élèves en milieu rural, pour se rendre à une ou quelques écoles voisines. La description précédente de parcours s'applique à la période du matin, l'après-midi, le parcours se fait en sens inverse. Les horaires de cours fixent donc les parcours dans le temps. Ils ont une influence sur l'agencement des parcours en circuits, ce qui consiste à chaîner des parcours dans le temps en tenant compte du déplacement reliant la fin d'un parcours au début du parcours suivant. Schématiquement on peut se référer à la figure 2.1 pour visualiser les concepts précités.

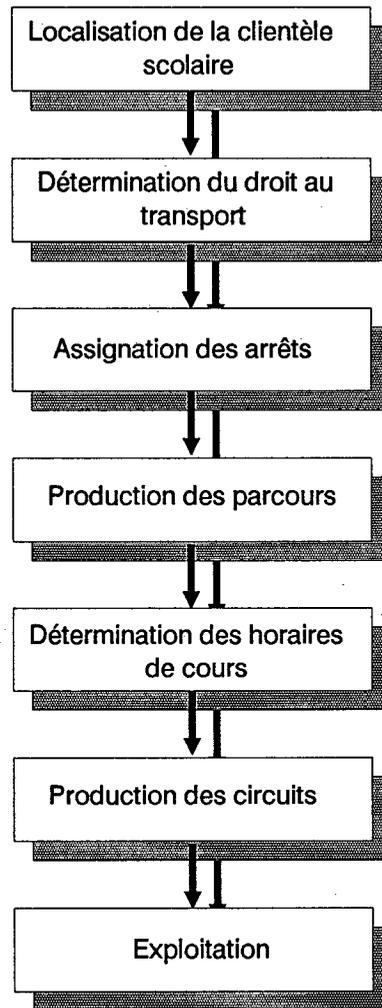
Le processus d'organisation du transport scolaire consiste en un ensemble de tâches nécessaires en vue de fournir le transport aux élèves. La figure 2.2 représente l'ensemble de ces tâches.

La localisation de la clientèle scolaire permet de situer les élèves sur une base géo-spatiale en relation avec les établissements scolaires et le réseau routier du territoire de la commission scolaire.



Exemple schématique d'un agencement de parcours en période du matin, tenant compte des horaires de cours

Figure 2.1



L'ensemble des tâches dans un processus d'organisation du transport scolaire

Figure 2.2

La détermination du droit au transport consiste essentiellement à appliquer la règle de la distance limite au-delà de laquelle l'élève est éligible au transport. Quant à l'assignation des arrêts, cette tâche désigne la confection de la liste des arrêts à utiliser et l'affectation d'un arrêt spécifique aux élèves devant être transportés.

Pour la production des parcours, il s'agit de constituer des regroupements d'arrêts en tenant compte de la capacité des véhicules, du chemin le plus court pour relier ces arrêts et de la longueur maximale du parcours. Les horaires de cours sont généralement les résultats de compromis entre différentes instances représentant des préoccupations diverses au sein de la Commission scolaire. Ces horaires ayant une influence sur l'organisation du transport scolaire, le régisseur pourra faire valoir son point de vue. Comme on le verra plus loin, la détermination des horaires de cours est le facteur le plus critique dans la performance économique d'un système de transport scolaire.

La production de circuits, c'est l'agencement des parcours du matin, du midi et de l'après-midi pour obtenir des circuits par période, puis le chaînage des circuits des différentes périodes pour obtenir des circuits quotidiens pouvant être effectués par des autobus scolaires. Finalement l'exploitation consiste à opérationnaliser le système de transport scolaire élaboré, incluant l'envoi d'avis aux élèves et aux transporteurs.

2.2 Un survol des systèmes informatiques d'aide au transport scolaire

Ce survol ne se veut pas un inventaire exhaustif des systèmes informatiques d'aide au transport scolaire au Québec; il vise plutôt à montrer quelles sont les possibilités offertes actuellement en terme de systèmes informatisés pour l'organisation du transport scolaire.

On identifie deux sources principales d'où proviennent la plupart des systèmes offerts aux commissions scolaires soient: la GRICS ⁽¹⁾ (un organisme autonome à but non lucratif au service des commissions scolaires qui en sont membres) et IST ⁽²⁾ (une importante firme privée).

Pour une description sommaire des systèmes offerts par ces deux organismes, on réfère le lecteur à l'annexe "A". Il est par contre intéressant de situer ces différents systèmes dans le contexte du processus global d'organisation du transport scolaire tel que décrit précédemment. On trouvera donc à la figure 2.3 les différents systèmes situés dans le processus. Il y a lieu de décrire brièvement les différents niveaux sur lesquels on se base pour classifier ces systèmes informatisés, tout en faisant ressortir l'efficacité de ces systèmes informatisés pour assister les responsables en transport scolaire dans leurs tâches de rationalisation.

On ne traitera cependant pas du coût de ces systèmes, ni de leur environnement d'utilisation (environnement micro-ordinateur ou ordinateur central), ni des bases de données sous-jacentes à ces systèmes, ni de la facilité d'utilisation de ceux-ci.

(1) GRICS: Société de gestion du réseau informatique des commissions scolaires

(2) IST : L'Industrielle - Services techniques Inc.

	SOCIETE G.R.I.C.S.	ENTREPRISE I.S.T.
Localisation de la clientèle scolaire		
Détermination du droit au transport	GALILEE MICROBUS PREFACE	ECLAIREUR GESTIONNAIRE HORIZON
Assignation des arrêts		
Production des parcours	GALILEE MICROBUS	ECLAIREUR GESTIONNAIRE
Détermination des horaires de cours	GALILEE	
Production des circuits	GALILEE MICROBUS	ECLAIREUR GESTIONNAIRE
Exploitation	GALILEE MICROBUS PIASTRE	ECLAIREUR

Les différents logiciels des deux principaux organismes dans l'organisation du transport scolaire

Figure 2.3

On a retenu trois classes pour la catégorisation des principaux systèmes informatisés. La classe "gestion des données" consiste en des systèmes permettant à l'utilisateur de manipuler de façon interactive les bases de données reliées à une tâche donnée. Par exemple, on pense à la gestion des dossiers des élèves, où l'adresse est un élément essentiel pour la localisation de l'élève.

Pour ce qui est de la production assistée par ordinateur, un système de cette classe va aider l'utilisateur à produire plus rapidement et plus facilement les résultats attendus d'une tâche: par exemple, un système informatisé graphique peut déterminer le chemin le plus court entre la fin d'un parcours et le début d'un autre parcours sur simple demande de l'utilisateur, lorsque celui-ci agence des parcours en circuit.

Finalement, si on veut vraiment parler d'outils qui sont orientés vers la rationalisation en transport scolaire, il y a la classe des systèmes d'optimisation assistée par ordinateur. La figure 2.4 présente cette classification.

On a constaté que, de façon générale, les systèmes informatisés d'organisation du transport scolaire s'orientent de plus en plus vers le graphisme comme aide à l'utilisateur, et vers les micro-ordinateurs comme support matériel. Ces deux phénomènes montrent bien la nécessité ressentie de se rapprocher de l'utilisateur, à qui l'on doit fournir un outil de travail, plutôt qu'une solution toute faite, souvent par ailleurs boîteuse.

	GESTION DE DONNEES	PRODUCTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR	OPTIMISATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR
Localisation de la clientèle scolaire			
Détermination du droit au transport	MICROBUS PREFACE GESTIONNAIRE	GALILEE MICROBUS PREFACE ECLAIREUR HORIZON	
Assignment des arrêts			
Production des parcours	MICROBUS GESTIONNAIRE	ECLAIREUR	GALILEE
Détermination des horaires de cours			GALILEE
Production des circuits	MICROBUS GESTIONNAIRE	ECLAIREUR	GALILEE
Exploitation	MICROBUS PIASTRE	GALILEE ECLAIREUR	

Une classification des systèmes orientés vers la rationalisation du transport scolaire

Figure 2.4

Le système GALILÉE de la société GRICS est le seul qui permet une optimisation dans la détermination des horaires de cours et dans l'agencement des parcours. En effet, la production automatisée des parcours, la fabrication d'horaires de cours, ainsi que l'agencement des parcours en rationalisant les circuits d'autobus du système GALILÉE proviennent des algorithmes du logiciel TRANSCOL, développés par le C.R.T. et incorporés à ce système.

Les expériences des commissions scolaires avec le système GALILÉE incluant les modules de TRANSCOL original se sont avérées peu concluantes. En effet, plusieurs raisons expliquent cet état: le système est lourd et loin du responsable du transport scolaire. Ce système s'opère sur ordinateur central en faisant appel à des intermédiaires (équipe d'informaticiens). On note aussi que la fabrication automatique des parcours ne fût pas satisfaisante pour les régisseurs qui ont utilisé le système. De même, l'évaluation des temps de parcours s'est montrée problématique. D'une façon plus générale, les utilisateurs perçoivent le système comme fermé et peu flexible à des changements en cours de route. C'est la difficulté d'intervention de l'utilisateur dans le processus d'élaboration de la solution qui a fait que ce système n'est guère utilisé.

Lors d'une rencontre à la GRICS, on a constaté que malgré les critiques précédentes, formulées à l'endroit du système GALILÉE incluant TRANSCOL, les algorithmes d'agencement des parcours et du choix d'horaires auraient un intérêt certain s'ils étaient installés sur micro-ordinateur près de l'utilisateur, et offraient une flexibilité suffisante pour permettre à ce dernier d'orienter le processus vers une solution plus adéquate. Il semble bien que les usagers sont aujourd'hui prêts à aborder ces techniques, ce qui n'était pas le cas lorsque TRANSCOL est apparu dans les années soixante-dix.

2.3 Description de TRANSCOL original

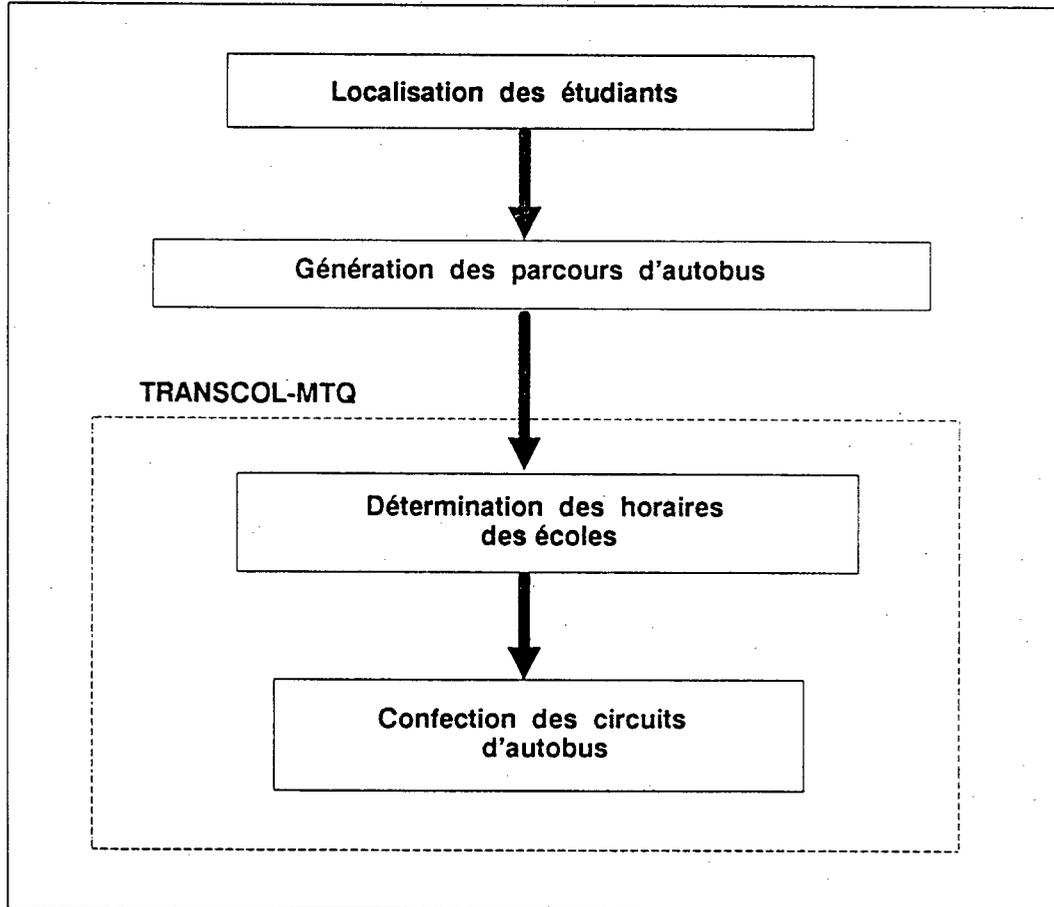
Le système TRANSCOL original fonctionne en tandem avec le système de localisation à référence géo-spatiale GALILÉE qui fut initialement développé par le C.R.A.R. (Consultation et recherche en aménagement régional inc.).

Un premier module puise dans le système à référence géo-spatiale GALILÉE, les informations nécessaires pour localiser les étudiants et préparer les différentes données nécessaires aux prochains modules. La génération des parcours d'autobus tient compte des écoliers admissibles au transport scolaire, ce module pouvant également générer les arrêts où les écoliers doivent se rendre. La détermination des horaires des écoles met à profit la flexibilité que nous retrouvons au niveau des heures de départ et d'arrivée des autobus devant circuler sur les parcours pour une réutilisation accrue de ceux-ci; ce module n'est pas essentiel à la bonne marche du processus puisque les horaires des écoles peuvent être fixés, ayant déjà été choisis. Finalement nous retrouvons le module qui agence les parcours en circuits d'autobus. Ce sont ces deux derniers modules qui ont été repris dans le cadre du développement d'un système de rationalisation du transport scolaire, au ministère des Transports du Québec (voir la figure 2.5).

2.4 Description des modules de TRANSCOL adaptés et développés par le C.R.T. à la D.G.T.P.M.

Dans le cadre du développement d'un outil d'évaluation du transport scolaire au M.T.Q., on a laissé tomber la partie traitant de la production des parcours parce que celle-ci requiert des données qui pourraient

TRANSCOL original



La décomposition modulaire du système TRANSCOL original

Figure 2.5

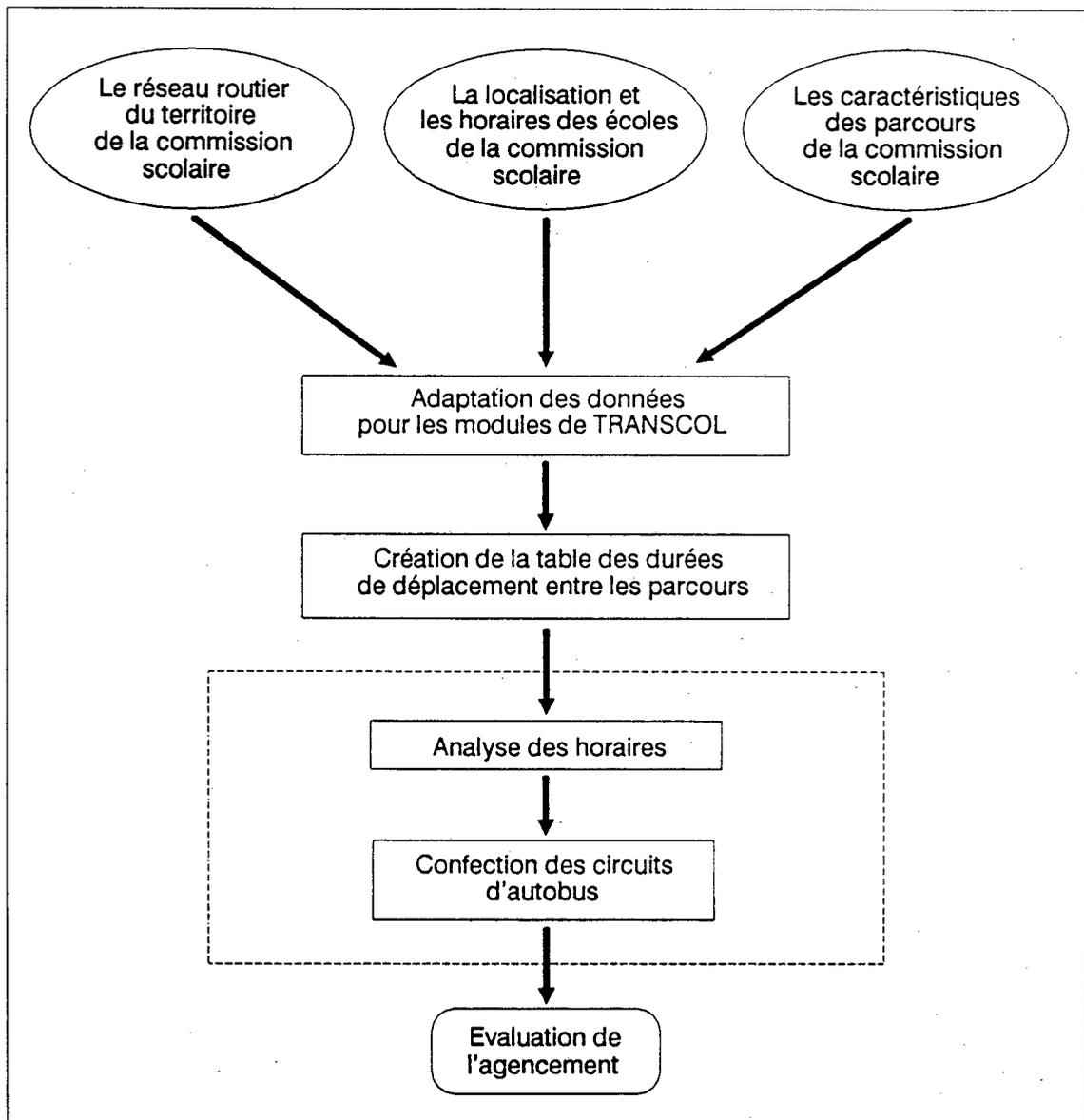
être difficiles à obtenir, et aussi parce que lors d'études antérieures il a été constaté que cette étape n'apportait que peu de gains, comparé aux deux autres types de rationalisation qu'accompli TRANSCOL. Ceci aurait aussi alourdi inutilement la version modifiée de TRANSCOL. Il fut donc décidé de se concentrer sur le module de détermination des horaires d'école et sur celui de l'agencement des parcours.

