



Titre: Interopérabilité des systèmes de planification réactive de la
Title: logistique des interventions d'urgence

Auteur: Marlon Yair Figueroa
Author:

Date: 2010

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Figueroa, M. Y. (2010). Interopérabilité des systèmes de planification réactive de
Citation: la logistique des interventions d'urgence [Mémoire de maîtrise, École
Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/423/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/423/>
PolyPublie URL:

**Directeurs de
recherche:** Bruno Agard, & Robert Pellerin
Advisors:

Programme: Génie Industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

INTEROPÉRABILITÉ DES SYSTÈMES DE PLANIFICATION RÉACTIVE DE
LA LOGISTIQUE DES INTERVENTIONS D'URGENCE

MARLON YAIR FIGUEROA

DÉPARTEMENT DE GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE INDUSTRIEL)

NOVEMBRE 2010

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

INTEROPÉRABILITÉ DES SYSTÈMES DE PLANIFICATION RÉACTIVE DE
LA LOGISTIQUE DES INTERVENTIONS D'URGENCE

Présenté par : FIGUEROA Marlon Yair

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. LANGEVIN André, Ph.D., président

M. AGARD Bruno, Docteur, membre et directeur de recherche

M. PELLERIN Robert, ing, Ph.D., membre et codirecteur de recherche

M. TRÉPANIÉ Martin, Ph.D., membre

DÉDICACE

*À toute ma famille pour leur soutien moral.
À tous mes amis, tant en Colombie qu'au Canada
pour leur compagnie et leur meilleurs vœux.*

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur et mon co-directeur de recherche, M. Bruno Agard et M. Robert Pellerin, pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans la réalisation de ce projet, leur soutien, leurs conseils et leur disponibilité.

Je remercie également les codirecteurs du groupe de recherche en logistique Polygistique, M. André LANGEVIN et Mme Diane RIOPEL pour le soutien financière durant la réalisation de mes études.

Je souhaiterais remercier spécialement Mme Nathalie PERRIER pour son inestimable contribution à la bonne finalisation de ce mémoire. Depuis le premier jour, jusqu'au dernier, elle a été toujours disponible pour m'aider, notamment lors des corrections de ce document.

Je souhaiterais également remercier les gestionnaires du Réseau de Transport de Longueuil, plus particulièrement M. Alain LABELLE et Mme Roxanne MONGEAU, qui m'ont permis de mener à bien ce projet.

Merci à mes amis et collègues de bureau Aurélie, Ingrid Marcela, Claudia Viviana, Benoît et Matthieu, pour leur bonne humeur et leur collaboration quant j'ai eu besoin.

Enfin, je remercie les membres du jury pour le temps précieux accordé à la revue de ce mémoire.

RÉSUMÉ

Le type d'urgences qu'un réseau de transport en commun peut subir est varié. De même, les conséquences sur la compagnie qui rend le service et sur la clientèle qui en fait usage. Bien que les urgences ne puissent pas se planifier, la minimisation des effets négatifs sur le réseau et sur la clientèle doit toujours être une priorité. Dans ce contexte, les systèmes d'information de la société qui gère le service de transport en commun peuvent jouer un rôle très important. Ces systèmes aident à obtenir une connaissance approfondie du fonctionnement du réseau et ils peuvent aussi participer à la résolution des situations inattendues en temps réel.

Cependant, la communication entre les systèmes d'information d'une entreprise, et même avec les systèmes informationnels de compagnies partenaires, ne se produit toujours pas d'une manière fluide et efficiente. Le but de ce mémoire est donc d'évaluer l'interopérabilité des systèmes informationnels d'une société de transport en commun. Cette évaluation se fait en regardant spécialement le rôle de ces systèmes dans un contexte de situations d'urgences. Le Réseau de Transport de Longueuil a d'ailleurs collaboré pour la réalisation de ce mémoire.

La méthodologie choisie pour faire cette évaluation est la structure d'interopérabilité d'entreprise ATHENA. Cette structure comporte huit étapes dont nous en avons retenu les deux premières. Les deux étapes choisies couvrent en effet la portée de cette recherche en analysant l'interopérabilité interne et l'interopérabilité externe de la société étudiée.

Pour mesurer l'interopérabilité interne du RTL, la structure d'interopérabilité ATHENA propose le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise – EIMM. Ce modèle évalue l'état de l'interopérabilité en cinq domaines d'inquiétude : la stratégie d'affaires, l'organisation et les compétences, les systèmes et la technologie, l'environnement légal, de sécurité et de confiance et, finalement, la modélisation d'entreprise. De plus, ce modèle propose cinq niveaux de maturité d'interopérabilité possibles (du plus bas au plus haut) : effectué, modelé, intégré, interopérable et optimisé.

Pour évaluer l'interopérabilité externe du Réseau de transport de Longueuil, la structure d'interopérabilité ATHENA a créé la structure d'interopérabilité d'affaires – BIF. Cette méthodologie comporte l'analyse de quatre catégories subdivisées en douze critères. Les catégories et les critères sont :

- Gestion des relations externes : modèle de coopération; cibles de la coopération; gestion de la coopération (processus et rôles).
- Employés et culture : confiance; visibilité.
- Processus d'affaires collaboratifs : processus publics; sémantique d'affaires (documents d'affaires et contexte de l'information).
- Systèmes d'information : type d'interaction; plateforme de connectivité et collaboration; sécurité et confidentialité.

De même, cette méthodologie propose cinq niveaux d'interopérabilité d'affaires possibles (de plus bas au plus haut) : aucun, minimal, modéré, qualifié et complètement interopérable. Et l'évaluation se fait sur trois étapes du cycle de vie de l'interopérabilité, à savoir : l'approche, le déploiement et, enfin, l'évaluation et la révision.

Les résultats obtenus lors de l'évaluation de l'interopérabilité interne ont été : trois sur cinq domaines d'inquiétude ont été considérés dans le niveau moins interopérable, soit le niveau « effectué ». Un autre domaine d'inquiétude est jugé comme « modelé » et, enfin, un autre comme « intégré ».

Les résultats obtenus lors de l'évaluation de l'interopérabilité externe ont été : pour l'étape d'approche, cinq critères ont été jugés avec un niveau d'interopérabilité d'affaires « aucun », trois critères avec « minimal », deux avec « modéré » et deux avec « qualifié »; pour l'étape de déploiement, six critères sont considérés comme « minimal », cinq critères comme « aucun » et un comme « qualifié »; et, enfin, pour l'étape d'évaluation et révision, dix critères sur douze ont été évalués dans le niveau d'interopérabilité d'affaires « aucun ».

Bien que les résultats obtenus puissent montrer une situation actuelle peu favorable dans certains aspects, il faut tenir compte que chaque cas étudié est unique et il est nécessaire de relativiser les résultats en raison des singularités propres à l'environnement de chaque organisation.

ABSTRACT

The type of emergencies that affects a public transit network is broad. It is broad as well the type of consequences for the company and for its clients. Even though these emergencies cannot be planned, the minimization of the negatives effects should always be a priority. In this context, the public transit company's information systems play an important role. These systems help to gather a deep knowledge about the running of the network and they can also participate in the real time solution of unexpected situations.

However, the communication between the company's different information systems, and even more, the communication with others partners' information systems, is not always performed in a seamless fashion. Thus, the objective of this dissertation is to evaluate the interoperability of a public transit company's information system. This evaluation is done by observing the roles of these systems under an emergency context. The Réseau de Transport de Longueuil, RTL, has collaborated in the execution of this research.

The methodology that was chosen to do this evaluation is the enterprise interoperability framework ATHENA. This framework includes eight steps of which we have developed the first two. These two steps cover the scope of this research by analyzing both the internal and the external interoperability of the studied company.

In order to measure the RTL's internal interoperability, the ATHENA framework proposes the Enterprise Interoperability Maturity Model, EIMM. This model evaluates the state of the interoperability in five areas of concern: business strategy and processes; organization and competences; systems and technology; legal environment, security and trust; and finally, enterprise modelling. Moreover, this model proposes five possible interoperability maturity levels (from the lowest to the highest): performed, modelled, integrated, interoperable and optimising.

In order to evaluate the RTL's external interoperability, the ATHENA framework developed the Business Interoperability Framework, BIF. This methodology includes the analysis of four different categories devised into twelve criteria. The categories and the criteria are:

- Management of external relationships: cooperation model; cooperation targets; cooperation management (processes and roles).
- Employees and culture: trust; visibility.

- Collaborative business processes: public processes; business semantics (business documents and context information).
- Information systems: interaction type; connectivity and cooperation architecture; security and privacy.

The BIF methodology proposes five business interoperability levels (from the lowest to the highest): none, minimum, moderate, qualified and fully interoperable. The evaluation is done in three phases of the interoperability's life cycle: approach, deploy and, finally, assess and review.

The internal interoperability results were: three out of five areas of concern were considered in the lowest business interoperability level "performed". Another area of concern was evaluated as "modeled", and finally, the remaining one was considered as "integrated".