En isolant ainsi ces deux modules de l'ensemble du système TRANSCOL original, on a dû adapter aux structures internes existantes de ces modules les données relatives au réseau routier du territoire de la Commission scolaire, à la localisation des écoles, à leurs horaires et enfin aux parcours d'autobus. C'est ainsi qu'il y eut développement de deux modules supplémentaires permettant d'adapter les données de la commission scolaire aux modules de fabrication des horaires et d'agencement des parcours en circuits.

La figure 2.6 montre la structure du système TRANSCOL tel que modifié et adapté au M.T.Q. par le C.R.T.

Le système TRANSCOL original avait été développé sur un ordinateur central (CYBER) différent de celui de même type en usage au M.T.Q (I.B.M.). Il fallait donc adapter les deux modules provenant de TRANSCOL original dans un nouvel environnement informatique. Par la suite la décision de porter le nouveau système TRANSCOL sur un micro-ordinateur allait dans le sens de l'évolution générale des systèmes informatisés vers les micro-ordinateurs.

TRANSCOL modifié



La décomposition modulaire du système TRANSCOL modifié

Figure 2.6

3.0 LE SYSTÈME D'OPTIMISATION DES CIRCUITS POUR LES RÉSEAUX D'AUTOBUS DE TRANSPORT ÉCOLIER (SOCRATE) À LA D.G.T.P.M.

3.1 Description du système SOCRATE

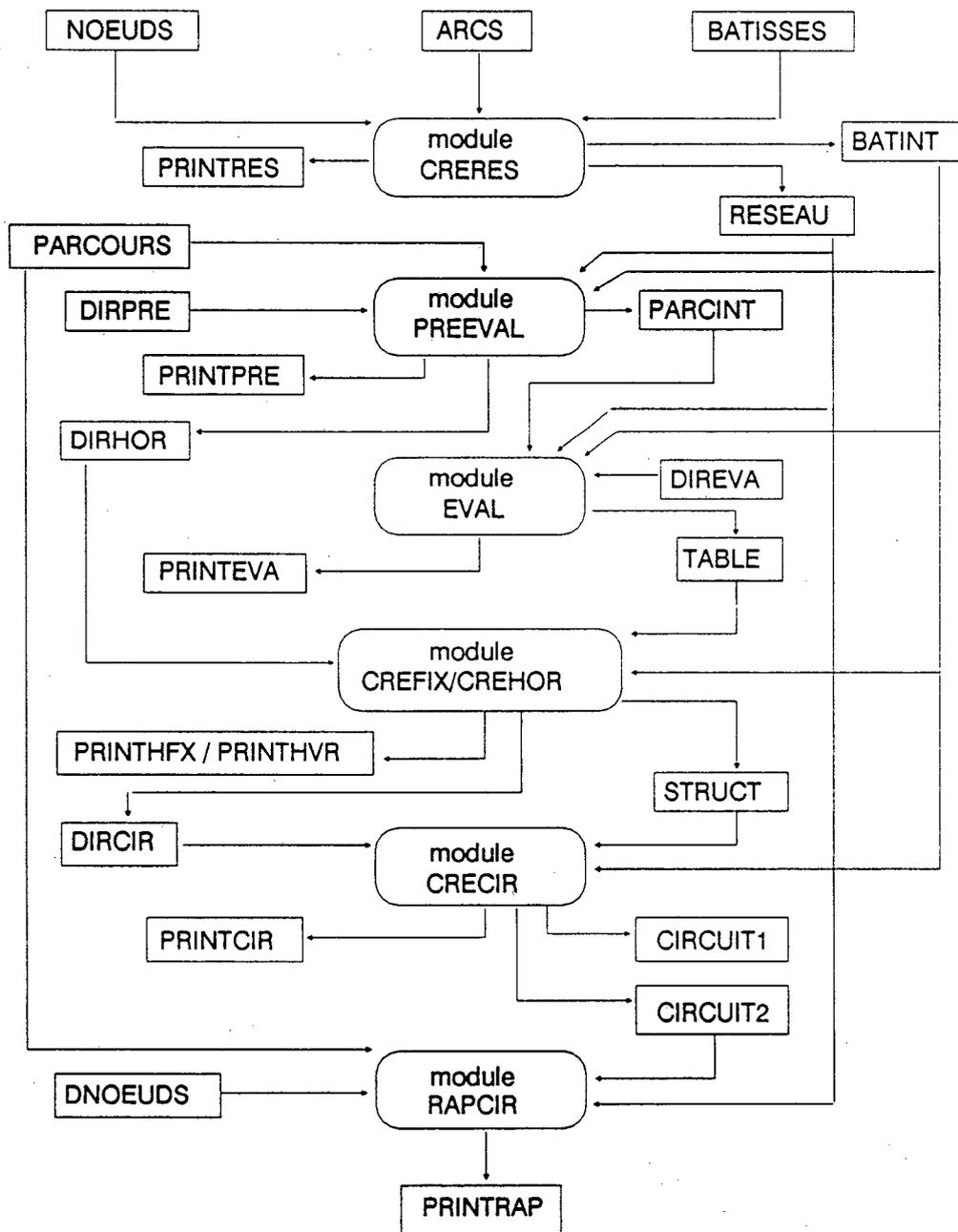
Le système TRANSCOL modifié pour le M.T.Q. par le C.R.T. se présentait comme une suite de modules à exécuter où plusieurs fichiers servaient d'interface entre ces modules. (1) (2)

Nous avons essayé d'intégrer dans un environnement plus favorable à l'utilisateur l'exécution de ces différents modules de TRANSCOL modifié ainsi que la gestion des fichiers entre ces modules; ainsi nous avons introduit la notion de scénario à ce niveau. C'est ce que nous avons appelé SOCRATE-Exécution. La figure 3.1 illustre la complexité du cheminement des activités vers une solution pour un scénario donné en faisant appel séquentiellement aux différents modules de TRANSCOL modifié.

En amont de ce sous-système qu'est SOCRATE-Exécution, il fallait organiser les processus nécessaires à l'acquisition et à la transformation des données requises pour les modules de TRANSCOL modifié. Ces données se distinguent en deux grandes classes: le réseau routier agrégé du territoire de la commission scolaire et les données reliées aux parcours.

(1) Description des modules de TRANSCOL implantés à la D.G.T.P.M. Taillefer, Serge. Université de Montréal, Centre de recherche sur les transports, janvier 1988. 89p.

(2) Guide d'utilisation des modules de TRANSCOL implantés à la D.G.T.P.M. Taillefer, Serge. D.G.T.P.M., octobre 1987, 12p.



Une vue détaillée du cheminement des modules et des fichiers d'interface de TRANSCOL modifié

Figure 3.1

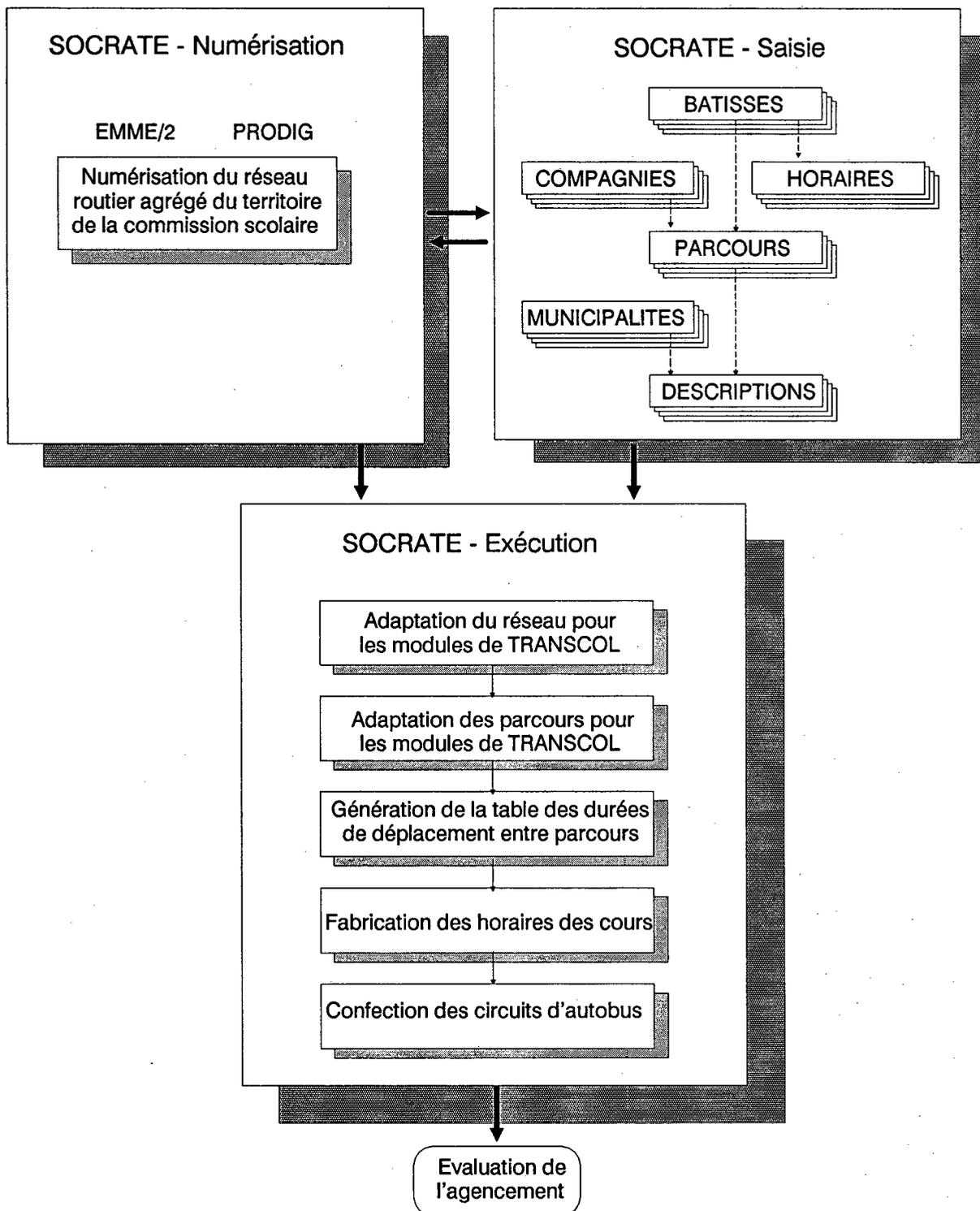
Les logiciels EMME/2 et PRODIG sont utilisés pour la numérisation du réseau routier et sa validation. Par la suite un simple interface permet de transformer les données du réseau dans le format accepté par les modules de TRANSCOL modifié. On a appelé ce sous-ensemble: SOCRATE-NUMÉRISATION.

L'ensemble des données relatives aux parcours se retrouve dans le sous-système SOCRATE-Saisie. Ce sous-système permet la saisie, la gestion et la validation de ces données. On a prévu la possibilité d'importer les données d'autres systèmes. Finalement ce sous-système transforme la base de données des parcours dans des fichiers compatibles avec ce qui est requis comme fichiers d'entrée aux modules de TRANSCOL modifié.

Le système SOCRATE se compose donc de trois sous-systèmes comme le montre la figure 3.2.

3.2 Description de la modélisation

On décrira brièvement les éléments importants du modèle et leurs relations. En tout premier lieu, il y a le réseau routier qui est représenté par des noeuds et des arcs. Les arcs ont comme attribut une longueur et un type auquel correspond une vitesse de circulation sur l'arc. Les parcours sont définis par les noeuds correspondant au début et à la fin du parcours; le réseau routier ne sert qu'à calculer les durées des déplacements entre les différents parcours et non les durées des parcours. Les autres caractéristiques des parcours sont: la durée, le type, à savoir parcours régulier, parcours entrant à un transfert ou parcours sortant d'un transfert et les horaires de cours. Les horaires



Le système SOCRATE

Figure 3.2

de cours sont décrits par l'heure de début et l'heure de fin des cours, les temps minimum et maximum d'attente des élèves avant le début des cours, lorsque déposés à l'école par l'autobus scolaire, les temps minimum et maximum d'attente après la fin des cours et finalement leur niveau, soit: maternelle, primaire, secondaire, etc... L'existence de transferts d'élèves entre autobus pour compléter leurs déplacements impose également la définition d'horaire pour ces transferts. À l'annexe B on trouvera de façon plus complète la description des différents éléments composant le modèle.

3.3 Les paramètres du système

Nous énumérons les paramètres sur lesquels un usager peut intervenir et qui ont un impact sur les solutions obtenues.

- Les vitesses sur le réseau routier (utilisées pour les interparcours seulement)

Normalement, en cherchant à calibrer le réseau routier pour avoir des durées réalistes de déplacements entre parcours, les interparcours, on arrive à fixer une vitesse pour chaque type de lien du réseau.

- Les temps minimum et maximum d'attente des élèves avant le début des cours et après la fin des cours

Habituellement ce sont des normes fixées; l'usager peut explorer le fait de changer ces temps puisque ceux-ci ont un impact sur les solutions obtenues. En effet, plus la plage de variation de l'arrivée possible d'un parcours entre le minimum et le maximum d'attente avant le début du cours est grande, plus on peut s'attendre à des solutions avec des flottes de véhicules restreintes.

- Le tampon de temps ajouté à la durée de chaque parcours

Le système considère le temps pour effectuer le parcours comme étant la somme de la durée du parcours plus un tampon de temps. Ce tampon permet d'apporter encore plus de robustesse à la réalisabilité d'une solution, il permet d'englober les imprévus pouvant occasionner des retards dans l'itinéraire du parcours, puisque la solution doit être opérationnelle. L'utilisateur décide de la valeur à accorder à ce paramètre, en fonction des marges de sécurité dont il veut se doter.

- Les horaires des cours

L'utilisateur peut utiliser les horaires des cours en vigueur à la commission scolaire (horaires fixes); il peut également explorer un ensemble d'horaires de cours différent selon son intuition et en connaître l'effet sur le niveau de la flotte requise. Il peut finalement demander au système de lui trouver automatiquement un bon ensemble d'horaires de cours (horaires variables) en spécifiant les plages de variation qu'il désire appliquer à chaque horaire de cours pour obtenir des solutions diminuant le nombre de véhicules.

- Le temps minimum imposé aux interparcours

Lors de l'agencement des parcours, si la durée calculée pour effectuer l'interparcours est inférieure à ce minimum, alors la durée considérée sera fixée à ce minimum. Encore ici, il s'agit d'un facteur pouvant procurer au régisseur une certaine marge de sécurité.

- Le temps maximum permis pour les interparcours

Lors de l'agencement des parcours, si la durée calculée pour effectuer l'interparcours est plus élevée que ce maximum, on rejette cet interparcours de la solution recherchée. Cela permet d'éviter un déplacement de trop longue durée entre deux parcours.

- Le facteur de relaxation ou de compression permis

Lors de l'agencement des parcours on fournit un facteur de relaxation ou de compression, soit le temps maximum qu'on peut retrancher à l'ensemble des parcours formant un circuit pour le rendre réalisable. On comprendra que ce facteur est intimement lié au tampon de temps ajouté à la durée de chaque parcours. Ces deux paramètres permettent de contrôler et d'identifier les circuits où l'horaire est plus serré. Rappelons qu'un circuit qui n'est constitué que d'un seul parcours n'a pas à subir ce facteur de compression. Dans le cas des circuits à deux ou plusieurs parcours, on a une accumulation de temps due au tampon de temps ajouté à chaque parcours autant de fois qu'il y a de parcours dans le circuit. On peut donc par exemple prendre comme facteur de relaxation la valeur du tampon. Ceci permet encore d'analyser le service implanté à la Commission scolaire en examinant la compression nécessaire pour que les circuits actuels soient réalisables dans le contexte de la modélisation du système.

3.4 Nature des algorithmes et des solutions

Les algorithmes utilisés dans les modules de TRANSCOL modifié sont de nature heuristique. L'algorithme pour la confection d'horaires de cours trouve une solution pour des horaires approximés à 10 minutes près, en favorisant le plus grand étalement possible des parcours dans le temps

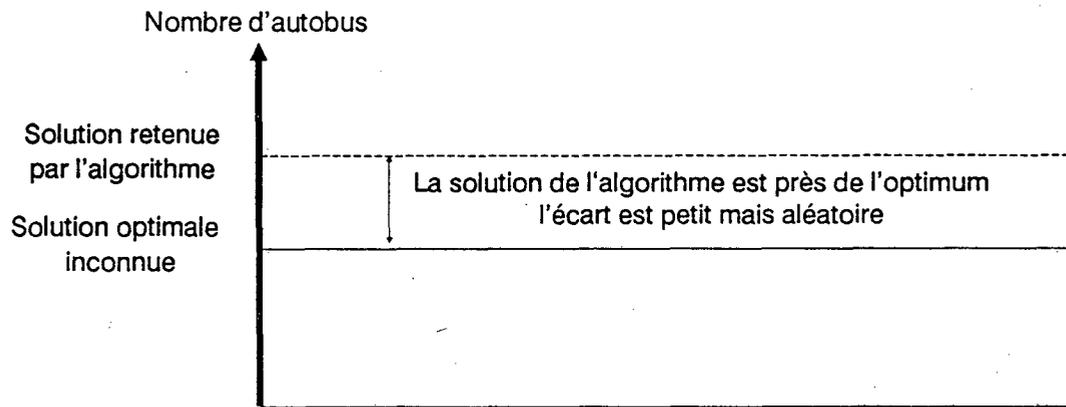
pour une utilisation maximale des autobus. L'algorithme pour l'agencement des parcours vise à créer le moins possible de circuits à partir de l'ensemble des parcours donnés et des horaires de cours donnés.

Lorsqu'on parle d'une solution fournie par le système, on se réfère à l'ensemble des circuits obtenus et on exprime la solution par le nombre de circuits qu'elle représente. La nature même d'un heuristique signifie que le système cherche une solution près de la solution optimale en terme de minimisation du nombre de véhicules. C'est ainsi que la figure 3.3 montre qu'il se peut qu'on obtienne une flotte plus élevée lorsqu'un paramètre du système est moins contraint, alors que théoriquement la flotte de la solution optimale devrait être moins élevée dans le second cas.

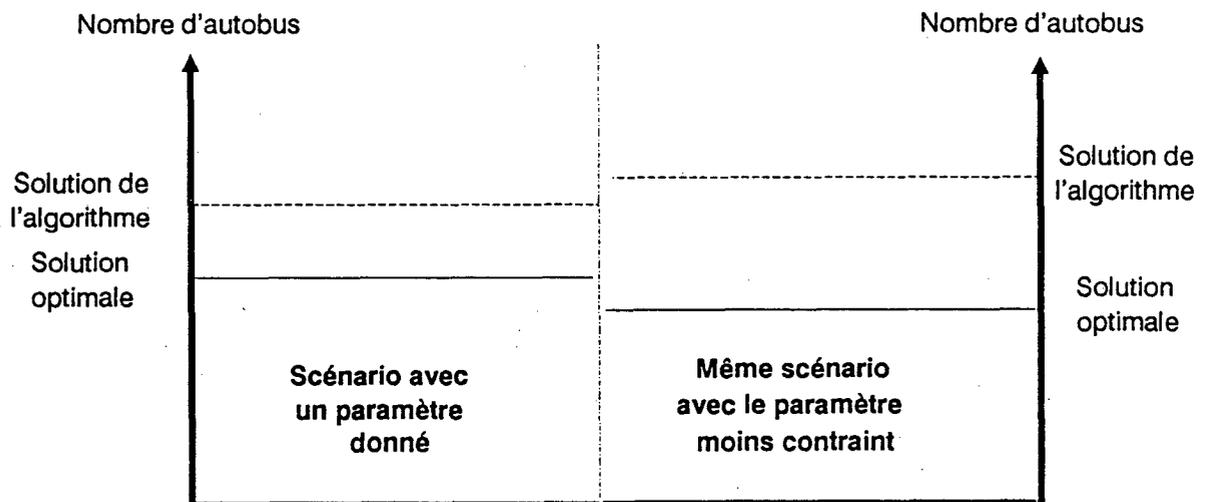
On retrouvera quelques cas de ce genre lors de l'analyse de tendance des paramètres.

Pour un ensemble de parcours donnés et d'horaires de cours fixés, il existe un certain nombre d'agencements différents des parcours qui demanderait un nombre égal de véhicules. Il n'existe cependant pas d'agencement de parcours qui requerrait un nombre d'autobus inférieur à celui du minimum d'autobus de la solution optimale. Par conséquent l'utilisateur pourrait intervenir, s'il le jugeait opportun, pour modifier l'agencement obtenu de manière automatique sans augmenter le nombre d'autobus requis.

Solution d'un algorithme de nature heuristique



Exemple démontrant la possibilité d'obtenir une solution avec une flotte plus élevée pour un paramètre moins contraint provenant d'un algorithme de nature heuristique



Comportement d'un algorithme de nature heuristique sur les solutions obtenues

Figure 3.3

4.0 L'ÉTUDE-PILOTE EN COLLABORATION AVEC LA COMMISSION SCOLAIRE LE GOELAND

4.1 Les caractéristiques de la Commission scolaire

L'étude a été menée sur les données de transport de l'année scolaire 1984-85. À cette époque, il s'agissait de la Commission scolaire régionale Lignery. Cette dernière organisait également le transport pour les commissions scolaires locales responsables de l'enseignement au niveau primaire sur le même territoire.

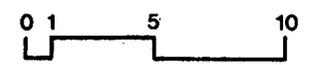
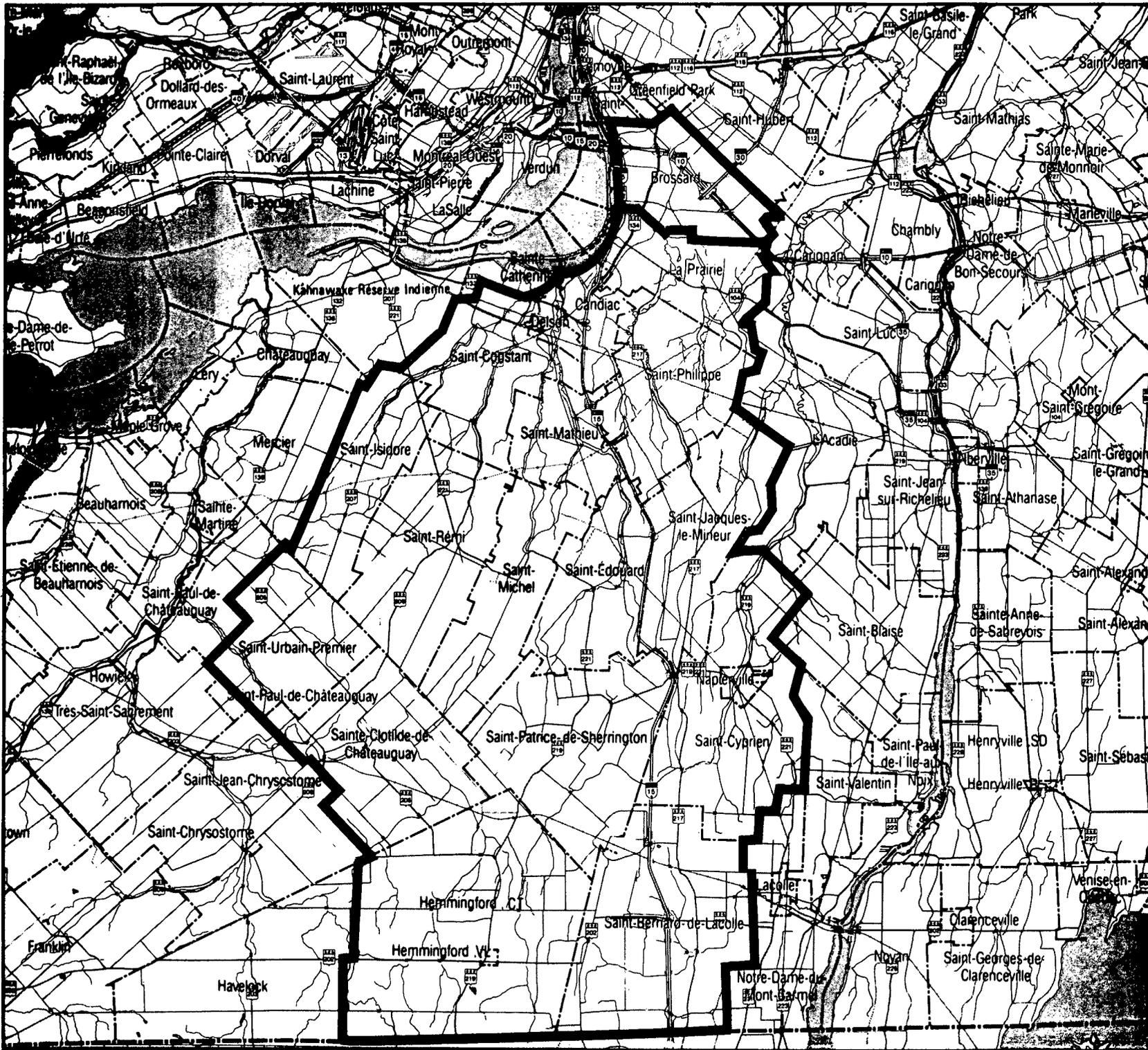
Pour l'année scolaire 1984-85, une clientèle de 20 278 élèves fréquentait les 39 écoles publiques de niveau primaire et secondaire réparties sur le territoire. Mentionnons qu'un certain nombre d'élèves devaient être transportés vers quelques écoles de commissions scolaires voisines parce que certains cours spécialisés n'étaient pas disponibles chez elle. De ces 20 278 élèves, 13 215 avaient droit au transport du matin et du soir, dont 11 406 via le transport scolaire exclusif. À ce nombre s'ajoutent 801 autres élèves transportés pour une institution privée selon une entente à cet effet.

Ce transport était effectué par 145 autobus réguliers et 8 minibus dont 2 adaptés pour le transport des élèves handicapés. Ces véhicules parcouraient ensemble près de 10 900 kilomètres quotidiennement.

L'une des caractéristiques intéressantes de cette Commission scolaire, pour notre étude, est que sa clientèle est bien répartie entre les milieux rural et urbain. Le territoire desservi s'étend de la frontière américaine, au sud, jusqu'aux limites de Brossard inclusivement, au nord, en couvrant une largeur d'environ vingt kilomètres. (Voir la carte à la figure 4.1)

FIGURE 4.1

 Territoire de la
commission scolaire
le Goéland



4.2 Le déroulement de l'étude

Les principales activités prévues pour cette étude comprenaient:

- une collecte des informations auprès de la Commission scolaire;
- la saisie et la validation des données;
- la codification et la calibration du réseau routier (aggrégé) du territoire couvert par la Commission scolaire;
- la quantification des paramètres et la détermination des contraintes du problème, en collaboration avec la Commission scolaire;
- la recherche de solutions avec SOCRATE;
- l'analyse et la validation des résultats en collaboration avec la Commission scolaire.

Ces tâches auraient normalement dû être exécutées en suivant l'ordre présenté ici. L'un des objectifs de l'étude était justement de mesurer l'effort requis pour accomplir cette démarche avec une commission scolaire.

Cependant, dans la poursuite de notre projet, il n'a pas été possible de suivre cette séquence logique des activités. En effet, plusieurs facteurs ont perturbé cette démarche, nous obligeant à effectuer les ajustements nécessaires, et quelques fois même reprendre des étapes en entier.

Parmi ces facteurs, on note:

- l'apport de nouvelles informations modifiant les données initiales du problème;
- les changements apportés à la modélisation du problème tout au cours du projet;
- le développement en parallèle de la version modifiée de TRANSCOL.

Le schéma à la figure 4.2 montre les nombreuses interactions entre les différents éléments du projet qui ont eu un impact à un moment ou à un autre sur le déroulement de l'étude-pilote.

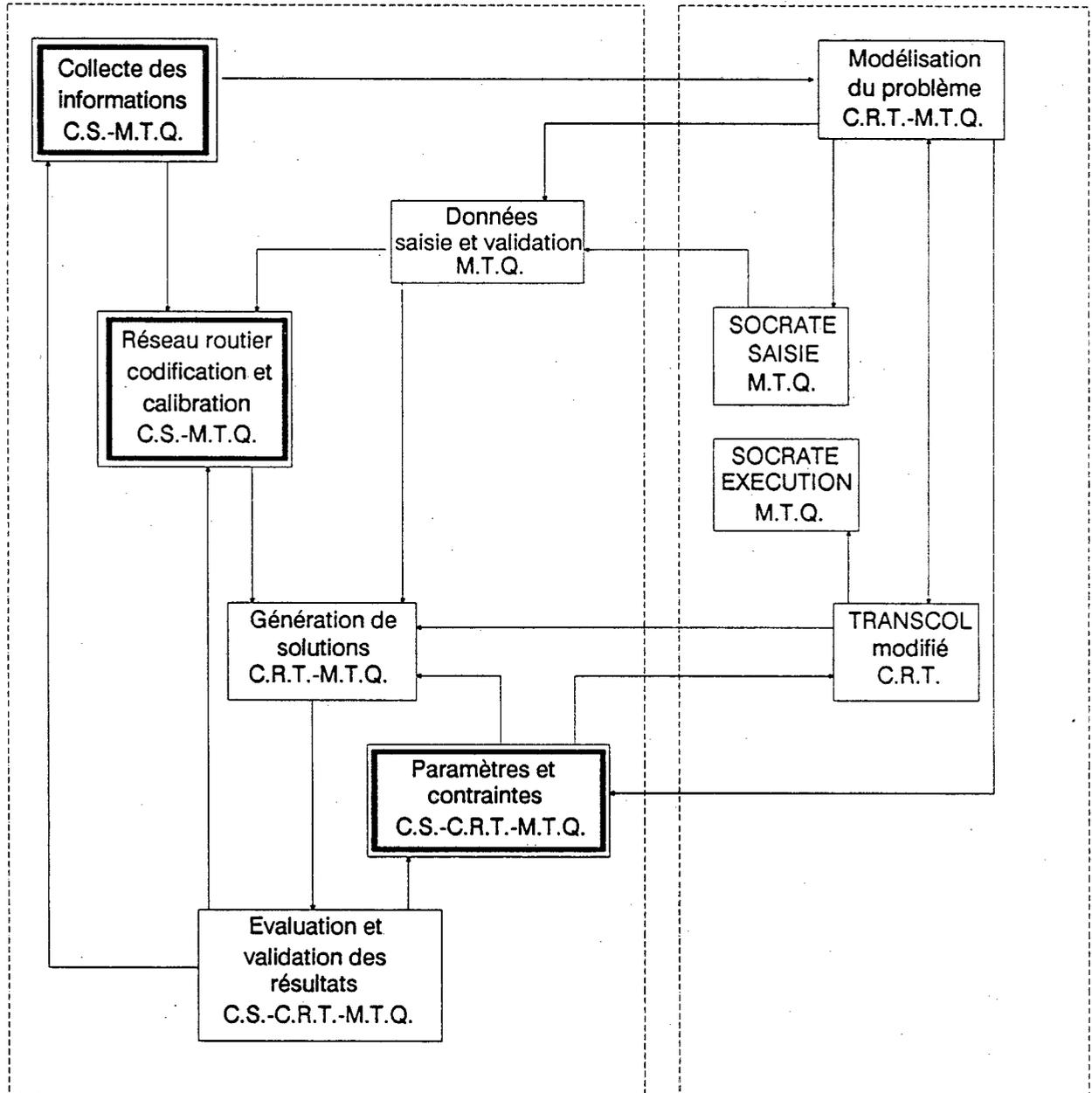
Voyons plus en détail les éléments de ce schéma et surtout la nature des interrelations entre ceux-ci.

Dans le schéma on divise l'ensemble des activités menées au cours du projet en deux groupes principaux, soit d'une part le développement des outils informatiques et la conceptualisation du problème et d'autre part l'application à la Commission scolaire, représentant l'étude-pilote en soi.

Dans la partie "application" on retrouve les activités énumérées précédemment. On constate cependant que la démarche n'est pas parfaitement séquentielle, il y eut de nombreuses rétro-actions dans le déroulement des activités. On remarque trois activités encadrées en gras. Dans les trois cas il s'agit de la préparation d'intrants au système et dans les trois cas la situation a évolué tout au long de l'étude.

Application à la C.S. Le Goéland

Développement



Interactions entre les différentes activités du projet

Figure 4.2

Par exemple, lors de la collecte des informations en début de projet, certains détails importants de l'organisation du transport à la commission scolaire étaient passés inaperçus. Ceux-ci sont apparus au fur et à mesure de l'analyse des résultats avec le service du transport de la Commission scolaire. À chaque rencontre, des éléments nouveaux faisaient surface. Ceci a également été le cas pour la calibration du réseau routier qui a dû se faire à la lumière des solutions d'agencement proposées par le système. Certains cas erronés étaient relevés ce qui permettait par la suite de faire les ajustements nécessaires pour corriger la situation et mieux calibrer le réseau. Il en a été de même pour l'ajustement des paramètres et des contraintes étant donné la complexibilité du problème et la flexibilité du système. Cette dernière partie du travail s'est échelonnée sur une période de plus de six mois avant d'en arriver aux solutions présentées dans ce rapport.

Examinons maintenant la partie "développement" qui comprend la modélisation du problème et des données, le développement d'un aide à la saisie et à la validation des données (SOCRATE-SAISIE) et d'un aide à la gestion des fichiers de TRANSCOL et à l'exécution de ces modules (SOCRATE-EXÉCUTION), et bien sûr le développement de la version modifiée de TRANSCOL implantée au M.T.Q.

La modélisation du problème et des données a exigé un sérieux effort de réflexion, en particulier pour résoudre le cas des parcours existants qui ne cadraient pas dans la modélisation originale de TRANSCOL. Il a donc fallu créer une modélisation plus générale qui englobe ces cas et à partir de laquelle on peut réduire le problème de manière à le rendre traitable par les algorithmes de TRANSCOL.

Ceci exigeait de bien comprendre les relations entre les différents paramètres et les différents modules du système puisque les décisions sur la modélisation ont un impact à travers tout le système.

Bien entendu ces ajustements à la modélisation du problème avaient des répercussions sur le développement de la nouvelle version de TRANSCOL et sur le contenu des fichiers de données. Inversément on devait également tenir compte des caractéristiques de la nouvelle version de TRANSCOL dans la modélisation du problème. Et tout ceci se faisait en parallèle à l'étude-pilote. C'est justement la préparation des données qui a fait ressortir les problèmes de modélisation. Puis c'est par l'utilisation des versions intermédiaires disponibles de TRANSCOL lors de la recherche de solution dans le cadre de l'application que les limites et les difficultés d'utilisation du système courant sont apparues. Ceci a permis d'apporter certaines améliorations à la nouvelle version de TRANSCOL, non prévues au départ, pour en faciliter son utilisation et le rendre davantage flexible.

Cette vue d'ensemble du contexte dans lequel s'est déroulée l'étude-pilote permet de voir l'importance de cet exercice d'application pratique dans le cadre du développement d'un outil.

4.3 Les données, les paramètres et les contraintes du problème

4.3.1 Les principales données concernant la commission scolaire

Le réseau routier agrégé utilisé pour cette étude comprend 1 069 noeuds et 1 356 liens. Il a été numérisé à l'aide d'une table numérisante CALCOMP supportée par le logiciel PRODIG. Le réseau codifié a ensuite été transféré sur EMME/2 pour en faciliter son édition ultérieure.

Pour l'année scolaire 1984/85 le système de transport du Goéland (Lignery) desservait 44 écoles comprenant 70 horaires de cours. Le matin les véhicules effectuaient 275 parcours pour amener les élèves aux écoles alors qu'ils en effectuaient 270 pour leur retour en fin d'après-midi. Toutes les données décrivant ces écoles et ces parcours ont été codifiées et validées avec SOCRATE-SAISIE.