The external interoperability results were: for the approach phase, five criteria were judged in the business interoperability level "none", three criteria were considered as "minimum", two more as "moderate" and finally two others as "qualified". For the deploy phase, six criteria were considered as "minimum", five criteria as "none" and the last one as "qualified". Finally, for the assess and review phase, ten out of twelve criteria were considered in the level "none".

Even though the results obtained might show that the current situation is not the best for some of the aspects analysed, it is necessary to take into consideration that every case is unique and the results must be put into perspective due to the singularities of each organisation.

TABLE DES MATIERES

DÉDICACE	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ	V
ABSTRACT	VII
TABLE DES MATIERES	IX
LISTE DES TABLEAUX	XIII
LISTE DES FIGURES	XV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XVI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
1.1 Introduction	6
1.2 Systèmes de planification	7
1.2.1 Systèmes de planification d’horaires	7
1.2.2 Systèmes d’information géographique - SIG	9
1.2.3 Remarques sur les systèmes de planification	13
1.3 Systèmes de prise de données	13
1.3.1 Système de positionnement mondial - GPS	14
1.3.2 Localisation automatique de véhicules - AVL	15
1.3.3 Comptage automatique de passagers - APC	17
1.3.4 Identification par radiofréquences - RFID	18
1.3.5 Cartes à puce sans contact	19
1.3.6 Remarques sur les systèmes de prise de données	21
1.4 Interopérabilité	22

1.4.1	Définition.....	22
1.4.2	Structures d'interopérabilité d'entreprise	23
1.4.3	Structure d'interopérabilité ATHENA (2004 – 2007).....	27
1.4.4	Structure d'interopérabilité INTEROP (2003 – 2007)	36
1.4.5	Remarques sur les structures d'interopérabilité ATHENA et INTEROP	43
1.5	Conclusion.....	45
CHAPITRE 2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE		49
2.1	Introduction	49
2.2	Choix d'une structure d'interopérabilité d'entreprise	49
2.3	Outils à utiliser.....	51
2.4	Participation du Réseau de transport de Longueuil	52
2.4.1	Départements impliqués	52
2.4.2	Processus modélisés	53
2.4.3	Systèmes d'information utilisés.....	56
2.4.4	Partenaires externes	60
2.4.5	Types d'urgences	62
2.5	Conclusion.....	64
CHAPITRE 3 ANALYSE DE L'INTEROPÉRABILITÉ INTERNE.....		66
3.1	Introduction	66
3.2	Objectifs du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise	66
3.3	Composantes du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise	66
3.4	Étude des domaines d'inquiétudes au RTL	68
3.4.1	Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus	69
3.4.2	Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences	69

3.4.3	Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie.....	69
3.4.4	Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance.....	70
3.4.5	Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise.....	70
3.5	Analyse de résultats.....	71
3.5.1	Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus.....	71
3.5.2	Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences.....	72
3.5.3	Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie.....	73
3.5.4	Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance.....	73
3.5.5	Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise.....	74
3.6	Conclusion.....	75
CHAPITRE 4	ANALYSE DE L'INTEROPÉRABILITÉ EXTERNE.....	78
4.1	Introduction.....	78
4.2	Objectifs de la structure d'interopérabilité d'affaires.....	78
4.3	Composantes de la structure d'interopérabilité d'affaires.....	79
4.4	Étude des catégories au RTL.....	83
4.4.1	Catégorie : Gestion des relations externes.....	83
4.4.2	Catégorie : Employées et culture.....	84
4.4.3	Catégorie : Processus d'affaires collaboratifs.....	85
4.4.4	Catégorie : Systèmes d'information.....	85
4.5	Analyse de résultats.....	86
4.5.1	Catégorie : Gestion des relations externes.....	87
4.5.2	Catégorie : Employés et culture.....	91
4.5.3	Catégorie : Processus d'affaires collaboratifs.....	93
4.5.4	Catégorie : Systèmes d'information.....	96

4.6 Conclusion.....	99
CONCLUSION	102
BIBLIOGRAPHIE.....	110

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : Classification de la littérature parue sur les SIG-transport jusqu'en 2004 [16]	10
Tableau 1-2 : Modèle de référence LISI.....	25
Tableau 1-3 : Structure d'interopérabilité IDEAS.....	27
Tableau 1-4 : Structure d'interopérabilité d'affaires BIF	32
Tableau 1-5 : Espace du problème de la structure d'interopérabilité INTEROP [3]	38
Tableau 1-6 : Mesure de la compatibilité en interopérabilité – exemple	40
Tableau 1-7 : Résumé de références bibliographiques.....	47
Tableau 2-1 : Processus modélisés à la Direction de planification, développement et ingénierie	54
Tableau 2-2 : Processus modélisés à la Direction d'exploitation.....	55
Tableau 2-3 : Systèmes d'information principaux du RTL.....	56
Tableau 2-4 : Systèmes d'information auxiliaires du RTL	58
Tableau 3-1 : Domaines d'inquiétude du EIMM.....	67
Tableau 3-2 : Niveaux de maturité d'interopérabilité	68
Tableau 3-3 : Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus	71
Tableau 3-4 : Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences.....	72
Tableau 3-5 : Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie	73
Tableau 3-6 : Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance.....	74
Tableau 3-7 : Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise.....	75
Tableau 4-1 : Catégories de la structure d'interopérabilité d'affaires	79
Tableau 4-2 : Variables de la structure d'interopérabilité d'affaires.....	81
Tableau 4-3 : Niveaux d'interopérabilité d'affaires	82
Tableau 4-4 : Critère : Modèle de coopération.....	87
Tableau 4-5 : Critère : Cibles de la coopération.....	88

Tableau 4-6 : Critère : Gestion de la coopération - processus.....	89
Tableau 4-7 : Critère : Gestion de la coopération - rôles.....	90
Tableau 4-8 : Critère : Confiance	91
Tableau 4-9 : Critère : Visibilité.....	92
Tableau 4-10 : Critère : Processus publics	93
Tableau 4-11 : Critère : Sémantiques d'affaires – documents d'affaires	94
Tableau 4-12 : Critère : Sémantiques d'affaires – contexte de l'information	95
Tableau 4-13 : Critère : Type d'interaction	96
Tableau 4-14 : Critère : Plateforme de connectivité et collaboration.....	97
Tableau 4-15 : Critère : Sécurité et confidentialité.....	98

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schématisation de la problématique	4
Figure 1-1: Composants des structures pour l'interopérabilité d'entreprise	24
Figure 1-2 : Structure d'interopérabilité ATHENA	29
Figure 1-3 : Les trois dimensions du modèle EIMM [67]	34
Figure 1-4 : Ontologie pour la structure d'interopérabilité ATHENA	35
Figure 1-5 : Espace de solution de la structure d'interopérabilité INTEROP [60]	39
Figure 1-6 : Méthodologie pour l'application d'INTEROP	42
Figure 1-7 : Ontologie pour la structure d'interopérabilité INTEROP	43
Figure 2-1 : La portée du projet de recherche circonscrit à la structure ATHENA	50
Figure 2-2 : Organigramme du RTL.....	52
Figure 2-3 : Liens entre les systèmes géomatiques du RTL [81]	57
Figure 2-4 : Architecture des applications informatisées du RTL.....	59
Figure 2-5 : Partenaires du RTL	61
Figure 2-6 : Classification des urgences au RTL [76].....	63

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AMT	Agence métropolitaine de transport
AOT	Autorités organisatrices de transport
APC	Automatic passenger counting
ATHENA-IP	Advanced technologies for interoperability of heterogeneous enterprise networks and their applications – integrated project
AVL	Automated vehicle localisation
AVM	Automated vehicle monitoring
BIF	Business interoperability framework
CAD	Computer-assisted dispatching
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CRSNG	Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada
DEA	Data envelopment analysis
EIMM	Enterprise interoperability maturity model
ERP	Enterprise resource planning
GPRS	General packet radio service
GPS	Global positioning system
GSM	Global system for mobile
LISI	Levels of information systems interoperability
IDEAS	Interoperability development for enterprise applications and software - roadmaps
INTEROP-NoE	Interoperability research for networked enterprises applications and software – network of excellence
MAMSL	Ministère d'affaires municipales, du sport et des loisirs
MTQ	Ministère de transport du Québec

PAID	Procédures, applications, infrastructure, données
PME	Petite et moyenne entreprise
RFID	Radio frequency identification
RTL	Réseau de transport de Longueuil
SIG	Systèmes d'information géographique
STI	Systèmes de transport intelligent
STL	Société de transport de Laval
STM	Société de transport de Montréal
TIC	Technologies de l'information et la communication

INTRODUCTION

Contexte de la recherche

Lorsque des situations d'urgence surviennent, par exemple, des catastrophes naturelles ou des événements importants imprévus, les services publics doivent réagir rapidement afin de maintenir le service aux usagers. Toutefois, la capacité et l'efficacité de réaction des services publics aux situations d'urgence sont, pour la plupart d'entre eux, reliées aux systèmes de planification déjà en place pour les opérations régulières.