4.3.2 Les paramètres et les contraintes déterminés avec la commission scolaire

4.3.2.1 Vitesses sur le réseau

Après calibration du réseau selon les résultats préliminaires obtenus, les vitesses suivantes ont été fixées selon le type de lien routier:

Autoroutes	80 km/h.
Route rurale numérotée	65 km/h.
Rang	60 km/h.
Artère ou collectrice urbaine	40 km/h.
Rue locale	25 km/h.

Il est très important de savoir que ces vitesses sont utilisées pour l'évaluation de la durée des interparcours seulement; le réseau n'est pas utilisé pour l'évaluation des durées des parcours, qui découlent des données réelles de la Commission scolaire ou, en l'absence de cette information, sont évaluées à l'aide d'une table de vitesses, fonctions de la distance totale du parcours et auxquels s'ajoutent des temps d'embarquement et de débarquement préalablement définis.

4.3.2.2 Les temps minimum et maximum d'attente des élèves avant le début et après la fin des cours

On a utilisé les temps prescrits par la commission scolaire, et qui se décrivent de la manière suivante:

	Minimum	Maximum
maternelle	5	10
primaire	5	10
secondaire	5	25

Certains parcours font exception dans les cas où l'attente doit être fixée par le système à une durée précise afin de respecter la durée des parcours partant d'un point de transfert pour se rendre à une école.

4.3.2.3 Le tampon de temps ajouté à la durée de chaque parcours

Afin que les solutions soient robustes, on a ajouté cinq minutes à la durée de tous les parcours. Cet ajout comprend le temps nécessaire pour vider l'autobus à l'arrivée à l'école (2 minutes), en plus d'un tampon (3 minutes) permettant d'absorber les retards et les imprévus occasionnels.

4.3.2.4 Les horaires de cours

Deux scénarios ont été analysés:

- a) dans un cas on a utilisé les horaires existants, sans aucune modification;
- b) dans l'autre cas, on a fait varier les horaires de cours pour obtenir une solution plus efficace.

Afin de choisir des horaires plus avantageux aux fins du transport, nous avons permis au logiciel de modifier les horaires de cours à l'intérieur des contraintes imposées par le responsable du transport à la commission scolaire.

Mentionnons que dans le système TRANSCOL on ne peut faire varier que les horaires qui n'ont aucune relation avec les transferts. Dans notre cas, parmi les 70 horaires de cours relevés, 40 seulement sont tout à fait indépendants des transferts et peuvent donc varier. De plus, le responsable de la commission scolaire ne voulait pas faire varier 4 de ces horaires, pour des raisons administratives ou pédagogiques.

Le responsable acceptait que pour les 36 horaires restants, les cours puissent débiter à n'importe quelle heure entre 8h10 et 9h00 le matin, tout en tolérant les cas où l'horaire déjà en vigueur se situait en dehors de cette plage.

4.3.2.5 Durée minimum des interparcours

Afin d'éviter des perturbations possibles sur les faibles déplacements entre deux parcours, on a imposé une durée minimale de 5 minutes à tous les déplacements, entre la fin d'un parcours et le début d'un autre, excepté dans les cas où l'autobus n'avait pas à se déplacer physiquement entre les deux parcours.

4.3.2.6 Durée maximum des interparcours

On n'a pas imposé de contraintes réelles à ce paramètre en le fixant à 99 minutes. Évidemment, aucun interparcours n'atteint ce maximum.

4.3.2.7 Facteur de compression

On a permis une compression de 5 minutes sur la durée totale d'un circuit. Et dans chaque cas cette compression ne devait pas dépasser 15% de la durée du parcours qui nécessitait cette compression à l'intérieur du circuit.

4.3.2.8 La composition de la flotte

Dans la recherche des solutions, nous avons tenu compte de la présence de minibus ainsi que de véhicules adaptés pour le transport des handicapés dans l'affectation des parcours. Ces véhicules ont donc été affectés aux mêmes parcours que dans la situation existante, les agencements ne pouvant se faire qu'à l'intérieur de ce sous-ensemble de parcours à cause de leur faible capacité. Notons que même si un autobus régulier avait pu effectuer un parcours de minibus, le coordonnateur du transport de la Commission scolaire jugeait que dans certains de ces cas la durée des

parcours devrait être augmentée pour tenir compte de la moins grande maniabilité d'un gros véhicule. Pour éviter ces complications on a donc traité ce sous-ensemble séparément.

4.4 Les résultats

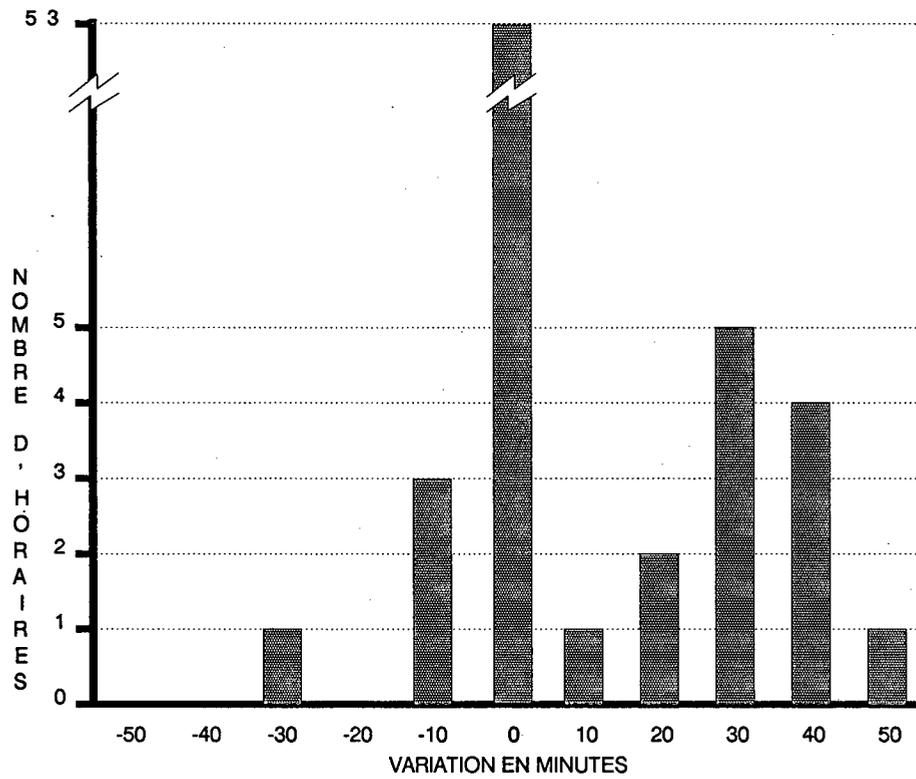
Nous présentons trois séries de résultats correspondant aux trois scénarios analysés. Le premier scénario sert de base de comparaison et est obtenue en imposant au système la solution en place à la Commission scolaire. Cet exercice permet également de vérifier le réalisme des contraintes imposées ainsi que l'ajustement des paramètres.

Le deuxième scénario est basé sur l'utilisation des horaires de cours existants, tout en permettant un agencement différent des parcours, selon l'algorithme de TRANSCOL.

Finalement la troisième solution a été obtenue en permettant à TRANSCOL de créer des horaires plus avantageux, à l'intérieur des contraintes définies précédemment, et d'effectuer un agencement en conséquence. La figure 4.3 donne une idée des modifications d'horaires suggérées par TRANSCOL, pour ce scénario. Le graphique montre le nombre d'horaires modifiés ainsi que la grandeur de ces modifications. Ainsi 17 horaires de cours, répartis entre 13 écoles, ont été réajustés sur une possibilité maximale de 36 comme on a vu précédemment.

Il faut apprécier la faible importance relative de ces modifications par rapport à l'ensemble des 70 horaires en vigueur dont 53 demeurent inchangés.

Le tableau 4.1 présente les résultats obtenus en terme du nombre de véhicules requis pour chaque solution.



Variation des horaires de cours pour le scénario 3

Figure 4.3

TABLEAU 4.1
NOMBRE DE VÉHICULES REQUIS LE MATIN ET L'APRÈS-MIDI

	<u>AUTOBUS</u>	<u>MINIBUS</u>	<u>ADAPTÉ</u>	<u>TOTAL</u>
<u>LE MATIN</u>				
Solution en vigueur	145	6	2	153
TRANSCOL - Horaires existants	142	6	2	150
TRANSCOL - Horaires modifiés	132	5	2	139
<u>L'APRÈS-MIDI</u>				
Solution en vigueur	145	6	2	153
TRANSCOL - Horaires existants	115	6	2	123
TRANSCOL - Horaires modifiés	116	5	2	123

On remarque que dans le cas de la Commission scolaire étudiée c'est le transport du matin qui détermine le nombre de véhicules requis pour la journée.

On voit que l'agencement effectué par TRANSCOL en conservant les horaires de cours existants n'apporte qu'un gain marginal (soit 2%). Ceci confirme que la solution mise en place par la commission scolaire est relativement efficace.

On peut constater cependant qu'il est possible de faire des gains appréciables (environ 9%) si l'on ajuste les horaires de manière à favoriser la réutilisation des véhicules.

On remarque à la vue de ces résultats que pour le transport de l'après-midi, la Commission scolaire n'avait pas cherché à réduire le nombre de véhicules; il semble en effet qu'elle n'avait pas intérêt à le faire. C'est probablement pour cela qu'on a pu réduire si facilement ce nombre. On ne s'attardera pas tellement ici sur les résultats de l'après-midi, puisqu'ils ne sont pas déterminants dans le coût du transport scolaire, du moins avec les contrats de transport en vigueur aujourd'hui.

Il est intéressant d'examiner la nature des circuits générés par TRANSCOL; le tableau 4.2 permet de voir la répartition du nombre de parcours constituant les circuits, pour chacune des solutions.

TABLEAU 4.2

Répartition des circuits selon le nombre de parcours effectués

	Nombre de parcours composant les circuits				
	1	2	3	4	Total
<u>Le matin</u>					
Solution en vigueur	47	88	18		153
TRANSCOL-Horaires existants	43	89	16	2	150
TRANSCOL-Horaires modifiés	20	100	19		139
<u>L'après-midi</u>					
Solution en vigueur	43	95	14	1	153
TRANSCOL-Horaires existants	14	67	37	5	123
TRANSCOL-Horaires modifiés	27	41	50	5	123

On remarque dans la solution "TRANSCOL - Horaires modifiés" que le nombre de circuits d'un seul parcours a été réduit significativement, soit de plus de 57%, par rapport à la situation existante grâce à des horaires mieux étalés dans le temps.

On constate que l'utilisation d'un algorithme de choix d'horaires favorables conjugué à celle d'un algorithme efficace d'agencement de parcours permet de réduire significativement le nombre de véhicules requis. Cela a cependant un certain coût en terme de kilométrage improductif à cause de la réutilisation plus fréquente des mêmes véhicules.

Étant donné la façon dont on a évalué la durée des interparcours, nous n'avons pas ce nombre de kilomètres. Nous avons par contre des statistiques sur les temps improductifs (Tableau 4.3).

TABLEAU 4.3

Les temps improductifs

	Temps inter- parcours (min.)	Temps arrêté (min.)
<u>Le matin</u>		
Solution en vigueur	581	622
TRANSCOL - Horaires existants	990	96
TRANSCOL - Horaires modifiés	1 231	147
<u>L'après-midi</u>		
Solution en vigueur	1 056	2 233
TRANSCOL - Horaires existants	1 045	1 750
TRANSCOL - Horaires modifiés	1 338	688

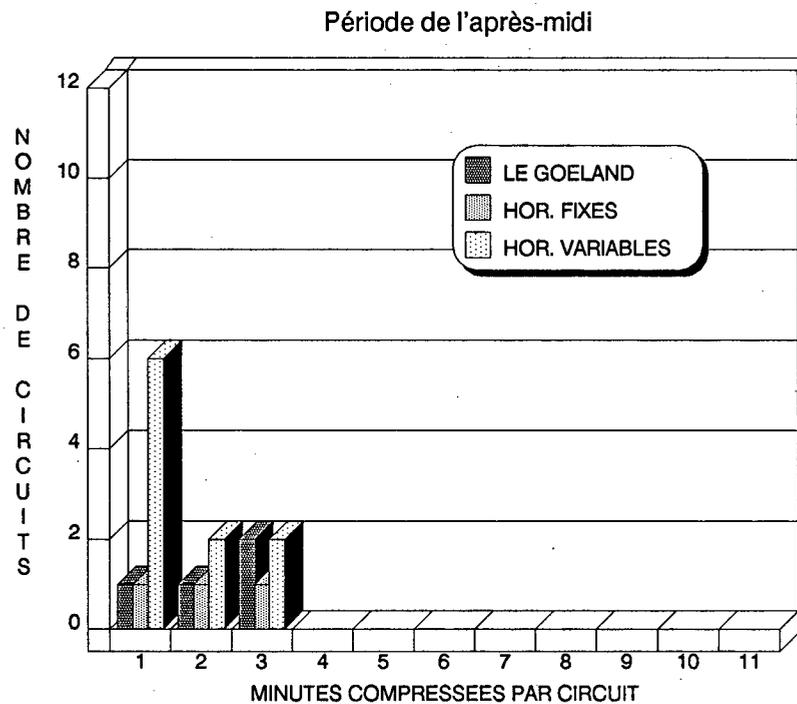
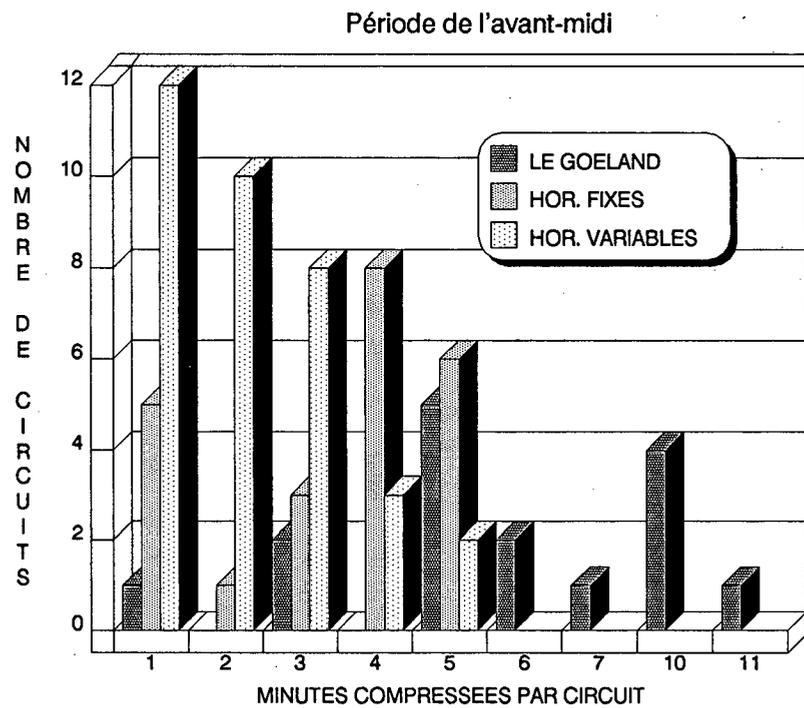
On voit que le temps d'interparcours a tendance à augmenter avec la réduction du nombre de véhicule. Par contre le temps arrêté diminue, les véhicules roulant au lieu d'attendre. Il est important de préciser ici que les coûts supplémentaires induits par le supplément de kilométrage ne sont pas du tout du même ordre de grandeur que les économies réalisées par la réduction du nombre de véhicules. On aura toujours avantage à réduire le nombre de véhicules.

Examinons en dernier lieu les compressions effectuées pour obtenir chacune des solutions. Rappelons que des tampons de 5 minutes ont été ajoutés à tous les parcours. Rappelons encore qu'il ne peut y avoir compression que lorsqu'un circuit contient deux parcours ou plus. De plus, pour les solutions générées par TRANSCOL, on a limité les compressions à un maximum de 5 minutes par circuit. Les solutions obtenues demeurent donc robustes et réalisables malgré ces compressions. Cette technique de compression offre l'avantage d'assouplir un peu les circuits, seulement là où on a avantage à le faire.

La figure 4.4 montre la répartition du nombre de circuits compressés selon le nombre de minutes par compression pour les trois solutions présentées. On remarque que dans le cas de la solution de la commission scolaire, des compressions supérieures à 5 minutes ont dû être admises. C'est donc dire que les contraintes imposées à TRANSCOL ne sont pas toujours respectées dans la solution de référence, correspondant à l'opération réelle de la commission scolaire.

La figure 4.5 montre finalement les temps de compression cumulés pour chacune des solutions.

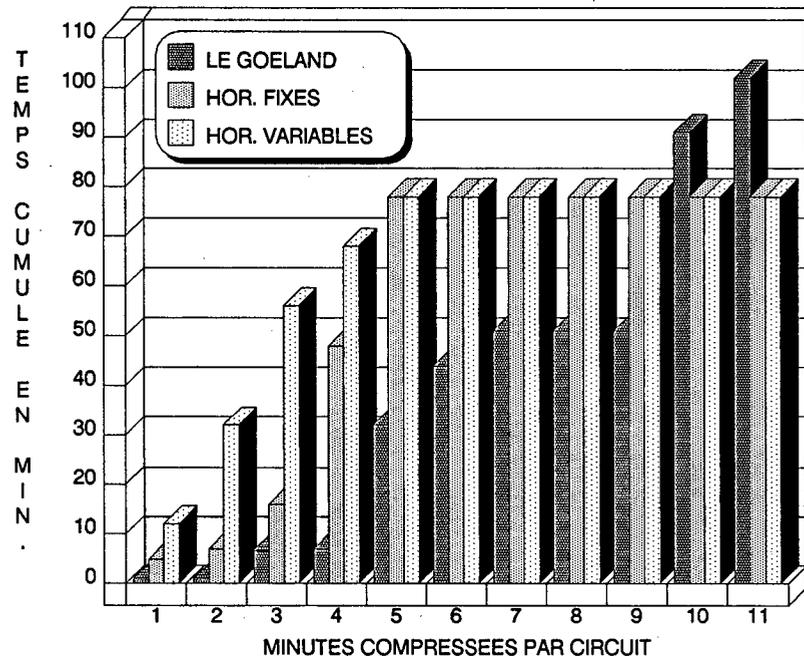
Ceci complète la présentation des résultats et des conditions dans lesquelles ils ont été produits.



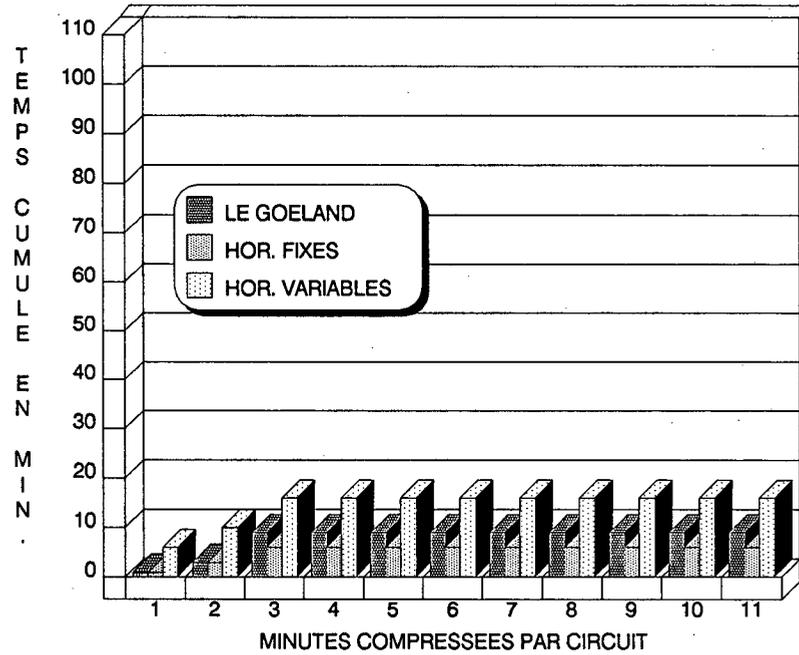
Nombre et importance des compressions effectuées sur les circuits pour les trois solutions présentées

Figure 4.4

Période de l'avant-midi



Période de l'après-midi



Temps cumulé des compressions effectuées sur les circuits des trois solutions présentées

Figure 4.5

4.5 Estimation de l'effort requis pour l'utilisation de SOCRATE

Compte tenu du contexte de notre étude (présenté en détail à la section 4.2) il n'a pas été possible de mesurer précisément l'effort requis pour effectuer une étude semblable dans un contexte de production avec un système bien rôdé. On peut tout de même donner un ordre de grandeur de cet effort.

On considère pour la présente évaluation que les données sont disponibles, et facilement compréhensibles, mais non codifiées sur support informatique. Certaines commissions scolaires ont peut-être déjà de telles données disponibles sur support informatique, alors que d'autres fonctionnent dans une confusion relative.

On exclut également de notre évaluation tous les délais de communication avec la commission scolaire. Dans le processus de production de solutions via TRANSCOL, un certain nombre de rencontres avec les responsables du transport à la Commission scolaire sont nécessaires pour aider à calibrer le réseau ainsi que pour ajuster les paramètres et les contraintes avant d'en arriver à des solutions acceptables. La durée de ce processus sera par conséquent lié à la disponibilité des autorités de la commission scolaire.

Dans le contexte d'une évaluation, pour une commission scolaire de la dimension du Goéland, il faudrait compter de 5 à 7 semaines pour la préparation des données et de 2 à 3 semaines pour générer les solutions, le tout pour deux personnes. S'ajoutent à cela les délais mentionnés plus haut. On peut donc parler de 7 à 10 semaines de travail pour deux personnes (un professionnel plus un technicien), pour monter le modèle avec sa base de données initiale et produire une première analyse. Par la suite, l'analyse de chaque nouveau scénario ne représenterait plus qu'environ une journée de travail.

4.6 Estimation des économies possibles dans le budget de transport de la commission scolaire Le Goéland (pour 1984-85)

Cette estimation est basée sur le coût annuel moyen au Québec pour la mise en service d'un véhicule, pour la journée. Ce coût était de 34 300 \$ pour l'année scolaire 1984-85. *

En estimant le coût relié à une augmentation de kilométrage pour exécuter les interparcours supplémentaires, suite au retrait d'un véhicule de la flotte à environ 20% du gain obtenu par le retrait de ce véhicule, soit 6 900 \$, on obtient une économie nette 27 400 \$ par véhicule retiré.

Ceci représente donc annuellement plus de 82 000 \$ pour les trois véhicules retirés dans le cas de la solution avec les horaires existants, et près de 385 000 \$ pour les 14 véhicules retirés dans celui de la solution avec horaires modifiés.

* Ce chiffre a été obtenu du Service du développement des politiques de la D.G.T.P.M.

Ajoutons qu'on n'a pas estimé ici les bénéfices supplémentaires à attendre de la diminution du nombre de véhicules requis pour l'après-midi seulement. Ainsi, dans le cas des horaires existants, on pourrait n'utiliser que 123 véhicules pour le transport de l'après-midi, ce qui fait que du total des 150 véhicules requis le matin, 27 seraient inoccupés l'après-midi. Dans le cas de la solution avec horaires modifiés, 16 véhicules sont dans cette situation. On ne sait pour l'instant comment quantifier les économies possibles, mais on peut penser qu'il y en aurait certainement si les contrats étaient négociés en tenant compte de cet aspect.

4.7 Conclusion sur l'étude-pilote

Cette étude-pilote avec la Commission scolaire du Goéland aura permis d'orienter correctement la modification des modules ainsi que le développement des interfaces nécessaires à cette version modifiée de TRANSCOL. Elle a aussi permis l'acquisition d'une bonne habileté dans la modélisation des données du transport scolaire et la manipulation du système, lequel demeure assez complexe, ce qui sera fort important lorsqu'on voudra utiliser ce système au Ministère des transports, le cas échéant.

Cette étude aura également permis de vérifier l'efficacité des algorithmes de TRANSCOL et de mesurer son potentiel d'utilisation tout en identifiant les conditions nécessaires à une utilisation efficace de cet outil.

5.0 ANALYSE DE LA ROBUSTESSE DU MODÈLE

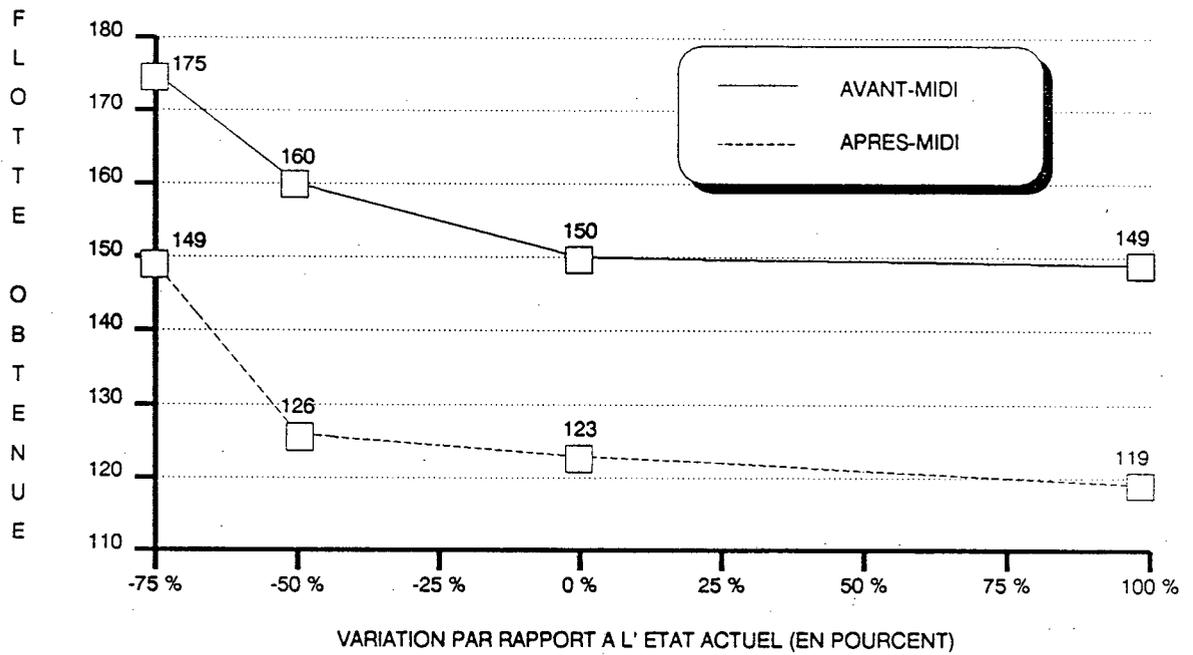
Le but de ce chapitre est d'analyser le comportement de chacun des paramètres du modèle sur la solution obtenue, dans le contexte des données de la Commission scolaire Le Goéland. La fixation de l'ensemble des valeurs des paramètres correspond au scénario officiel à horaires fixes. On a ici généré des scénarios dans lesquels on faisait varier un seul paramètre à la fois. Les figures 5.1 à 5.8 présentent les résultats obtenus en terme de niveau de la flotte requise le matin et l'après-midi, selon les variations de paramètres indiquées.

Paramètre: Les vitesses sur le réseau routier (pour les interparcours seulement)

Partant des vitesses du scénario de base, on a fait varier celles-ci en terme de pourcentage pour conserver un effet homogène sur le réseau routier. La figure 5.1, permet de conclure à la stabilité du modèle face aux vitesses actuelles issues de la calibration.

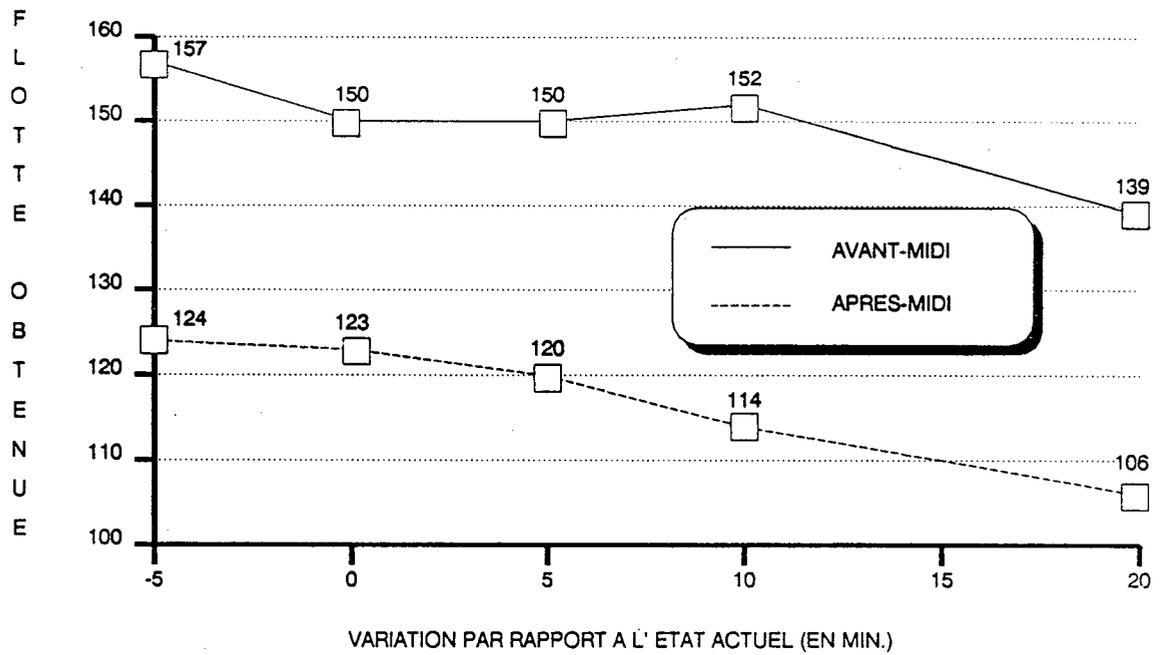
Paramètre: Temps d'attente maximum des élèves

À partir du scénario de base, on a fait varier le temps actuel maximum d'attente des élèves par tranche de 5 minutes. Notons qu'on détériore le niveau de service lorsque les temps maximum d'attente sont augmentés. La figure 5.2 montre bien que la flotte requise diminue lorsque le temps d'attente maximum augmente. Cependant, il faudrait ajouter plus de 10 minutes aux temps actuels d'attente maximum pour entraîner une diminution de la flotte pour la Commission scolaire. Le modèle semble donc peu sensible à ce paramètre, et il n'y a donc pas lieu de s'attarder longuement à son calibrage.



Effet de la vitesse dans le réseau routier sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.1



Effet du temps d'attente maximum des élèves sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.2

Pour les temps d'attente minimum, il n'était pas pertinent d'en étudier la variation puisque ceux-ci doivent tenir compte de la contrainte physique du déplacement de l'étudiant de sa sortie de l'autobus jusqu'à son cours.

Paramètre: Tampon ajouté à la durée des parcours

À partir de la solution de base dont le tampon a été fixé à 5 minutes, on a examiné des scénarios avec différentes valeurs de ce tampon. La figure 5.3 montre que le fait d'augmenter la valeur du tampon influence à la hausse le nombre de véhicules nécessaires, ce qui était attendu. Par contre, entre 2 et 6 minutes ce paramètre demeure relativement stable, et notre choix de la valeur "5" n'est pas critique.

Paramètre: Variation des horaires de cours

Ici on a voulu examiner l'influence de la grandeur de la plage horaire dans laquelle doivent se situer les horaires de début des cours le matin et de fin des cours l'après-midi. Deux scénarios dans lesquels les horaires pouvaient varier librement à l'intérieur d'une plage donnée, soit respectivement de 60 et de 90 minutes, ont été comparés au scénario de base avec les horaires existants de la Commission scolaire. Les horaires de l'après-midi varient de la même manière que ceux du matin de façon à conserver l'écart entre le début et la fin des cours.

Les résultats sont présentés à la figure 5.4. On remarque qu'en libérant les contraintes, le système tend vers un équilibre entre la situation du matin et celle de l'après-midi; équilibre qui correspond à la flotte minimale qui serait requise dans des conditions d'horaires idéales.

Ainsi, dans le cas de la Commission scolaire Le Goéland, le scénario avec la plage de 90 minutes laisse entrevoir la flotte minimale qu'il serait possible d'obtenir par le meilleur ajustement des horaires de cours en atteignant pratiquement un équilibre pour le nombre de véhicules obtenus, durant les périodes du matin et de l'après-midi, soit 129.

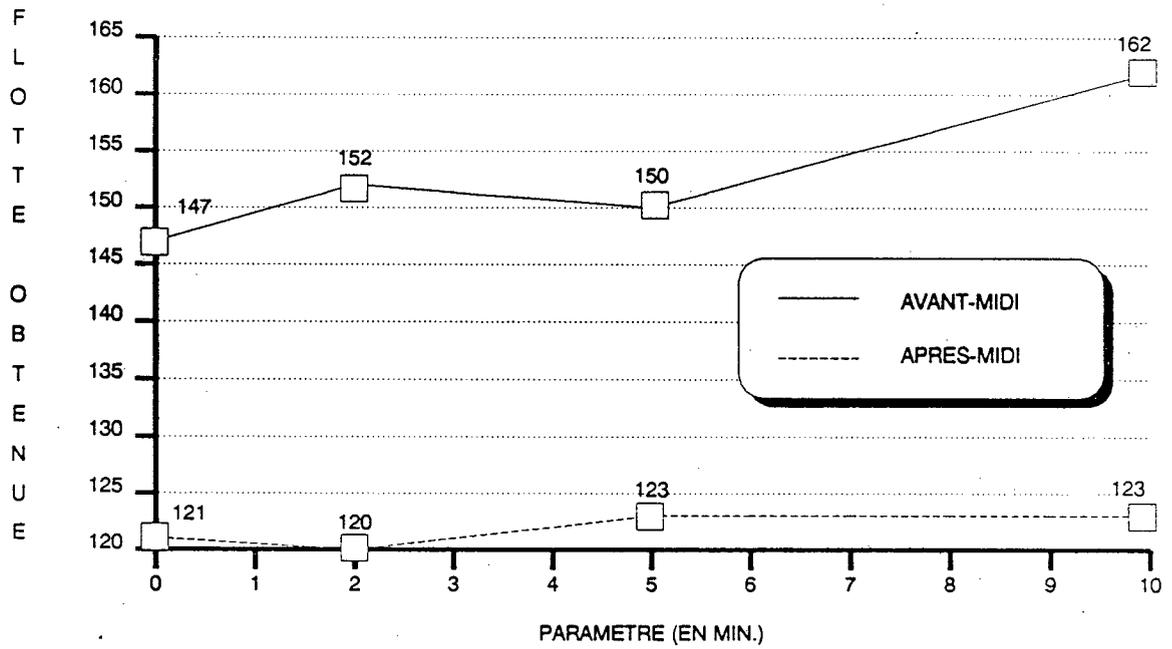
Paramètre: Temps minimum requis des interparcours

À partir du scénario de base dont le temps minimum requis des interparcours a été fixé à 5 minutes, la figure 5.5 montre les résultats des scénarios où l'on a fait varier ce temps minimum. On constate que le modèle réagit modérément à ce paramètre et que la solution est robuste. On notera que la solution obtenue pour l'avant-midi dans le cas du temps minimum de 0 minute est un exemple du comportement d'un heuristique (se référer à la section 3.4).