Les systèmes de planification, particulièrement les systèmes de planification de la logistique, présentent des problèmes de robustesse, de cohérence temporelle des décisions et d'interopérabilité. En effet, selon Langevin et al. [1], ces systèmes sont créés pour opérer sous un régime permanent où la planification des activités est faite préalablement et le suivi de ce plan peut être effectué ou non pendant son exécution.

Le groupe Polygistique, groupe de recherche en ingénierie de la logistique, a entrepris, avec le soutien du CRSNG, un projet de recherche intitulé « Planification réactive de la logistique des interventions d'urgence ». Ce projet maître vise à surmonter les problèmes de robustesse et de cohérence temporelle en augmentant la réactivité des systèmes logistiques en situation d'urgence. Le but de ce projet est de réviser les paradigmes actuels de planification (comme celui de la planification hiérarchique) et développer de nouveaux algorithmes et des outils d'aide à la décision pour la planification des activités logistiques en temps réel en s'appuyant sur les technologies avancées de communications et d'information.

Le projet de recherche décrit dans ce mémoire correspond à une étape clé du projet maître. La contribution du projet consiste à analyser l'interopérabilité de la boucle de retour de l'information, y compris l'incorporation de toutes les données produites tout au long des processus opérationnels et logistiques.

Le Réseau de transport de Longueuil (RTL) contribuera à ce projet en participant aux entrevues de départ, aux validations des résultats et en fournissant des informations sur ses systèmes et les méthodes d'exploitation de son réseau. Le réseau de transport de Longueuil (RTL) est un organisme de transport desservant l'agglomération de Longueuil comptant près de 390 000

habitants. Elle dispose d'un parc de 385 autobus effectuant environ 19,2 millions de kilomètres par année [2].

Problématique

Le processus de planification, au sein d'une agence de transport en commun, commence avec la cueillette des informations faite par les systèmes de prise de données, embarqués ou non, qui se trouvent tout au long du réseau du transport. Parmi ces systèmes, on retrouve ceux de comptage automatique de passagers – APC, les systèmes de localisation automatique des véhicules – AVL, les systèmes de paiement avec des cartes à puce, les récepteurs GPS et les systèmes de monitoring automatique de véhicules – AVM (i.e. l'odomètre, les moniteurs de portes, etc.). Tous ces dispositifs sont branchés à un ordinateur embarqué dans l'autobus pour qu'il fasse l'enregistrement des informations au fur et à mesure qu'elles se produisent. Ces données ont deux manières d'être transmises aux centres de gestion, soit par communications sans fil (radio, cellulaire) soit en téléchargeant périodiquement les enregistrements directement sur les bases de données organisationnelles, par exemple, à toutes les fins des journées.

Ces informations sont stockées dans des bases de données organisationnelles, où elles sont utilisées comme matière première par les systèmes de planification afin de produire toute une série des connaissances reliées à la gestion et à l'exploitation de la flotte.

Étant donné la composante spatiale de l'information, les systèmes d'information géographique sont à la base des systèmes de planification. Ils s'intègrent avec les autres logiciels qui exécutent des tâches spécifiques de la planification.

Parmi les tâches que les systèmes de planification doivent accomplir, on remarque celles d'appuyer la production de l'information à moyen et à long terme, par exemple, les tracés des routes ou la localisation des arrêts, ainsi comme celles qui affectent l'opération quotidienne, comme les horaires d'autobus et l'assignation des chauffeurs aux routes et aux autobus.

D'ailleurs, il existe une nouvelle manière d'utiliser les informations recueillies à l'aide de systèmes de planification. Il s'agit de faire un suivi de la performance des ressources impliquées (i.e. l'adhérence aux horaires, la gestion de la flotte), de même que la connaissance sur les usagers (i.e. la gestion de la demande, le comportement des usagers). Aussi, il se peut que

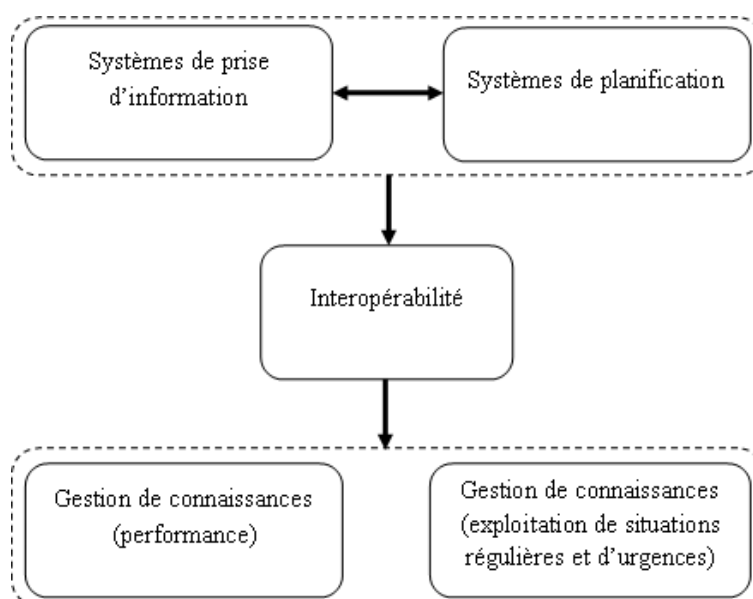
l'information obtenue par ces systèmes puisse être utile à la gestion de situations d'urgence, par exemple, en faisant le suivi en temps réel de la flotte puis en envoyant ces informations depuis le centre de contrôle au personnel sur le terrain pour qu'il puisse agir en conséquence.

Cependant, l'utilisation des informations recueillies par les systèmes de prise de données ne se produit toujours pas d'une manière fluide et efficiente. Ceci signifie qu'il existe un problème d'interopérabilité, c'est-à-dire un problème avec la capacité d'une organisation à travailler de manière coordonnée tant à l'interne qu'à l'externe avec ses partenaires.

Il existe donc plusieurs variables qui affectent l'interopérabilité entre ces systèmes. Ces variables peuvent être catégorisées de plusieurs façons, dont celle proposée par le projet INTEROP-NoE. Sous cette catégorisation, il existe quatre groupes où des problèmes d'interopérabilité peuvent se présenter, à savoir, au niveau des données, au niveau des processus, au niveau des services et au niveau organisationnel [3].

La figure 1 montre un schéma de la problématique mentionnée précédemment. Dans le bloc supérieur apparaît le lien en double sens entre les systèmes de prise de données et les systèmes de planification. Il est aussi présenté le but du travail d'ensemble entre les deux systèmes; c'est-à-dire la production de toute une série de connaissances qui sont vitales pour le bon fonctionnement du réseau de transport, et même pour la gestion sur le terrain des urgences. Ces connaissances, présentées dans le bloc inférieur, peuvent se classer en deux grands groupes. Le premier groupe contient les produits servant directement à l'exploitation de la flotte. Le deuxième groupe concerne les connaissances sur sa performance. Au milieu, on observe que pour arriver à avoir des connaissances à partir des systèmes d'information, il faut surmonter des problèmes d'interopérabilité.

Figure 1 : Schématisation de la problématique



Contribution de la recherche

Ce mémoire comporte la réalisation de deux objectifs principaux. Le premier objectif contribue au développement du domaine de l'interopérabilité de systèmes d'information dans le milieu spécifique du transport en commun. Pour ce faire, une revue approfondie de la littérature est effectuée sur trois aspects impliqués dans la problématique vue précédemment. En premier lieu, nous étudions la littérature scientifique reliée aux systèmes de planification propres à la gestion des réseaux de transport en commun. Ensuite, nous faisons de même avec les systèmes de prise de données. Et enfin, nous analysons les différents moyens proposés au fil des années afin de résoudre le problème d'interopérabilité de systèmes d'information.

Le deuxième objectif consiste à étudier, dans un cas réel, les problèmes d'interopérabilité auxquels une agence de transport en commun doit faire face dans un contexte d'opération régulière et un contexte de situation d'urgence. Pour aboutir à ces objectifs, l'interopérabilité interne et externe du Réseau de transport de Longueuil a été analysée.

Plan de lecture du mémoire

Le premier chapitre de ce document fait une revue de la littérature scientifique parue sur trois éléments identifiés dans la problématique : les systèmes de planification, les systèmes de prise de données et les problèmes reliés à l'interopérabilité de ces systèmes.

Ensuite, le chapitre 2 aborde la démarche méthodologique suivie afin d'aboutir aux objectifs de cette recherche. En premier lieu, l'élection d'une des structures d'interopérabilité revues dans le chapitre précédent est présentée. Après, d'autres outils utilisés sont exposés. Ce chapitre se termine en présentant la participation du Réseau de transport de Longueuil dans cette étude.

Par la suite, le troisième chapitre fait l'analyse de l'interopérabilité interne du RTL. Pour ce faire, la méthodologie EIMM est utilisée. Après, l'information obtenue auprès cette entreprise est présentée et des analyses par domaine d'inquiétude sont réalisées.

La dernière étape de cette recherche comporte l'évaluation de l'interopérabilité externe du RTL. Cette analyse est présentée dans le chapitre 4 de ce mémoire. Pour réaliser cette évaluation, la structure d'interopérabilité d'affaires est utilisée. Les objectifs et les composantes de cette structure sont montrés, puis l'information obtenue auprès le RTL et son analyse sont exposées.

Enfin, ce document termine avec les conclusions générales de la recherche.

CHAPITRE 1 REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1 Introduction

La revue de la littérature a comme but principal de contextualiser les lecteurs par rapport aux éléments présents dans la problématique définie dans l'introduction générale du mémoire. Pour ce faire, trois sections sont développées.

La première section présente la littérature sur les systèmes de planification afin de voir comment ces systèmes sont utilisés dans le domaine du transport en commun. Deux sortes de systèmes y sont présentés, soient les systèmes de planification d'horaires et les systèmes d'information géographiques.

Ensuite, la section 1.3 expose l'utilisation de diverses technologies reliées à la prise de données. Les systèmes de positionnement global, de comptage automatique de passagers, de localisation de véhicules, d'identification par radiofréquences et des cartes à puce sont explorés.

Finalement, la section 1.4 traite des approches principales qui ont été adoptées afin de résoudre les problèmes en interopérabilité de systèmes d'information, notamment les structures d'interopérabilité ATHENA et INTEROP. Une description des éléments essentiels de chacune d'entre elles est présentée.

À la fin de chaque section, des remarques sont faites afin de montrer les points les plus importants. Des points communs, des divergences et des limites sont signalés en faisant une analyse critique de chaque sujet revu.

Il faut noter que pour les sections 1.2 et 1.3, traitent l'état de l'art en matière des systèmes de planification et de systèmes de prise de données, les articles retrouvés ne traitent pas d'une seule technologie spécifique. Par contre, la plupart des articles prennent à la fois deux ou plus technologies en reflétant la situation réelle d'application de ces systèmes. C'est le cas notamment des SIG et GPS, qui se trouvent à la base de presque toutes les autres technologies (AVL, APC, cartes à puces, etc.). La classification d'articles s'est faite en tenant compte de l'application principale retenue par l'auteur. Néanmoins, cette classification est subjective.

1.2 Systèmes de planification

Les systèmes d'information de planification sont un ensemble de composantes qui sont capables de recueillir, traiter, stocker et distribuer des informations d'une manière interreliée afin d'appuyer le processus de prise de décisions pertinentes aux activités de planification dans une organisation [4].

Les composants principaux des systèmes d'information sont les personnes, les logiciels, les matériels, les processus et les informations.

Les systèmes de planification d'horaires sont donc à la base de la planification dans un organisme de transport en commun. Ils permettent de créer des solutions aux problèmes courants de l'exploitation d'un réseau, notamment les horaires d'autobus et l'assignation de chauffeurs.

De même, en vertu du type d'activités de planification exécutées à l'intérieur des organismes de transport en commun, et dû à la composante spatiale des informations traitées, les systèmes d'information géographique, SIG, sont devenus une ressource indispensable lors du travail quotidien.

1.2.1 Systèmes de planification d'horaires

D'abord, la littérature scientifique a étudié le problème de planification d'horaires dans le secteur du transport en commun urbain. Ici, on présente une revue des approches récentes avec lesquelles ce problème a été traité.

D'après Desaulniers [5], le problème de la planification d'horaires peut être décomposé, d'un point de vue de la recherche opérationnelle, en cinq étapes principales ordonnées séquentiellement :

- La définition de routes
- La détermination des fréquences de passage
- Le calcul de calendriers
- La planification d'horaires d'autobus

- La planification des quarts de travail des chauffeurs

La première étape, celle de la définition de routes, est réalisée normalement sur le long terme. Ainsi, Barabino [6] fait un design d'un réseau de transport en commun en développant un algorithme heuristique qui travaille en deux étapes. La première étape fait une caractérisation des routes impliquées et la deuxième calcule les fréquences.

La détermination des fréquences de passage fut étudiée par Kim et al. [7]. Avec de l'information des événements réels (des heures d'arrivée et de parti, par exemple), ils désignent un modèle de contrôle de fréquences qui permet à la flotte d'améliorer sa ponctualité.

Quant aux calendriers (*timetables*), Yang et Luo [8] et Liu et al. [9] adoptent le même objectif dans leurs travaux c'est-à-dire la minimisation du temps de correspondance de passagers. Dans le premier cas, Yang et Luo [8] développent un modèle de programmation linéaire partiellement en nombres entiers pour définir le problème et ils font appel à un algorithme génétique modifié pour le résoudre. Pour leur part, Liu et al. [9] formulent le problème comme un cas spécial du problème d'empilement (*knapsack problem*) et le résolvent à l'aide d'un modèle de la recherche tabou imbriqué (*nesting taboo search*).

En ce qui concerne la planification d'horaires d'autobus, YongFeng et al. [10] déterminent un horaire d'autobus qui minimise à la fois les coûts d'opération, les temps d'attente des passagers et le nombre d'autobus en circulation par l'intermédiaire d'un algorithme hybride entre le recuit simulé (*simulated annealing*) et un algorithme génétique.

De plus, Yang et al. [11] ont résolu un problème d'horaire d'autobus multi-variables et non linéaire en utilisant un algorithme artificiel immunitaire (*artificial immune algorithm*). Hadjar et al. [12] ont étudié aussi un problème du même type en considérant multiples garages. Ils proposent une solution basée sur un algorithme de séparation et évaluation (*branch-and-bound*) combinée avec une méthode de génération de colonnes.

Au niveau des problèmes de planification de quarts de travail de chauffeurs, Rekik et al. [13] les abordent en essayant deux types de solutions. La première solution en utilisant une stratégie de séparation et évaluation locale (*local branching strategy*). Pour la deuxième solution, ils optent pour faire une décomposition temporelle afin de diminuer les temps de calcul.

Il est aussi possible d'approcher un autre type de solution. Une solution où on cherche à résoudre simultanément plusieurs problèmes vus précédemment. C'est le cas de Liu et Shen [14] qui attaquent en même temps les problèmes d'élaboration de calendriers, de planification d'horaires d'autobus et de création de quarts de travail de chauffeurs. Pour ce faire, ils font usage d'un type de programmation multi-niveau de recherche tabou imbriqué (*multi-level nesting taboo search*). De même, Elhallaoui et al. [15] considèrent simultanément les problèmes de planification d'horaires d'autobus et celui de la création de quarts de travail de chauffeurs. Cette fois-ci, ils utilisent une méthode d'addition dynamique des contraintes à l'algorithme de génération de colonnes afin d'améliorer la performance de ce dernier.

1.2.2 Systèmes d'information géographique - SIG

Les systèmes d'information géographique (SIG) jouent un rôle déterminant dans l'élaboration de solutions de planification d'horaire. Ces systèmes informationnels utilisent des données à référence spatiale et non spatiale afin d'effectuer des opérations d'analyses spatiales qui permettent et facilitent les processus de prise de décisions au sein des organisations où ils ouvrent.

D'un côté, les données à référence spatiale contiennent la localisation géographique d'une entité réelle (i.e. latitude, longitude, altitude). De l'autre côté, les données à référence non spatiale décrivent qualitativement ou quantitativement des attributs de ces entités (i.e. le sens d'une rue, le type d'arbres dans une forêt, la population d'un endroit).

Étant donné que des SIG ont la mission d'analyser et d'afficher des données spatiales et non spatiales, ils servent comme cadre pour d'autres sources de données, telles que la localisation automatique de véhicules (AVL), le comptage automatique des passagers (CAP), les cartes à puces et les systèmes de répartition basés sur l'ordinateur (CAD).

Quant à la littérature disponible sur les SIG, Sutton [16] fait une synthèse sur l'état de l'art des applications des SIG dans le domaine du transport. Dans ce document, l'auteur constate la parution d'au moins 129 publications scientifiques sur ce domaine jusqu'en 2004. Il classifie les documents en accord avec cinq catégories d'applications des SIG en transport : planification, technologies de l'information, exploitation, gestion et service à la clientèle.

Le tableau 1-6 montre les résultats de l'étude de Sutton, en détaillant aussi les activités reliées à chaque catégorie. De même, on remarque que la plus grande partie de la littérature parue dans ce domaine se centre sur la planification (46%) et sur les technologies de l'information (31%), c'est-à-dire 77% de la littérature sur les applications des SIG en transport.