Paramètre: Temps maximum permis des interparcours

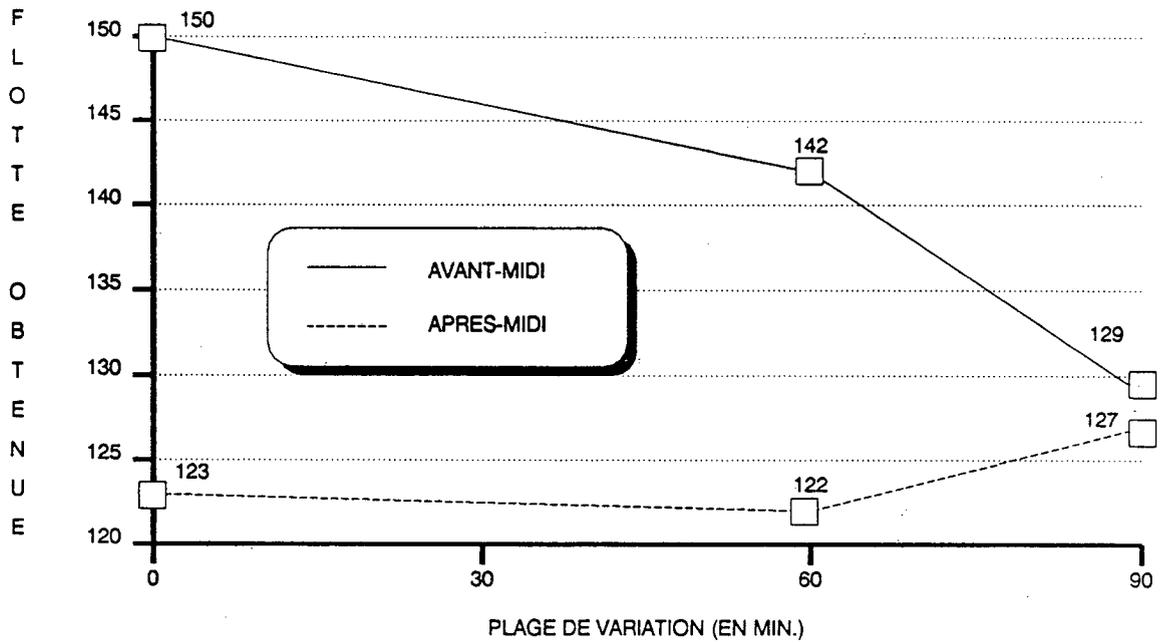
À partir du scénario de base, dont le temps maximum requis est 99 minutes, on a refait quelques agencements en restreignant davantage les possibilités de combinaison des parcours par la réduction de ce temps maximum permis; on constate à la figure 5.6 que dans la région de 30 à 99 minutes, la solution est relativement stable. Une des explications possibles de ce phénomène est lié à la nature même des algorithmes et des solutions: c'est-à-dire que pour une flotte donnée, il existe plusieurs solutions de combinaisons des parcours en circuits.

Ainsi, les circuits existants de la Commission scolaire Le Goéland de même que les solutions de TRANSCOL n'utilisent que des interparcours d'une durée de moins de 40 minutes, comme on peut le voir à la figure 5.7.



Effet du tampon ajouté à la durée des parcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.3



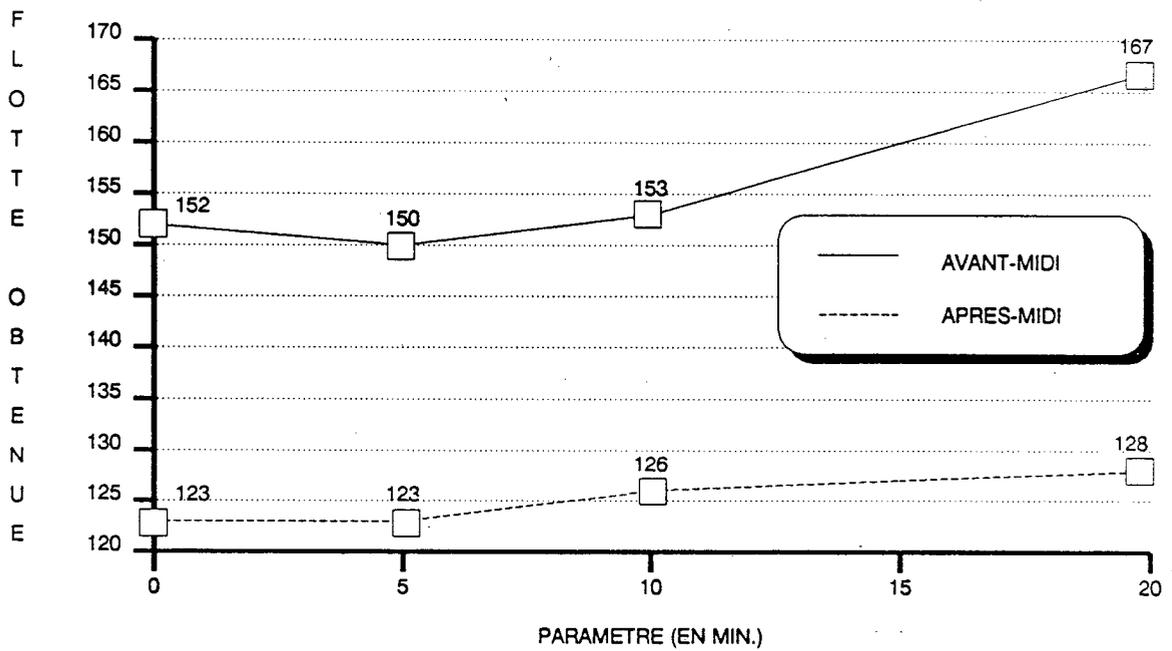
Effet de la dimension de la plage de variation des horaires sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.4

Paramètre: Facteur de compression sur les circuits

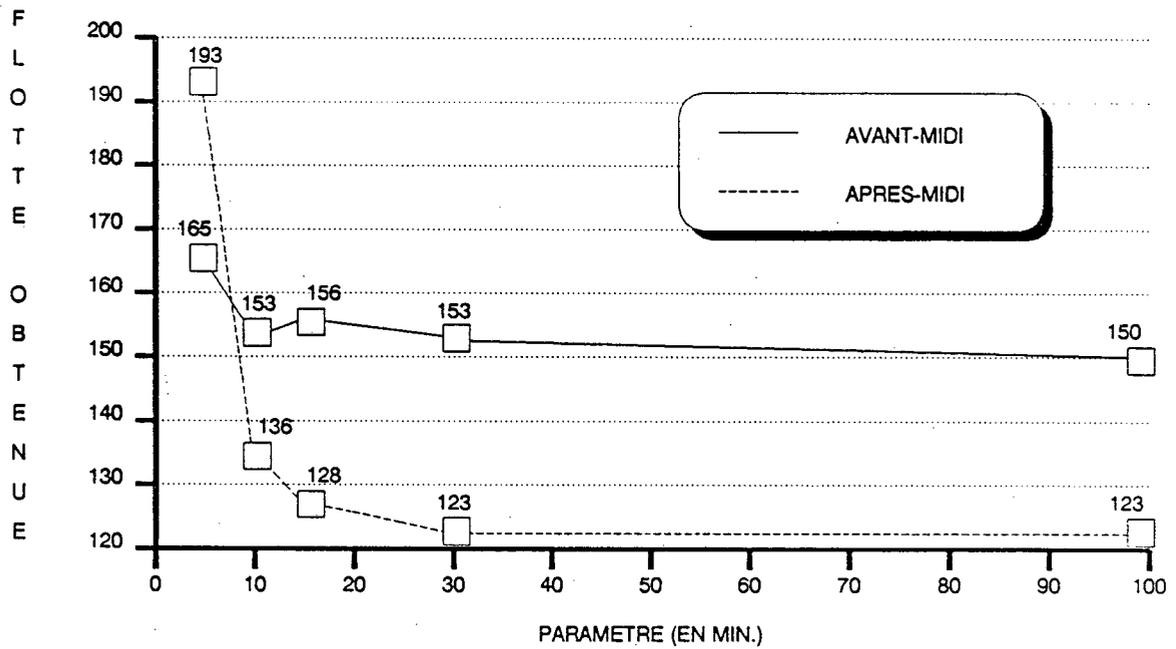
À partir du scénario de base, dont la valeur du facteur de compression sur les circuits est 5 minutes, la figure 5.8 illustre ce qu'on obtient lorsque le facteur en question varie. La relation est quasi linéaire et la solution ne varie pas beaucoup aux modifications à ce paramètre.

On constate que lorsqu'un paramètre varie de façon de plus en plus contraignante, il arrive que le système nous fournisse une meilleure solution, alors qu'on s'attendrait à l'inverse. Cela s'explique par la nature heuristique des algorithmes utilisés. Notons que dans ce cas la solution la plus avantageuse demeure valable puisqu'elle a été obtenue sous des conditions plus contraignantes.



Effet du temps minimum requis des interparcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

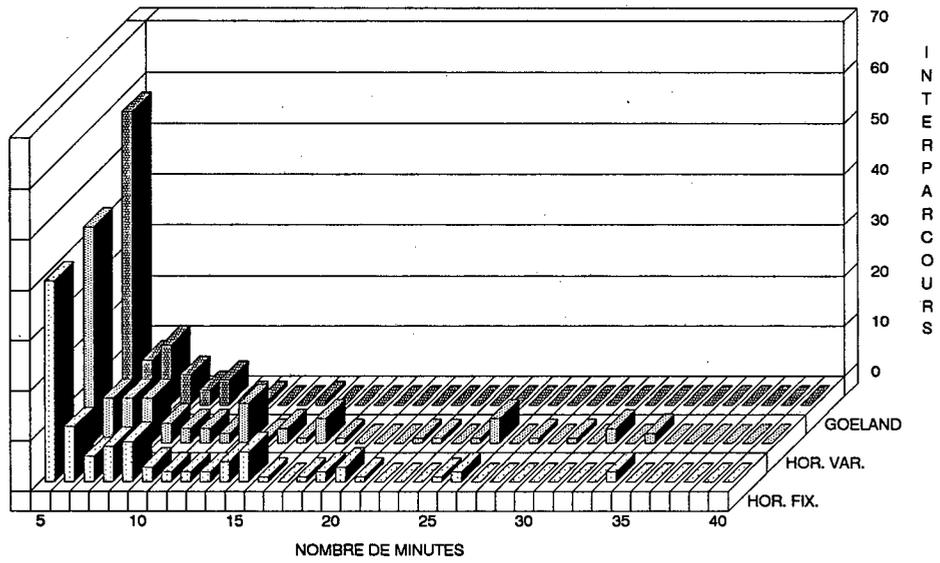
Figure 5.5



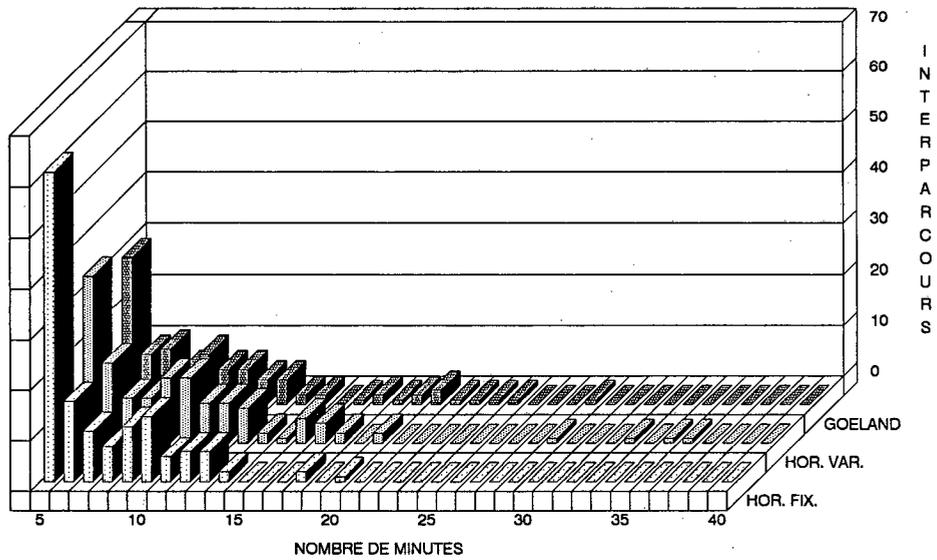
Effet du temps maximum permis des interparcours sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.6

Période de l'avant-midi

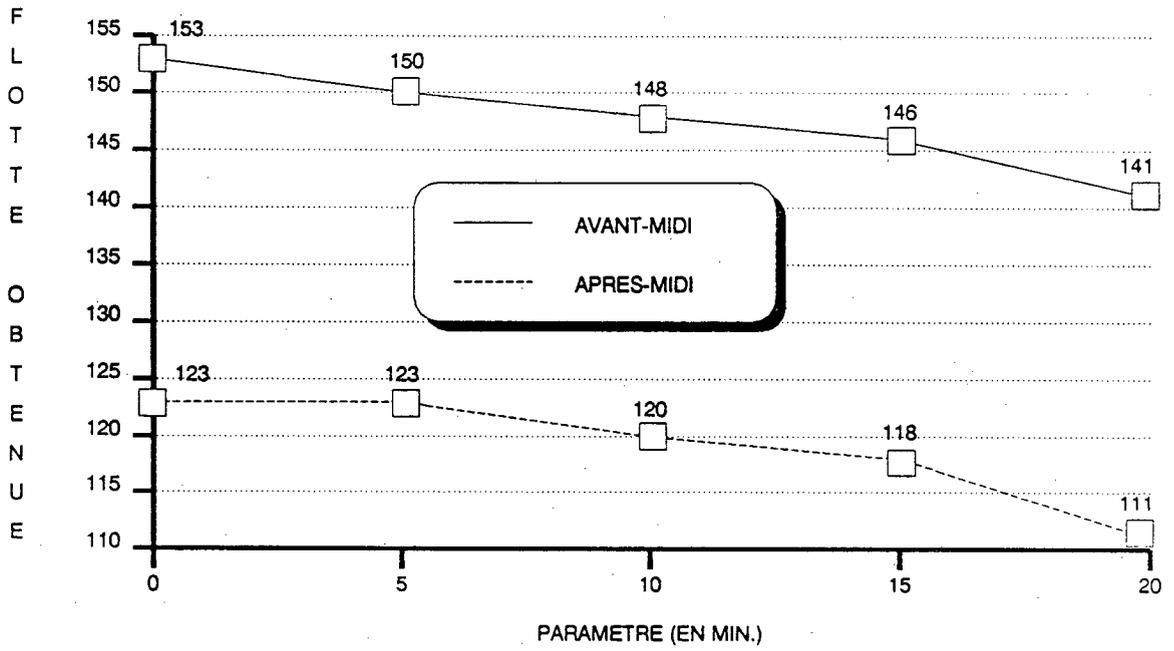


Période de l'après-midi



Distribution des durées des interparcours pour les trois solutions

Figure 5.7



Effet du facteur de compression pour les circuits sur la flotte de la Commission scolaire Le Goéland

Figure 5.8

6.0 DISCUSSIONS GÉNÉRALES

6.1 La nature du système SOCRATE et son contexte d'utilisation

En regard de l'expérience acquise au cours de l'étude-pilote, il apparaît important de souligner qu'un utilisateur de SOCRATE devrait bien connaître les principes d'organisation du transport scolaire et ses problèmes, en plus de posséder une certaine capacité de modélisation afin de formuler le problème de façon adéquate, de même qu'une très bonne connaissance du système; ces trois aspects étant essentiels pour orienter correctement le travail vers des solutions à la fois efficaces et réalistes.

Concernant les utilisations possibles du système SOCRATE, mentionnons tout d'abord son intégration possible dans un processus d'évaluation de l'efficacité du transport scolaire qui pourrait être mis-en-place au sein du ministère des transports du Québec. Mentionnons également que ce système pourrait être très utile au M.T.Q. pour évaluer quantitativement les économies ou les coûts supplémentaires reliés à l'application de différentes politiques qui peuvent influencer les coûts du transport, comme par exemple: une centralisation plus poussée au niveau régional dans l'organisation du transport scolaire ou inversement une décentralisation de celui-ci à l'échelon local. Cet outil permettrait encore de vérifier quantitativement s'il y aurait avantage, en terme d'une meilleure utilisation des véhicules, à ce que les commissions scolaires catholiques et protestantes desservant à peu près les mêmes territoires s'entendent pour organiser conjointement leurs services de transport. Ces deux exemples montrent l'intérêt que peut offrir le système SOCRATE pour le Ministère.

Ce système serait certainement très utile aux commissions scolaires pour la planification de leur transport. Cet outil informatique leur permettrait en particulier d'explorer rapidement différents scénarios d'horaires de cours et d'évaluer les réductions de coût du transport qui résulteraient d'un ajustement judicieux de ces horaires. Ainsi les commissions scolaires seraient en mesure de juger en toute connaissance les avantages et les inconvénients liés à une telle décision.

À cet effet, mentionnons qu'à la GRICS on considère que la plupart des régisseurs du transport scolaire ont la compétence et l'expérience leur permettant d'effectuer manuellement des agencements de parcours efficaces (ce qu'on a constaté dans notre étude-pilote avec la commission scolaire Le Goéland).

On constate cependant que ce processus manuel d'agencement est long et requiert un effort de concentration considérable, ce qui limite les possibilités d'exploration de variantes comme par exemple des scénarios d'horaires de cours différents.

On pense donc à la GRICS qu'un outil disponible sur micro-ordinateur comme SOCRATE, qui peut effectuer automatiquement des agencements de parcours également efficaces, non seulement libérerait les régisseurs de cette tâche en leur permettant de se concentrer sur l'analyse des résultats, mais permettrait en plus d'effectuer rapidement de nouveaux agencements et ainsi d'explorer des variantes qui leur paraîtraient intéressantes.

6.2 Les prévisions d'économie dans la rationalisation du transport scolaire au Québec

Précisons tout d'abord qu'il n'est pas possible de faire une prévision rigoureuse des économies potentielles pour l'ensemble du Québec parce qu'on ne connaît pas le degré de rationalisation actuel du transport dans chaque commission scolaire.

On sait cependant que l'intérêt d'utiliser un système comme SOCRATE croît avec la complexité du problème à traiter. On sait également que la complexité du problème est fortement liée à la taille de la commission scolaire. D'autres facteurs comme la répartition des écoles et des élèves sur le territoire, la topologie du réseau routier ou la répartition des horaires de cours influencent aussi la complexité du problème de transport.

Ces quelques constatations nous amène à chercher des indicateurs qui permettraient de caractériser la situation du transport dans chaque commission scolaire. Ces indicateurs devraient refléter le niveau d'efficacité atteint par une commission scolaire dans l'organisation de son transport et offrir également une mesure de la complexité de sa situation.

Ces indicateurs permettraient alors de faire ressortir le potentiel de rationalisation possible dans l'organisation du transport scolaire avec un système comme SOCRATE.