Tableau 1-1 : Classification de la littérature parue sur les SIG-transport jusqu'en 2004 [16]

Catégorie	Activités	Nb de publications
Planification	• Planification de routes • Comptage automatique de passagers • Rapports d'utilisation du service • Analyse démographique • Outils de modélisation	59
Technologies de l'information	• Matériels • Logiciels • Outils personnalisés • Standardisation	40
Exploitation	• Maintenance des véhicules • Localisation de véhicules • Tracés et horaires • Information en temps réel du trafic	13
Gestion	• Réponse à des incidents de sécurité et de sûreté • Performance du système et rapports • Gestion des actifs • Finances	12
Service à la clientèle	• Calcul des itinéraires • Relations avec la clientèle • Information en temps réel à l'intention de la clientèle • Information publique • Commercialisation	5

La revue de la littérature faite par Sutton en 2004 couvre un vaste panorama d'applications des SIG en transport dont on retrouve aussi des applications reliant les SIG avec les systèmes de prise

de données, notamment les systèmes de localisation de véhicules (AVL) et de comptage automatique de passagers (APC).

En reprenant la classification faite par Sutton, on peut classer les publications scientifiques centrées sur les applications des SIG en transport en commun dans les mêmes cinq grandes catégories: planification, technologies de l'information, exploitation, gestion et service à la clientèle. Cette revue-ci se concentre sur les publications parues à partir de 2005.

En première lieu, on constate que les articles traitant sur les tâches de planification sont les plus nombreux. Ainsi, Lao et Liu [17] font une évaluation de la performance de plusieurs lignes d'autobus. Pour ce faire, ils utilisent la méthodologie DEA (*data envelopment analysis*) et les capacités d'analyse des SIG. Premièrement, les auteurs ont construit les profils démographiques des corridors de service de chaque route d'autobus à l'aide des SIG, et après ils ont appliqué la méthodologie DEA pour calculer les efficiences opérationnelles et l'effectivité spatiale relative de chaque route.

De plus, Li et al. [18] analysent les impacts du réaménagement du système de transport en commun de la ville de Beijing en utilisant les outils analytiques des SIG. Les auteurs prennent plusieurs indicateurs qui caractérisent les problèmes du réseau actuel. Quelques index choisis sont la longueur des lignes, la densité du réseau, la densité des arrêts, la distance moyenne entre les arrêts et la couverture des arrêts.

Aussi, Njeri Kamatu et al. [19] utilisent les SIG afin de développer une base de données et un modèle cartographique pour faire une analyse de l'accessibilité actuelle du système de transport dans l'état de la Virginie aux États-Unis. Pour l'étude, ils font usage de l'information soumise par les agences locales de transport dont ils ont choisi les 15 plus grandes qui représentent 70% des passagers et 80% des revenus. L'apport principal de cet article est l'utilisation des données de diverses agences pour les intégrer dans un modèle au niveau d'un État.

Finalement, Golani [20] fait usage des bases de données avec de l'information prise par les systèmes APC et AVL afin d'analyser divers problèmes reliés à la planification de réseaux de transport en commun. L'étude a utilisé les outils des SIG pour encadrer toutes les analyses et l'affichage des résultats.

Dans le cas des technologies de l'information, les articles parus sur des logiciels sont les plus communs. Ainsi, Yu et al. [21] ont développé un prototype de visualisation par ordinateur basé

sur les SIG afin de cartographier les horaires « statiques » des lignes d'autobus et d'y intégrer des données « actives » provenant des systèmes APC/AVL. Avec ce prototype, les auteurs veulent mesurer les heures d'arrivée et l'espacement entre véhicules.

De même, Zhu et al. [22] ont développé un système de guidance en temps réel pour les usagers en faisant une intégration entre les SIG et la technologie de communications GSM. Pour ce faire, la technologie GSM est utilisée afin de trouver la localisation du client faisant la requête avec son téléphone portable ou autre dispositif mobile. Ensuite, ils mettent en œuvre un algorithme du plus court chemin qui valide l'information envoyée par le client et, à l'aide des SIG installés dans le centre de contrôle, la route la plus convenable est transmise par l'intermédiaire d'un message de texte.

Les technologies de l'information sont aussi le sujet de préoccupation de Quianshen et al. [23]. C'est l'interaction entre divers SIG qui attire leur attention, auquel ils font face avec le développement d'un modèle sur Oracle spatial afin de faciliter le transfert et d'éliminer la duplication de données. Deux sous-modèles ont été créés. Le premier pour l'intranet à l'intention d'usagers internes (collaboration entre départements d'une même organisation) et le deuxième pour l'Internet afin de bénéficier la collaboration entre les SIG de différentes entreprises.

En ce qui concerne l'application des SIG dans la catégorie d'exploitation, Kane et al. [24] suggèrent un nouveau système (*framework*) pour la localisation des véhicules dans le domaine du transport en commun qui s'inspire des couches thématiques des SIG. L'architecture proposée repose sur un système GSM dédié et les odomètres des véhicules. Les auteurs comparent ce schème avec deux autres, à savoir, la technique de la carte de véhicule et le GPS/GPS-GPRS. Le premier s'avère un inconvénient à cause du nombre élevé d'interventions humaines dans le processus et le deuxième dû aux coûts associés.

En ce qui se réfère à la gestion, Hu et Lu [25] ont conçu un système d'aide à la décision à l'intention de la sécurité du transport public basé sur les SIG. Les auteurs développent ce système avec la capacité d'analyse de l'information spatiale, des outils de la fouille de données, des opérations en temps réel et de l'expression visuelle.

Enfin, dans la catégorie de service à la clientèle, Cotfas et al. [26] ont proposé le développement d'un système conçu pour le web et pour les téléphones intelligents servant à calculer des itinéraires pour les usagers de transport en commun. Pour le calcul des itinéraires, ils utilisent des

algorithmes génétiques et les implémentent sur la base des SIG. Les SIG sont aussi utilisés pour impliquer aux usagers qui peuvent soumettre des informations d'une manière collaborative, de la même façon que *Wikimapia* (voir www.wikimapia.org) ou *Panoramio* (voir www.panoramio.com) le font. Les auteurs font une comparaison entre leur système et deux autres déjà en place, *Google Transit* (voir www.google.com/transit) et *Transport for London* (voir www.tfl.gov.uk). La différence principale qu'ils remarquent est le manque des deux dernières de la composante collaborative entre les usagers et le système.

1.2.3 Remarques sur les systèmes de planification

Quant aux systèmes de planification d'horaires, on peut remarquer que leur succès dépend grandement de la programmation utilisée afin de résoudre les problèmes réels.

Ainsi, la recherche opérationnelle propose un nombre important d'alternatives de résolution. Or, les défis d'optimiser les routes, les fréquences de passage, les calendriers et les horaires d'autobus et de chauffeurs demeurent toujours. L'incorporation des toutes les données sorties des nouvelles technologies de prise de données ne font qu'accroître ces défis.

En ce qui concerne les systèmes d'information géographiques, il faut souligner qu'ils ne sont proprement pas des systèmes de planification, mais dû à leurs caractéristiques de traitement de l'information à caractère spatial, les SIG sont devenus un outil de base pour faire l'interprétation des résultats d'autres systèmes de planification, de même que des systèmes de prise de données.

1.3 Systèmes de prise de données

Les systèmes de prise de données comprennent les nouvelles technologies de saisie de l'information produite lors de l'exploitation de la flotte, en servant aux systèmes de planification à accomplir leur mission.

Les systèmes de prise de données font partie des systèmes intelligents du transport – STI, responsables de recueillir une quantité maximale d'information sur l'opération quotidienne des autobus. Parmi ces technologies, on retrouve les systèmes de collecte de tarifs basés sur les cartes à puce, les systèmes de localisation automatique de véhicules - AVL, les systèmes de

comptage automatique de passagers - APC, les systèmes d'identification par radiofréquences et les systèmes de collecte de passages basés sur les cartes à puce. Ces systèmes indiquent « qu'est-ce » s'est passé. Cependant, pour améliorer leur performance, ils sont accompagnés souvent des systèmes de positionnement mondial - GPS afin d'indiquer « où » ces événements arrivent, donnant ainsi un caractère spatial aux informations.

1.3.1 Système de positionnement mondial - GPS

Le GPS (en anglais, *global positioning system*) donne de l'information sur la localisation (longitude, latitude et altitude) et sur l'heure, n'importe où sur la planète, avec une précision approximative d'entre 2 et 20 mètres. Il peut aussi montrer de l'information sur la direction et la vitesse à partir du calcul de changements de position. Grâce à ces caractéristiques, il est utilisé conjointement avec d'autres sources de données, telles que la localisation automatique de véhicules (AVL) et les cartes à puces.

Par rapport à la littérature écrite sur les GPS, il existe un grand nombre de publications parues. Cependant, ces publications sont souvent centrées sur d'autres technologies comme AVL ou APC, car elles utilisent les systèmes GPS. Certains articles traitent de l'utilisation des GPS comme sujet principal.

D'abord, Gang et al. [27] ont désigné un système intelligent de transport dont l'information obtenue à partir du GPS et complémenté avec des données des véhicules et des données des feux de circulation. Ainsi, le système fait usage du réseau de communication sans fil GPRS pour transmettre les données au centre de contrôle de la flotte. Selon les auteurs, la disposition du système permet de transmettre les données d'une manière plus rapide et plus fiable.

De même, l'emploi des GPS est important pour Ramakrishna et al. [28] et pour Vanajakshi et al. [29]. Les deux groupes de recherche se sont penchés sur l'utilisation des données obtenues à partir de l'installation de ce type d'instruments sur des autobus de la ville indienne de Chennai. Dans le premier cas, les auteurs utilisent cette information et l'accompagnent avec des données collectées manuellement sur le nombre de passagers pour prédire le temps de voyage dans une route déterminée. En ce qui concerne le deuxième groupe, ils ont fait usage de la technique de

filtrage Kalman afin de prédire de l'information en temps réel sur l'arrivée des autobus aux arrêts.

Finalement, d'un point de vue plus théorique, Rubio Fernández [30] remarque l'importance de la localisation de véhicules par satellite afin d'améliorer les conditions du service de transport en commun et le niveau de la qualité perçue par les usagers. L'auteur établit aussi un parallèle entre deux systèmes de navigation par satellite, celui présentement en fonctionnement, l'Américaine NAVSTAR-GPS et l'Européenne GALILEO, actuellement en développement.

1.3.2 Localisation automatique de véhicules - AVL

Un autre STI qui est devenu une source importante de données est la localisation automatique des véhicules (en anglais *automated vehicle location*, ou AVL). Cette technologie s'occupe de fournir la localisation géographique des véhicules au centre de contrôle. Dépendamment de la technologie utilisée, il existe plusieurs types de systèmes de localisation automatique de véhicules, étant celles basées sur le GPS et basées en RFID les plus connues (voir plus de détail sur les AVL basés sur la RFID dans le numéral 2.4.4).

Pour les systèmes AVL basés sur la technologie GPS, la localisation du véhicule s'effectue en utilisant l'antenne de l'unité GPS embarquée dans l'autobus qui reçoit le signal émis par des satellites faisant partie de la constellation NAVSTAR-GPS. La localisation du véhicule est envoyée au centre de contrôle, généralement via communication sans fil, comme GSM ou GPRS.

Dans le cas des systèmes utilisant la RFID, les *tags* embarqués dans les véhicules sont lus par les « interrogateurs » situés en endroits fixes (i.e. des terminus et des arrêts), où la localisation est déterminée. Cette information est envoyée depuis l'« interrogateur » au centre de contrôle en utilisant de la communication sans fil.

La différence principale entre les systèmes AVL basés sur GPS et basés sur RFID est que le premier permet un suivi n'importe où sur la planète, en tant qu'il n'y a pas d'obstacles qui empêchent la lecture du signal émis par les satellites GPS (i.e. des tunnels). Le système basé sur RFID n'a pas ce problème. Toutefois, le suivi est fixe est limité aux points où les « interrogateurs » ont été installés.

En ce qui concerne la littérature scientifique parue sur le sujet, on remarque deux orientations principales : d'un côté, les travaux associant les systèmes AVL avec la priorisation des autobus aux feux de circulation et, de l'autre côté, ceux qui traitent des prédictions de temps d'arrivée d'autobus aux arrêts par l'intermédiaire des données issues de cette technologie.

Dans le premier groupe, les préoccupations principales sont la minimisation du temps de voyage des autobus et l'amélioration de la fiabilité des horaires planifiés, en même temps que la diminution des effets négatifs pour l'ensemble du trafic non priorisé (le trafic privé). Ainsi, la priorisation du transport en commun aux feux de circulation est une de moyennes testées avec succès, en premier lieu avec de balises physiques installées sur les routes, et plus récemment, avec des systèmes AVL et GPS installés directement dans les autobus.

À cet effet, Hounsell et al. [31, 32] ont étudié les conséquences de l'implantation de cette technologie dans la capitale anglaise. Ainsi, ils analysent les problèmes survenus à cause des erreurs de médiations des GPS (quelques mètres) qui sont normalement acceptables dans les autres applications, mais qui deviennent importantes lors de l'approche de l'autobus au feu de circulation s'il veut être priorisé au bon moment.

De même, Liu et al. [33] ont développé un modèle théorique afin de trouver le moment où placer le signal de priorité pour l'autobus qui s'approche. Ma et Yang [34] ont conçu un système de priorisation basé sur les technologies AVL et GPS et des communications sans fil. Aussi, Liao et Davis [35] proposent un système de priorisation qui inclut plusieurs variables comme la vitesse de l'autobus, le nombre de passagers et l'écart de l'heure de passage réel par rapport à l'horaire planifié.

Quant au deuxième groupe, plusieurs auteurs [36-39] se sont penchés sur la prédiction du temps d'arrivée des autobus aux arrêts afin de rendre le service plus fiable pour les usagers et leur permettre de prendre des mieux décisions de voyage basées sur des informations en temps réel.

De plus, d'autres utilisations de l'information sortie des systèmes AVL sont discutées dans la littérature. Par exemple, D'Acierno et al. [40] font usage de cette technologie afin d'identifier les conditions de congestion routière dans des circuits urbaines où les autobus partagent les rues avec le trafic privé.

Un autre exemple est le cas de Robinson [41], qui emploie des données AVL pour déterminer avec une meilleure précision la localisation de (potentiellement) 19 000 arrêt d'autobus à Londres,

en Angleterre ; ceci, afin d'améliorer l'information sur la localisation précise des arrêts qui est importante pour d'autres applications des STI.

1.3.3 Comptage automatique de passagers - APC

Le comptage automatique de passagers (en anglais *automatic passenger counting*, ou APC) est aussi une source importante de données. C'est un système installé dans des véhicules pour effectuer le comptage, sans intervention humaine, des usagers qui y montent et qui en descendent.

Cette technologie est composée des détecteurs de mouvement, qui placés en dessus des portes, sont capables de compter le nombre de personnes qui passent par la zone de détection et leur direction de passage. Ces détecteurs sont branchés à l'ordinateur embarqué du véhicule qui registre chaque « événement ».

Le comptage automatique de passagers est encore amélioré en incluant la composante spatiale. Ainsi, ce système est souvent muni d'une antenne GPS pour détecter les coordonnées géographiques où les usagers se sont montés et où ils sont descendus. Les données récoltées sont transférées au système informationnel de la compagnie en temps réel par communication sans fil (i.e. GSM ou GPRS) encadrée conjointement avec la localisation automatique de véhicules (AVL), ou asynchroniquement (i.e. chaque fin de la journée).

Par rapport à la littérature sur les systèmes APC, Furth et al. [42] font une étude sur les problèmes qui ont empêché leur utilisation massive. Ils ont identifié cinq barrières qui devraient être surmontées afin de rendre cette technologie comme une source courante de données pour les agences de transit. Les barrières identifiées sont : a) les structures des données, b) la précision des données, c) la précision nécessaire et les besoins d'échantillonnage, d) le contrôle du sens et, e) les algorithmes de balancement (nombre de personnes montées = nombre de personnes descendues).

Quant à l'exploitation des données APC, Chen et al. [43] montrent comment ces données peuvent être utilisées pour prédire le temps d'arrivée des autobus aux arrêts. Dans ce cas, un modèle dynamique est développé en intégrant aussi des informations comme l'heure du jour, le jour de la semaine et l'état du temps.

Aussi, Hammerle et al. [44] font usage des données sorties des systèmes APC, conjointement avec données AVL, afin d'illustrer une série de connaissances que peuvent être obtenues à partir de l'analyse hors-ligne. Notamment, ils montrent les analyses sur l'adhérence aux horaires, la fiabilité du service et la régularité de fréquences. De même, une exploration de défis présents lors de la récolte de données par ces systèmes est étudiée.

Une autre variable étudiée à l'aide des données APC et AVL est le temps d'attente des autobus aux arrêts. A cet effet, Milkovits [45] a développé des techniques pour faire le traitement de données et un modèle pour calculer le temps d'attente. Aussi, il étudie l'impact d'autres variables qui affectent ce temps, comme le système de paiement de passages et le design de l'autobus, entre autres.

1.3.4 Identification par radiofréquences - RFID

L'identification par radiofréquences constitue une source possible des données quant elle est implantée au sein d'un organisme de transport en commun. L'identification par radiofréquence ou, en anglais, *radio frequency identification*, RFID, est une technologie capable d'identifier des objets, des animaux ou des personnes qui n'a pas besoin d'intervention humaine dans le processus de « lire » les données. Par contre, cette technologie utilise des ondes de radio pour assurer la communication entre les deux éléments impliqués : d'une part, un transpondeur (*RFID-tag*, en anglais) qui contient tant une puce avec des données identifiant le véhicule qu'une antenne capable d'émettre ces données, et de l'autre part, un « interrogateur » (un émetteur-récepteur et une antenne) qui s'occupe d'activer le transpondeur.