6.2.1 Identification de quelques éléments pouvant servir d'indicateur de la complexité et de l'efficacité du transport scolaire

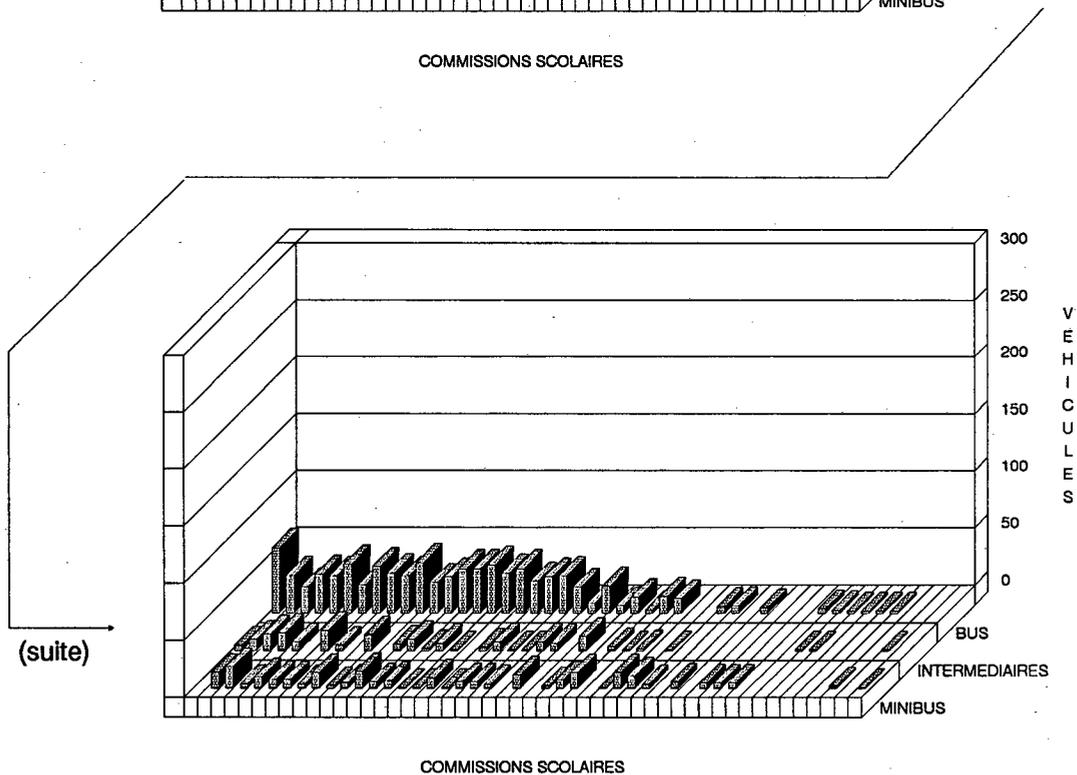
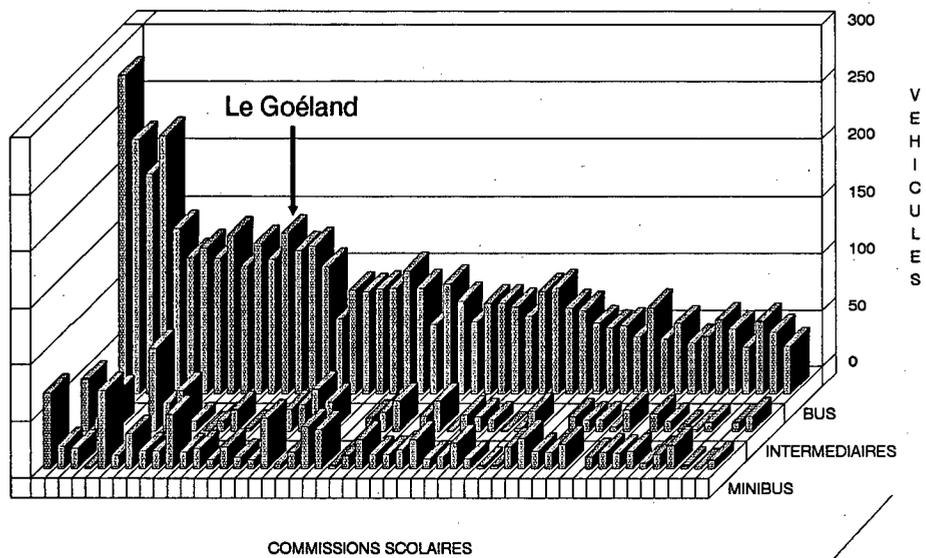
- La composition de la flotte existante d'autobus

Une flotte homogène permet la combinaison d'un plus grand nombre de parcours, puisque les circuits sont nécessairement groupés selon le type de véhicules pouvant les effectuer (capacité et maniabilité sont les deux grands discriminants).

Mentionnons ici que parmi tous les éléments énumérés dans cette section, la composition de la flotte est le seul pour lequel des données sont disponibles au M.T.Q. pour l'ensemble du Québec. La figure 6.1 présente ces informations pour l'année scolaire 1984-1985. Dans cette figure les véhicules de 10 rangées de banquettes et plus sont regroupées dans la catégorie "Bus", ceux ayant de 6 à 9 rangées se retrouvent dans la catégorie "Intermédiaires" alors que la catégorie "Minibus" comprend les véhicules de 4 ou 5 rangées.

- La durée moyenne et la répartition des durées des parcours

Plus les durées des parcours sont courtes, plus il est possible de joindre des parcours entre eux pour former des circuits. À titre d'exemple pour la Commission scolaire Le Goéland la moyenne des durées des parcours en période du matin est de 41.8 minutes et en période du soir de 35.9 minutes. La figure 6.2 montre cette répartition pour les 2 périodes (le tampon de 5 minutes est ajouté aux durées réelles des parcours). Le développement d'un ratio entre cette durée moyenne et la durée de la période de transport du matin ou de l'après-midi pourrait être un indicateur utile, donnant le nombre potentiel moyen de parcours par circuit.



Composition des flottes de chaque commission scolaire, en ordre décroissant de leur dimension.

(1984 - 1985)

Figure 6.1

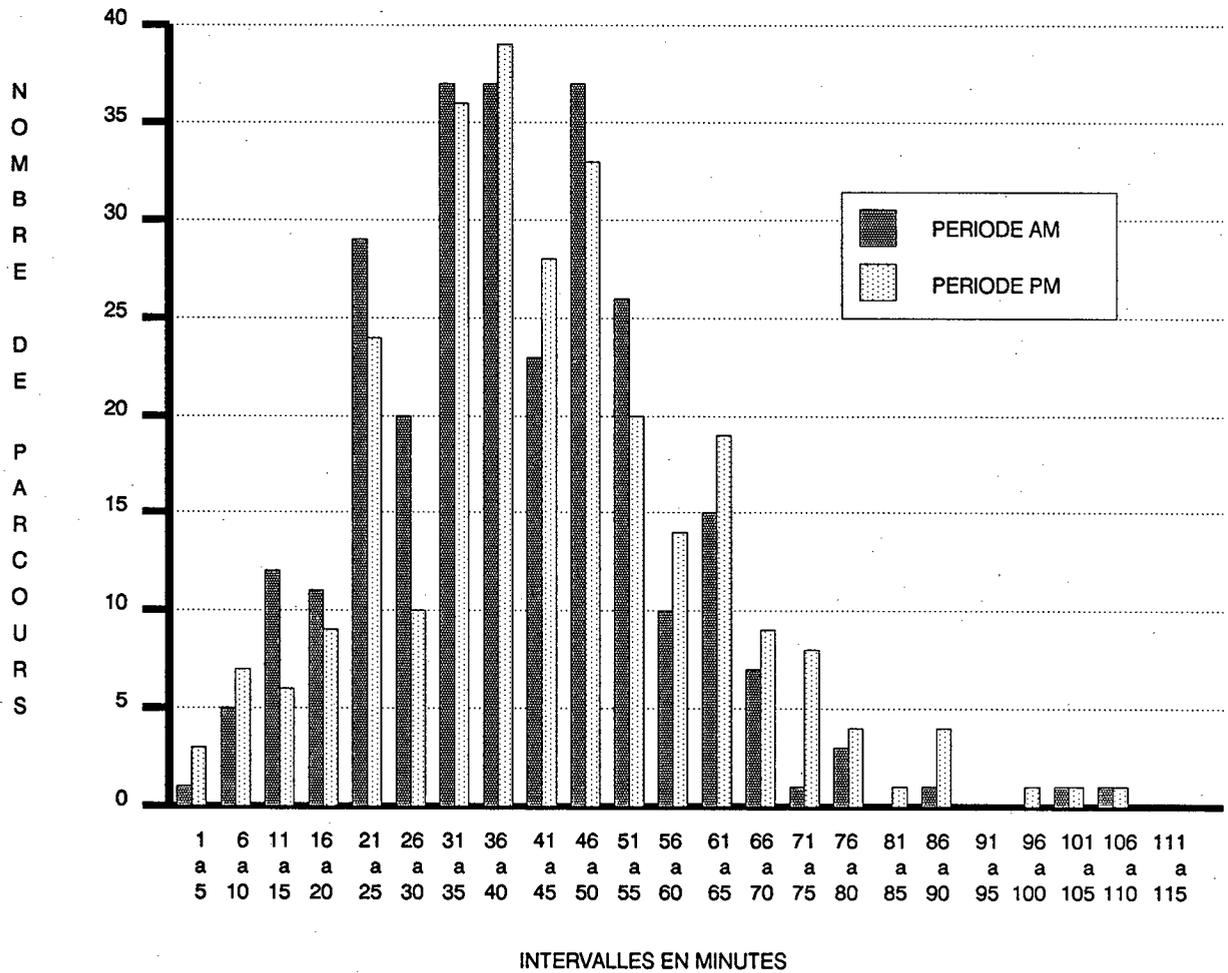
Par exemple on peut imaginer une situation où le transport s'effectuerait entre 7 h 30 et 9 h 15 le matin. Ceci donne une période de transport de 1 h 45 ou 105 minutes. Si la durée moyenne des parcours était pour ce cas de 40 minutes et celle des interparcours de 10 minutes, on obtiendrait alors le ratio suivant:

$$\frac{105}{40 + 10} = 2.1$$

Ce ratio représenterait un optimum du nombre moyen de parcours par circuit qui ne pourrait probablement jamais être atteint. Remarquons que cet optimum augmenterait si l'on allongait la période de transport.

- La répartition des parcours dans le temps selon les heures de début et de fin des parcours

La notion de pointe de la demande peut alors se dégager. Si celle-ci est bien mise en évidence, il y a fort à parier qu'une réorganisation des horaires de cours permette de rationaliser davantage le service.



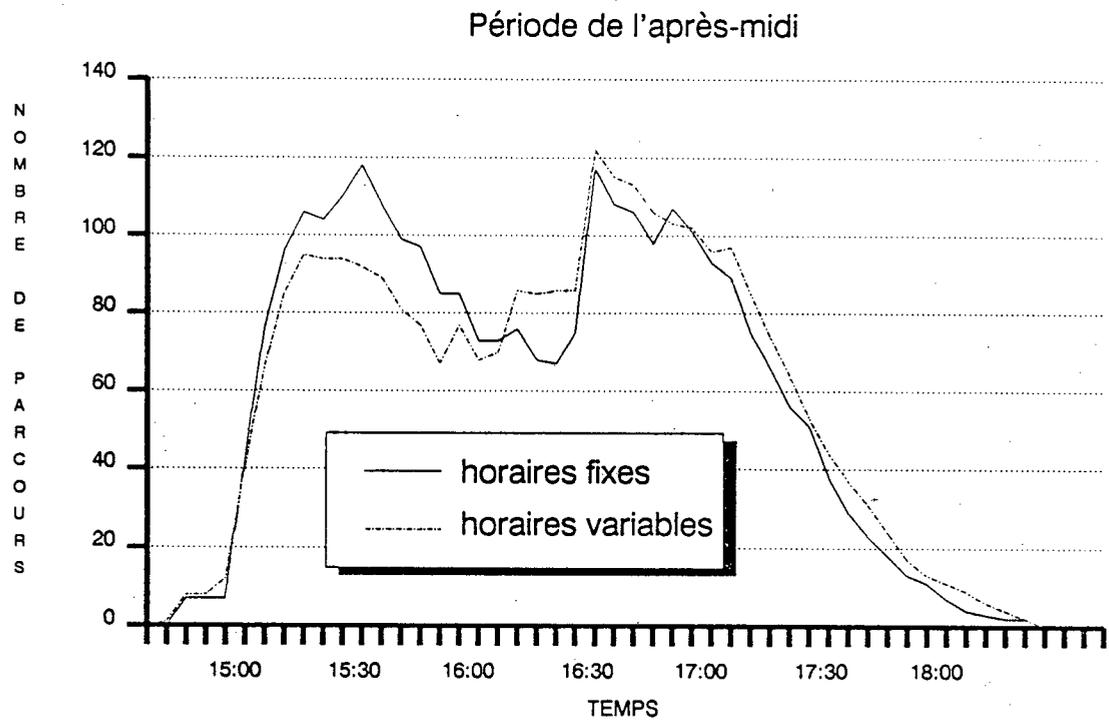
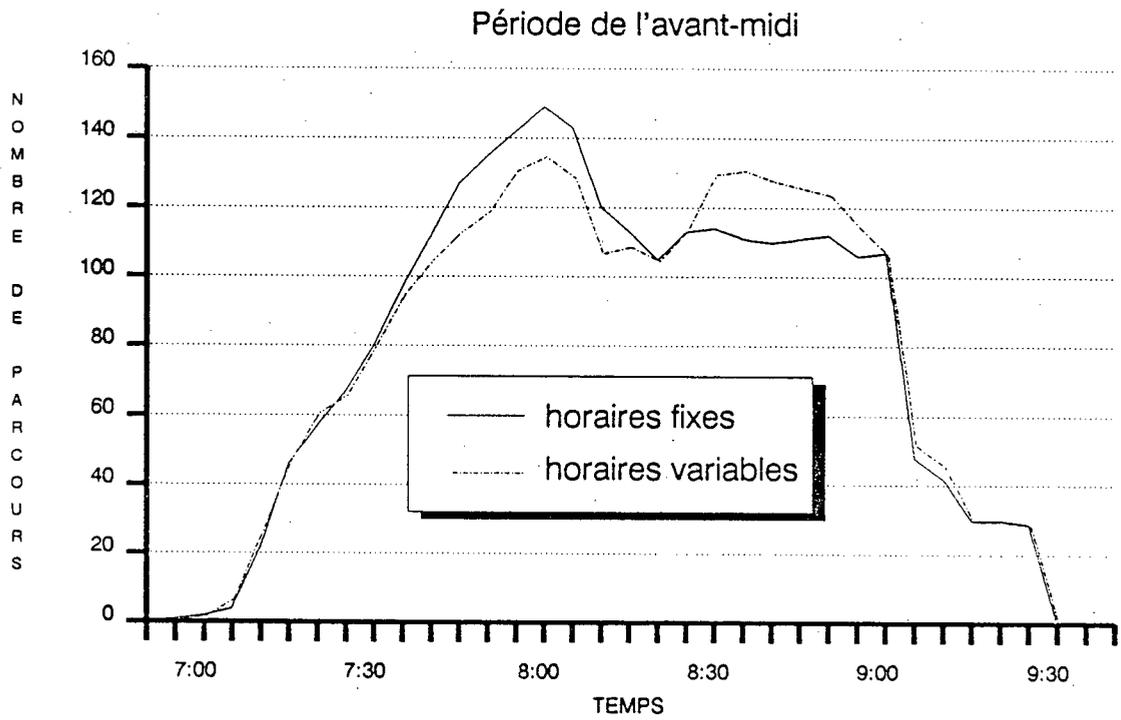
Répartition des durées des parcours de la Commission scolaire Le Goéland (incluant le tampon de 5 minutes)

Figure 6.2

La figure 6.3 reproduit la répartition des parcours dans le temps tels qu'obtenus par la Commission scolaire Le Goéland. On notera la pointe de demande en période du matin, ainsi que la répartition des parcours obtenue pour le scénario à horaires variables. Dans ce cas, on s'aperçoit que la pointe s'est atténuée pour former deux pointes plus modestes. Pour l'après-midi, on constate que malgré le réaménagement de la distribution, la flotte n'est pas diminuée.