Il faut considérer une troisième partie dans un système d'identification par radiofréquence : l'intergiciel (*middleware*, en anglais). Ce terme fait référence au logiciel qui doit interagir entre l'« interrogateur » et la base de données de stockage final. L'intergiciel doit filtrer les données en éliminant les fausses lectures et en performant des agrégations et des filtrages requis [46].

Quant à la littérature scientifique reliant les RFID aux systèmes de repérage des véhicules en transport en commun, le nombre d'articles retrouvés n'est pas si grand en comparaison avec d'autres technologies.

Ainsi, Menezes et al. [46] étudient les défis auxquels ce type de technologie doit faire face dans un environnement qui, dans le cas analysé à Mumbai, Inde, présente de grandes congestions. De plus, ils traitent le problème de capture, de stockage et de récupération de données produites à partir des RFID.

Aussi, Sriborrurux et al. [47] ont conçu un réseau de repérage d'une flotte d'autobus basé sur la technologie RFID dans la ville de Bangkok, Thaïlande. Leur étude a compris le design des protocoles de communication et des fonctions d'opération pour garantir le monitoring en temps réel de véhicules.

1.3.5 Cartes à puce sans contact

Les cartes à puce sans contact sont des dispositifs contenant une puce électronique intégrée (un microcontrôleur), une mémoire interne et une antenne. Elles sont en mesure de stocker des données, d'effectuer leurs propres fonctions internes (i.e. le cryptage et l'authentification) et d'interagir intelligemment avec des lecteurs conçus à tel effet.

Il est donc important de différencier entre deux types de cartes à puce : celles sans contact et celles avec contact. Ainsi, les cartes à puce sans contact utilisent des radiofréquences afin de réaliser la communication entre les cartes et les lecteurs et, aussi, afin de fournir de l'énergie nécessaire pour les activer. Par contre, celles avec contact doivent être insérées dans un lecteur pour que la puce fasse contact avec des connecteurs électriques pour y lire et écrire [48].

Actuellement, cette technologie est utilisée dans différents domaines où la protection de l'information personnelle et la sécurité des transactions sont indispensables et leur rapidité un avantage fortement désirable. Ainsi, l'application la plus étendue est celle utilisée dans les systèmes de paiement et d'accès aux réseaux de transport public.

Bien que des radiofréquences soient utilisées dans le processus de fonctionnement d'une carte à puce sans contact, il faut ne pas confondre cette technologie avec la RFID. Ils existent plusieurs différences entre les deux technologies, d'un point de vue technologique que d'utilisation, étant la différence principale que la RFID est conçue pour stocker de l'information pendant que les cartes à puce ont, de plus, la capacité de réaliser des opérations internes, notamment le cryptage et l'authentification [48].

En ce qui concerne la littérature relative aux cartes à puce, un grand nombre d'articles existe. Parmi ceux-ci, Blythe [49] fait une analyse de la croissante utilisation de cette technologie au sein de l'agence de transport en commun de Londres, en Angleterre. Dans cette étude, l'auteur remarque les bénéfices et les impacts que ce système de paiement a produits sur le service.

Aussi, Cheung [50] aux Pays-Bas et Iseki et al. [51] aux États-Unis rapportent un niveau de pénétration important des systèmes de paiement basés sur les cartes à puce dans leurs pays respectifs. Dans le premier cas, l'auteur explique les résultats d'une étude survenue après la décision du ministère de transport hollandais d'implémenter ledit système au niveau national, où les impacts s'avèrent tout à fait positifs. Dans le cas américain, 106 agences de transport ont participé de l'étude. Les résultats montrent que, si bien la perception générale de cette technologie soit positive, le niveau d'adoption varie, spécialement selon les ressources de financement auxquelles les agences ont accès. Ainsi, pour les agences ayant un bon niveau de sophistication technologique et des ressources, l'adoption de cartes à puce est privilégiée.

En outre, la préoccupation pour l'interopérabilité des systèmes de paiement basés sur les cartes à puce entre différentes agences est le sujet de l'étude effectuée par Yoh et al. [52]. Dans cet article, les auteurs se penchent sur l'état des systèmes qui, dû au chevauchement de territoires desservis, décident de partager la même carte. Les résultats obtenus montrent les bénéfices que telle modalité propose aux usagers, qui peuvent changer de réseau sans problèmes en utilisant le même outil. Néanmoins, les défis pour les agences ne sont pas négligeables. Parmi les défis notés, celui de la cession du contrôle autonome sur les politiques de tarifs se remarque.

Finalement, l'utilisation des données produites par les systèmes de cartes à puce a été sujet d'analyses dans la littérature scientifique. Par exemple, Farzin [53] développe une matrice d'origine – destination pour la ville de São Paulo, Brésil, à partir des informations qui viennent accompagnées des coordonnées géographiques données par le GPS. Cette matrice sert à pronostiquer la demande de passagers qui se déplacent d'un endroit à un autre. Cette matrice est construite, traditionnellement, de façon « manuelle » à partir d'enquêtes tenues auprès de la clientèle.

De même, la détermination du comportement des usagers est une autre application étudiée. Park et al. [54] montrent comme, à partir de l'information obtenue avec les cartes à puce, la description de certaines habitudes de la clientèle du réseau de transport en commun de Séoul

(Corée) peut être réalisée. De la même manière, Morency et al. [55, 56] ont étudié le comportement de la clientèle du réseau d'une ville canadienne à l'aide des techniques de la fouille de données appliquées sur les données sorties des cartes à puce.

1.3.6 Remarques sur les systèmes de prise de données

Cinq systèmes de prise de données ont été revus dans cette section et plusieurs autres auront pu aussi être considérés. Ceux qui ont été étudiés sont les plus pertinents pour la recherche décrite dans ce mémoire en tenant compte des dispositifs installés dans la flotte chez le RTL soit en envisageant leur connexion à d'autres technologies.

La première remarque concerne le fait que les GPS sont à la fois une STI et une composante indispensable pour la plupart des autres technologies en transport, étant donné leur fonction comme localisateur spatial. Cette fonction s'avère donc très utile lors du repérage d'une flotte d'autobus.

Également, les technologies vues ont toujours un composant embarqué dans les autobus. Les GPS et AVL comportent des antennes qui reçoivent le signal des satellites de navigation pour faire le repérage. Les APC sont entièrement installés dans l'autobus. Les lecteurs des cartes à puces sont aussi montés dans l'autobus, bien que les machines de vente ou recharge soient fixées à des endroits préétablis. Les RFID possèdent aussi une antenne embarquée dans l'autobus qui active les interrogateurs installés tout au long des routes à parcourir.

De même, toutes les technologies font usage des SIG pour afficher l'information à caractère spatial qu'elles fournissent.

La manière de transmettre les données récoltées est aussi similaire dans les ITS vus. Elle peut être effectuée en temps réel en utilisant un signal sans fil comme la communication cellulaire. Aussi, la transmission au centre de contrôle peut se mettre en œuvre en téléchargeant directement le contenu de l'ordinateur à bord d'une façon périodique.

En effet, la transmission de données au centre de contrôle est la variable qui propose la limitation principale. De cette variable dépend l'utilisation de l'information récoltée. À l'aide des données envoyées en temps réel, un suivi de l'exploitation du réseau peut être exécuté. Par contre,

l'impossibilité de transmettre cette information au fur et à mesure qu'elle se produit ne permet que faire une gestion de connaissances sur la performance de la flotte.

Cependant, ni la transmission des données en temps réel ni de façon asynchrone ne garantit qu'elles soient utilisées de façon efficiente. Chaque organisme de transport doit établir ses priorités afin d'utiliser les informations obtenues selon les ressources disponibles.

En ce qui concerne la planification réactive de la logistique d'urgences, notre contexte de recherche, les STI fournissent un soutien inestimable à la création de connaissances. Les données recueillies et transmises sont à la base de n'importe quelle initiative voulant augmenter la réactivité des systèmes de planification. Bien que dans un premier temps on pourrait se demander si le concept « urgence » ne se peut associer qu'à un suivi de l'exploitation en temps réel, la littérature nous montre que la gestion de certains indicateurs de la performance devient un outil puissant lors de la gestion de ce type de situations.

1.4 Interopérabilité

1.4.1 Définition

Le terme « interopérabilité » est utilisé dans plusieurs domaines et il existe plusieurs définitions selon le domaine traité. D'une part, il existe une « interopérabilité physique » qui fait référence à la manière dont les éléments physiques doivent travailler ensemble au service d'un but commun. Ainsi, on peut parler, par exemple, de l'interopérabilité des réseaux ferroviaires. C'est le cas en Europe, où le problème d'interopérabilité ferroviaire est important et plusieurs auteurs ont traité le sujet en tenant compte des variables telles que la signalisation, les systèmes de communication, les systèmes électriques et l'émission de bruit [57-59].