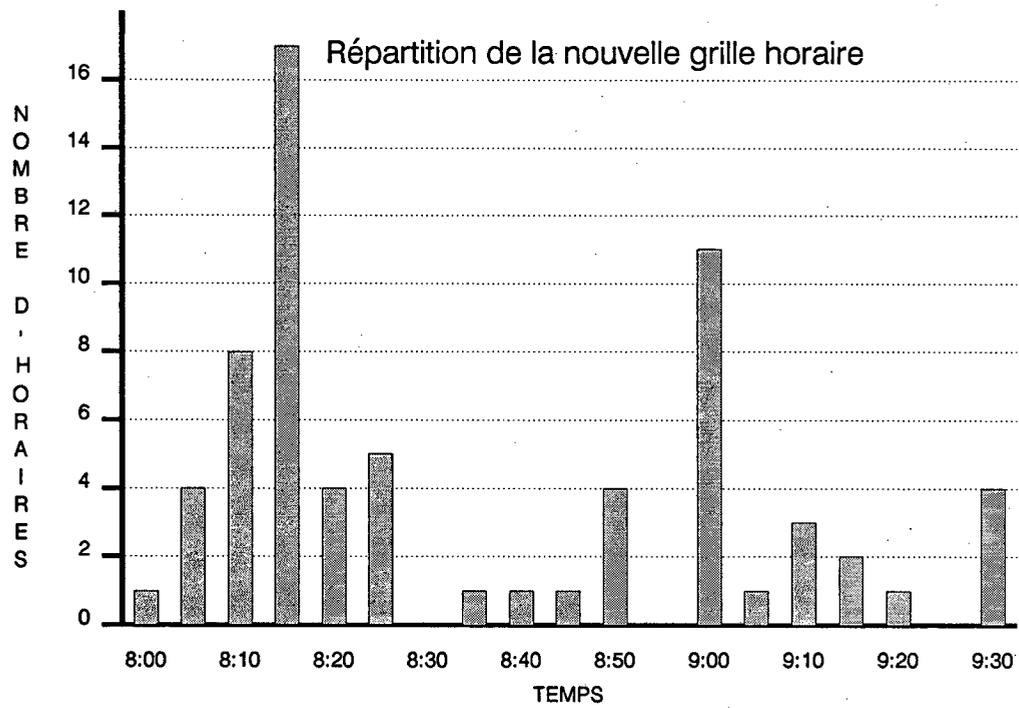
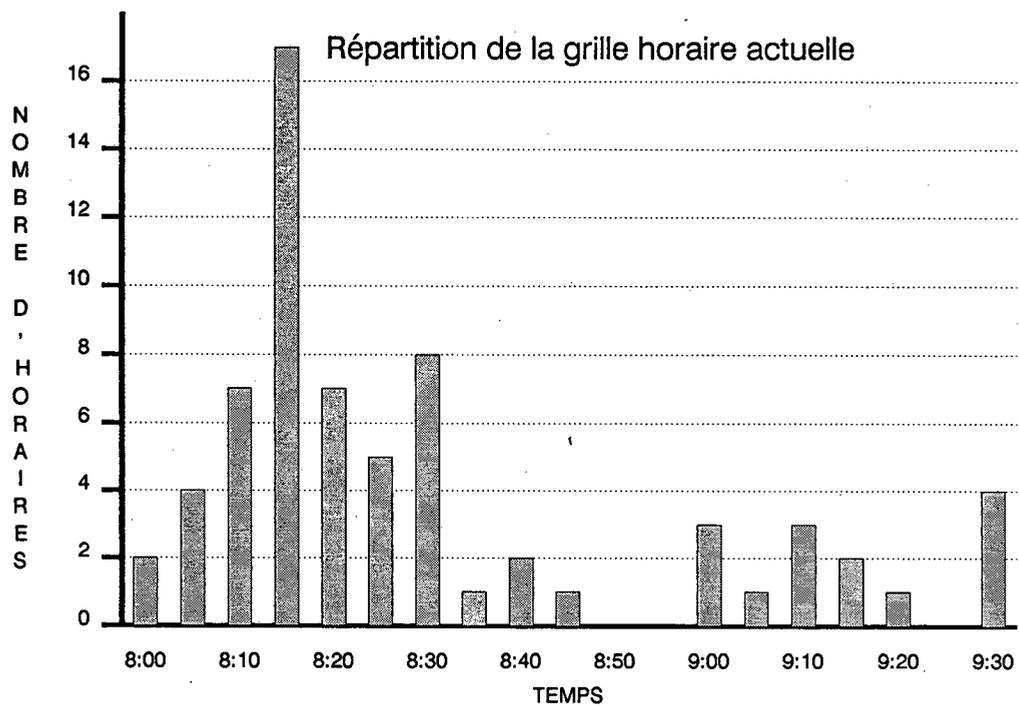
- La répartition des horaires de cours

Cette répartition et celle des parcours dans le temps sont intimement reliées. Cette répartition des horaires de cours permet de repérer facilement les commissions scolaires qui auraient avantage à réviser et ajuster leurs horaires de cours en fonction du transport. La figure 6.4 montre la distribution des horaires de cours utilisées à la Commission scolaire Le Goéland et celle résultant du scénario des horaires variables. On notera une double polarisation accentuée dans ce dernier cas, ce qui est cohérent avec la distribution horaire des parcours pour ce scénario (voir figure 6.3).



Distribution des parcours dans le temps pour la Commission scolaire
Le Goéland

Figure 6.3



Distribution des horaires de cours dans le temps pour la Commission scolaire Le Goéland

Figure 6.4

- La localisation spatiale des écoles

La concentration géo-spatiale des écoles atténue certainement la complexité dans les possibilités d'organisation des parcours en circuits visant à une utilisation maximale des autobus. Par contre, une dispersion spatiale uniforme de ces écoles contribue à rendre le problème plus intéressant en ce qui regarde l'utilisation maximale des autobus.

Enfin, il serait envisageable d'élaborer un indicateur global qui combinerait un certain nombre des éléments énumérés ci-haut, ce qui permettrait une première évaluation et un repérage rapide des cas qui mériteraient une attention plus particulière. Il serait certainement utile de poursuivre cette réflexion et de vérifier les possibilités d'obtenir les données supplémentaires pour une analyse plus poussée de cette question.

6.2.2 Une projection brute à partir des résultats du Goéland

En l'absence de tels indicateurs qui faciliteraient les prévisions sur les économies réalisables dans la rationalisation du transport scolaire au Québec, on peut à tout le moins donner au lecteur une idée de l'ordre de grandeur de ces économies potentielles pour l'ensemble du Québec. Le tableau 6.1 présente donc une projection brute à partir des résultats de la Commission scolaire Le Goéland.

Cette estimation grossière est basée sur le fait que la flotte d'auto-bus scolaire québécoise en 1984-85 s'établissait à 1 749 véhicules (pondérés), et que l'économie nette moyenne par véhicule retiré serait de 27 400 \$, tel qu'établit à la section 4.6.

TABLEAU 6.1

PROJECTION BRUTE DES RÉSULTATS DE LA COMMISSION SCOLAIRE LE GOÉLAND
SUR L'ENSEMBLE DU QUÉBEC

	Flotte totale des véhicules réduite de	Nombre de véhicules retirés	Montant net annuel épargné sur l'ensemble des véhicules retirés
	1%	71.5	1 959 000 \$
Solution avec horaires actuels	2%	143.0	3 922 000 \$
	3%	214.5	5,877,000 \$
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
Solution avec horaires modifiés	9%	643.5	17 648 000 \$
	10%	715.0	19 590 000 \$

7.0 CONCLUSION

En regard des résultats obtenus lors de l'étude-pilote ainsi que des analyses paramétriques effectuées sur le système, il est raisonnable d'affirmer que le système SOCRATE (notre version modifié de TRANSCOL) est efficace, fiable et robuste. Remarquons, tout de même, que bien que le système produise des solutions satisfaisantes, il serait possible d'augmenter encore son efficacité par l'introduction d'algorithmes exacts.

L'expérience d'utilisation du système acquise au cours de la présente étude démontre cependant que son emploi requiert un personnel compétent et une collaboration étroite de la part des responsables du transport de la commission scolaire, si l'on veut obtenir des résultats réalistes.

On pourrait faciliter quelque peu l'utilisation de SOCRATE en simplifiant le contenu des fichiers servant d'interface entre les modules du système. Il y aurait également avantage à développer des interfaces qui permettraient d'importer ou d'exporter des données utilisées par d'autres logiciels en place dans les commissions scolaires.

Dans la mesure où l'on juge opportun de doter le M.T.Q. d'un outil d'évaluation du transport scolaire au Québec, le système SOCRATE pourrait en constituer la base à condition cependant que l'approche retenue tienne véritablement compte de la problématique du transport scolaire ainsi que des caractéristiques du système.

Ces caractéristiques dont on a discuté dans les chapitres précédents entraînent des conditions d'application relativement contraignantes. Ainsi il est important de se rappeler que pour utiliser SOCRATE d'une manière efficace on devra:

- avoir accès à des données fiables et faciles à consulter;
- avoir la capacité de bien modéliser le problème en respectant les particularités de chaque commission scolaire;
- être en mesure de bien calibrer le réseau et de bien définir les contraintes du système;
- posséder une certaine habileté pour analyser les résultats, pour bien exploiter les possibilités du système et bien orienter la recherche des solutions.

Comme on l'a mentionné au début de ce chapitre, ceci exige à la fois un personnel compétent et une excellente collaboration de la part des responsables du transport au niveau des commissions scolaires. Cette dernière condition est fondamentale et il appartiendra au M.T.Q. d'entretenir un climat favorable avec le milieu scolaire.

À ce stade-ci du projet il apparaît nécessaire de poursuivre une réflexion élargie au sein de la D.G.T.P.M. sur les modalités possibles d'un tel mécanisme d'évaluation et surtout sur son articulation par rapport à la politique de financement du transport scolaire mise en place par le Ministère.

8.0 RECOMMANDATIONS

Il est recommandé que le présent projet se poursuive et que, plus particulièrement, il s'articule autour des éléments suivants:

- 1- Vérifier la disponibilité des données relatives au transport scolaire et développer des indicateurs légers permettant de repérer rapidement les commissions scolaires où des mesures de rationalisation seraient les plus profitables.

- 2- Poursuivre la réflexion avec tous les intéressés au sein de la D.G.T.P.M. sur l'opportunité de mettre en place un mécanisme d'évaluation de l'efficacité du transport scolaire, et s'il y a lieu sur les modalités d'application de ce mécanisme de contrôle.

- 3- Entreprendre l'étude d'une seconde commission scolaire:
 - afin de vérifier la flexibilité de la modélisation dans la représentation du transport scolaire avec un cas différent du Goéland;
 - afin de consolider l'expertise de la D.G.T.P.M. dans l'opération du système SOCRATE;
 - afin d'évaluer plus pertinemment l'effort requis avec un outil rodé;
 - afin d'obtenir un second point de référence concernant les possibilités de rationalisation du transport scolaire au Québec;

- afin d'aider au développement d'un processus d'évaluation, s'il y a lieu;
- et finalement, afin de favoriser la participation des autres services concernés à la D.G.T.P.M.

4- Faire connaître le système à tous les services concernés par le transport scolaire à la D.G.T.P.M. afin de favoriser son utilisation en fonction des besoins et préoccupations du Ministère. À cet effet, un groupe de travail inter-services serait formé pour l'ensemble de la poursuite du projet.

5- Explorer les possibilités de rendre ce genre de système disponible aux commissions scolaires afin de favoriser l'utilisation d'algorithmes optimisant l'agencement de parcours et le choix d'horaires, pour une meilleure utilisation des véhicules de transport scolaire. À cet égard, les trois principales firmes québécoises en la matière ont fait savoir leur intérêt à participer à des projets-pilotes. Notons bien que ces algorithmes sont déjà disponibles aux commissions scolaires à travers le système GALILÉE. Cependant ce système fonctionne sur l'ordinateur central de la GRICS et les responsables du transport n'y ont accès qu'avec l'assistance des services d'informatique de leur commission scolaire, le tout fonctionnant comme une boîte noire et ne proposant aux responsables que d'interminables listes de résultats, difficiles à analyser et offrant peu d'attrait. On sait qu'un système sur micro-ordinateur, à la portée des usagers immédiats aurait infiniment plus d'attrait, surtout à notre époque où ces milieux ont commencé à apprivoiser l'informatique et l'utilisent déjà dans plusieurs de leurs tâches.

ANNEXE A

Une description des systèmes informatiques d'aide au transport scolaire

Nous présentons ici un inventaire descriptif, qui ne se veut pas exhaustif, des quelques outils informatiques disponibles au Québec dans le domaine du transport scolaire.

On identifie deux sources principales d'où proviennent la plupart des systèmes offerts aux commissions scolaires, soient la GRICS, un organisme autonome à but non lucratif au service des commissions scolaires et IST, une firme privée.

Pour sa part, la GRICS propose à sa clientèle quatre systèmes pour les aider à gérer le transport exclusif de leurs élèves soient: PREFACE, GALILÉE, MICROBUS et PIASTRE.

PREFACE est un outil, implanté sur micro-ordinateur, destiné à faciliter l'affectation des élèves aux écoles-bâtisses. Six commissions scolaires utilisent actuellement ce logiciel.

GALILÉE est un système implanté sur l'ordinateur central de la GRICS, et qui vise à faciliter l'organisation du transport scolaire. GALILÉE a été utilisé par 20 commissions scolaires; on prévoit cependant que son utilisation ira en diminuant.

Les principales fonctions du système GALILÉE sont:

- la gestion d'une base géographique (la BASE-GALILÉE d'IST) ou toponymique représentant le réseau routier de la commission scolaire sous support informatique;
- la liaison avec les dossiers des élèves des systèmes SIGNE ou BULLETIN SCOLAIRE;
- la localisation de la clientèle étudiante sur le territoire de la commission scolaire;
- la détermination du droit au transport de l'élève;
- l'assignation des points d'embarquement (ARRÊTS) aux élèves; *
- la gestion des parcours et l'attribution des parcours aux élèves (suggère des parcours); *
- le choix d'horaires d'écoles qui permettront de réutiliser le plus possible les véhicules; *
- la gestion des circuits et l'agencement automatique des parcours d'autobus en circuits; *
- la production des informations requises pour la préparation des devis de transport.

MICROBUS est un système de post-localisation au transport scolaire sur micro-ordinateur, permettant d'entrer et de modifier les informations relatives au transport des élèves en les traitant individuellement et interactivement après la période d'organisation massive du transport scolaire faite par le système GALILÉE.

* Les fonctions marquées d'un astérisque (*) proviennent des algorithmes de TRANSCOL développés par le C.R.T. qui ont été incorporées dans la version de GALILÉE implantée à la GRICS.

Ce système peut aussi être utilisé en mode autonome, c'est-à-dire sans lien avec le système GALILÉE. De cette façon, l'organisation du transport se fait uniquement avec le micro-ordinateur. Jusqu'à maintenant 30 commissions scolaires utilisent cet outil pour l'organisation de leur transport.

PIASTRE est un système qui permet la gestion sur micro-ordinateur des contrats de transport, le calcul des différentes clauses d'ajustement et la détermination de chacun des paiements à effectuer aux transporteurs. C'est un outil important lors de la négociation des contrats avec les transporteurs. Ce système est utilisé par 26 commissions scolaires.

La firme IST, quant à elle offre ses services pour la mise sur pied et l'entretien d'une "BASE GÉOGRAPHIQUE" (la banque de données géocodées) disponible sous deux formes, soient la BASE-GALILÉ et la BASE-GALILÉE 2.

IST offre également les systèmes HORIZON, L'ÉCLAIREUR et LE GESTIONNAIRE pour aider les commissions scolaires à organiser leur transport.

BASE-GALILÉE est la banque de données géocodées utilisée par le système GALILÉE présenté précédemment parmi les systèmes de la GRICS. Jusqu'à maintenant 26 commissions scolaires régionales responsables d'un service de transport ont accès à une telle banque de données.

BASE-GALILÉE 2 est une banque de données géocodées implantée sur micro-ordinateur sous forme d'une base de données relationnelle. Trois commissions scolaires ont accès à cet outil en conjonction avec les logiciels "L'ÉCLAIREUR" et le "LE GESTIONNAIRE" décrits à la page suivante.

HORIZON

est un système d'aide à l'organisation du transport scolaire (reprend certaines fonctions de GALILÉE) implanté sur mini-ordinateur BURROUGHS, série B1800/B1910 et permettant d'exploiter la BASE GÉOGRAPHIQUE GALILÉE. Deux commissions scolaires utilisent cet outil informatique.

L'ÉCLAIREUR

est un logiciel de gestion du transport scolaire (comme GALILÉE et HORIZON) développé sur micro-ordinateur et dont les principales fonctions sont:

- la gestion de la banque de données géocodées GALILÉE 2;
- la localisation de la clientèle;
- l'attribution du droit au transport;
- l'assignation des points de rassemblement (par l'utilisateur);
- la gestion et l'affectation des routes d'autobus;
- la gestion des circuits d'autobus;
- l'émission des laissez-passer;
- la production de rapports/listes.

Notons que ce système n'optimise ni les parcours ni les horaires.

LE GESTIONNAIRE

est un logiciel permettant l'interrelation d'un ensemble d'équipements de graphisme léger pour la gestion du territoire (micro-ordinateur, écran graphique haute résolution, table traçante, tablette graphique, imprimante thermo-graphique, etc...)

LE GESTIONNAIRE assure également la gestion graphique des informations véhiculées dans L'ÉCLAIREUR.

ANNEXE B

Les éléments qui composent le modèle utilisé dans le système SOCRATE

Les différents éléments qui apparaissent dans la modélisation possèdent des caractéristiques qui sont décrites ci-après; l'utilisation de crochets carrés ([]) montre la nature relationnelle des données.

- Réseau routier

- Noeuds

. Identification du noeud = [Numéro de noeud]

- Liens bi-directionnels

. Noeud origine = [Numéro de noeud]

. Noeud destination = [Numéro de noeud]

. Longueur du lien

. Type de lien pour la vitesse

- Écoles

. Nom de l'école

. Identification de l'école = [Numéro d'école]

. Localisation sur le réseau routier = [Numéro de noeud]

- Horaire des cours

. Identification de l'horaire de cours = [Numéro d'horaire de
cours]

- . École où a lieu le cours = [Numéro d'école]
- . Niveau du cours
- . Heure de début du cours le matin
- . Heure de fin du cours le soir
- . Temps minimum d'attente des élèves avant le début du cours
- . Temps maximum d'attente des élèves avant le début du cours
- . Temps minimum d'attente des élèves après la fin du cours
- . Temps maximum d'attente des élèves après la fin du cours

- Horaires des transferts

- . Identification de l'horaire du transfert = [Numéro d'horaire de transfert]
- . École ou bâtisse où a lieu le transfert = [Numéro d'école]
- . Heure du transfert le matin
- . Heure du transfert le soir
- . Temps minimum d'attente des élèves avant le transfert le matin
- . Temps maximum d'attente des élèves avant le transfert le matin
- . Temps minimum d'attente des élèves avant le transfert le soir
- . Temps maximum d'attente des élèves avant le transfert le soir

- Parcours

- . Identification du parcours
- . Localisation du début du parcours = [Numéro de noeud]
- . Localisation de la fin du parcours = [Numéro de noeud]
- . Durée du parcours
- . Type de parcours
- . Période de la journée où a lieu le parcours
- . Longueur totale de l'itinéraire du parcours
- . Longueur de la partie de l'itinéraire où sont cueillis les élèves
- . Nombre d'élèves transportés

- . Nombre d'embarquements effectués
- . Nombre de débarquements, i.e. nombres d'écoles visités
- . La liste des horaires de cours auxquels sont destinés les écoliers (incluant l'horaire du transfert pour les parcours entrant à un transfert) = [Numéro d'horaire de cours]

1

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 106 524