D'autre part, on peut parler d'une « interopérabilité de systèmes », celle que nous allons traiter dans ce document. Bien que plusieurs définitions aient été données, elles ont toutes un élément en commun : l'interaction de différents composants (systèmes).

Chen [60] fait une compilation de trois définitions scientifiques de l'« interopérabilité » proposées au fil des années :

- Habilité de deux (ou plus) systèmes ou composants d'échanger de l'information et d'utiliser l'information qui a été échangée [61].
- Habilité d'un système de se communiquer avec un autre système afin d'utiliser les fonctionnalités du dernier [62].
- Habilité d'interaction entre des entreprises. L'interopérabilité des entreprises est achevée si l'interaction peut, au moins, prendre place à trois niveaux : données, applications et processus d'affaires [63].

Ainsi, Chen [60] résume ces définitions en donnant une autre définition en vertu de trois habilités qui doivent atteindre les systèmes pour considérer qu'ils sont interopérables. Ces trois habilités sont :

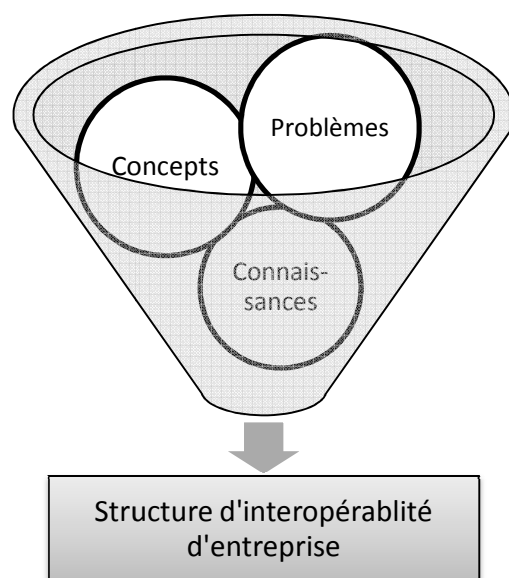
- De communiquer et d'échanger de l'information,
- D'utiliser l'information échangée, et
- D'accéder aux fonctionnalités d'un système tiers.

1.4.2 Structures d'interopérabilité d'entreprise

Les structures d'interopérabilité d'entreprise sont développées afin de permettre que des concepts, des problèmes et des connaissances reliés à l'interopérabilité soient organisés et représentés d'une manière structurée [60, 64] telle qu'observée dans la figure 1-1.

Dans la revue de la littérature faite dans le présent document, deux structures sont analysées. En premier lieu, la structure d'interopérabilité ATHENA est étudiée suivie par la structure INTEROP.

Figure 1-1: Composants des structures pour l'interopérabilité d'entreprise



1.4.2.1 Structures d'interopérabilité précédentes

Dans les dernières années, il y a eu plusieurs initiatives qui se sont penchées sur l'établissement de structures d'interopérabilité d'entreprise. Ainsi, avant de faire l'analyse des structures d'interopérabilité, des structures d'interopérabilité qui ont servi comme source d'inspiration sont présentées.

1) Modèle de référence LISI (1997)

LISI [65], en anglais « *Levels of Information Systems Interoperability* », est un modèle de référence développé par le département de la défense des États-Unis afin d'établir leurs besoins en interopérabilité, de définir comment leurs systèmes d'information pouvaient l'achever et de trouver des solutions permettant d'arriver à de plus hauts niveaux de capacité et d'interopérabilité.

Ce modèle de référence se base sur un ensemble d'attributs appelés PAID (procédures, applications, infrastructure et données) dans lequel se situent quatre niveaux de capacités d'interopérabilité. À chaque niveau, un mot ou une phrase identifie l'aspect le plus important pour y arriver, comme on observe dans le tableau 1-1.

Tableau 1-2 : Modèle de référence LISI

Nature de l'interaction de l'information opérationnelle	Niveau d'interopérabilité		Attributs			
			P (procédures)	A (applications)	I (infrastructure)	D (données)
Manipulation interactive cross-domaine	Entreprise	4	Niveau entpris	Interactive	Topologies multiples	Modèle d'entreprise
Applications et bases de données partagées	Domaine	3	Niveau domaine	Collecticiel	Réseaux mondiaux	Modèle de domaine
Échange complexe de média	Fonctionnel	2	Niveau programme	Automatisation de bureau	Réseaux locaux	Modèle de programme
Échange électronique simple	Connecté	1	Niveau local/site	Pilotes de système standards	Connexion simple	Locale
Passerelle manuelle	Isolé	0	Contrôle d'accès	N/A	Indépendant	Privée

De plus, les attributs PAID de ce modèle incluent les éléments suivants :

- Procédures : elles incluent la doctrine, la mission, les architectures et les standards.
- Applications : elles incluent les aspects fonctionnels du système, dès processus individuels jusqu'à suites d'applications.
- Infrastructure : il inclut les matériels, les communications, les services de systèmes et la sécurité.
- Données : elles incluent les formats de données et les standards pour soutenir l'interopérabilité à tous les niveaux.

En outre, les cinq niveaux d'interopérabilité fixés comportent :

- Niveau 0 – Isolé : les systèmes peuvent échanger de données, mais ils ne peuvent pas interopérer directement.
- Niveau 1 – Connecté : Ils peuvent échanger des fichiers de manière locale.
- Niveau 2 – Fonctionnel : Ils doivent être en mesure d'effectuer des échanges de fichiers complexes.
- Niveau 3 – Domaine : il existe plusieurs interactions entre les applications.
- Niveau 4 – Entreprise : l'information est partagée entre tous les systèmes à l'aide d'une architecture d'information distribuée.

2) Structure d'interopérabilité IDEAS (2002-2003)

IDEAS [63, 66], ou en anglais « *Interoperability Development for Enterprise Applications and Software – Roadmaps* », est un projet entrepris avec le soutien de la Commission européenne entre les années 2002 et 2003 dont l'objectif est l'établissement d'une feuille de route (*roadmap*) dans le domaine de l'interopérabilité.

La structure d'interopérabilité IDEAS décompose l'entreprise en trois niveaux dans lesquels l'interopérabilité a leurs propres problèmes à résoudre. De plus, elle ajoute une dimension sémantique à travers ces trois niveaux qui doit être achevée afin de pouvoir parler d'une interopérabilité réussie.

Les trois niveaux dans lesquels l'entreprise est divisée sont :

- Affaires : l'interopérabilité concerne l'habilité organisationnelle et opérationnelle de l'entreprise de pouvoir interagir avec d'autres entreprises.
- Connaissances : l'interopérabilité concerne la compatibilité des habilités, des compétences et des connaissances d'une entreprise avec celles d'autres entreprises avec lesquelles elle interagit.
- Technologies de l'information et de la communication, TIC : l'interopérabilité concerne l'habilité des TIC de l'entreprise de coopérer avec celles d'autres entreprises avec lesquelles elle interagit.

Les deux premiers niveaux, affaires et connaissance, représentent le modèle de l'entreprise, c'est-à-dire la description de la structure et de l'organisation de la compagnie.

La dimension sémantique proposée par cette structure concerne la compréhension de la signification réelle des concepts dans les trois niveaux de l'entreprise afin d'accomplir sa connaissance et de se comprendre avec les autres entreprises avec lesquelles elle collabore.

De plus, la structure aussi considère une dernière dimension, à titre optionnel, concernant des attributs de qualité. Les attributs de qualité regardés sont sécurité, extensibilité, portabilité, performance, disponibilité et évolution.

Dans le tableau 1-2, on observe des éléments principaux de la structure de l'interopérabilité IDEAS.

Tableau 1-3 : Structure d'interopérabilité IDEAS

	Structure	Sémantique	Attributs de qualité (optionnels)
Modèle d'entreprise	Affaires	Représentation de la signification réelle des concepts	- Sécurité
	Connaissance		- Extensibilité
Plateforme de l'architecture (TIC)	Application		- Portabilité
	Données		- Performance
	Communication		- Disponibilité
			- Évolution

1.4.3 Structure d'interopérabilité ATHENA (2004 – 2007)

Le projet ATHENA-IP [67-69], selon les sigles en anglais de « *Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application – Integrated Project* », a été financé par la Commission européenne entre les années 2004 et 2007 avec la finalité d'enlever les obstacles existants pour achever l'interopérabilité dans les divers secteurs de l'économie, dont les petits et moyens entreprises –PME.

D'ailleurs, ATHENA-IP a été construit à partir des résultats du projet IDEAS. Les trois niveaux d'entreprise - affaires, connaissances et TIC – et la dimension sémantique sont utilisés pour établir l'état de l'art, la vision et les défis de l'interopérabilité d'entreprise.

1.4.3.1 Approche multidisciplinaire

Le projet ATHENA-IP utilise une approche multidisciplinaire basée sur trois disciplines reliées à l'interopérabilité d'entreprise, à savoir :

- l'architecture et la plateforme qui donnent les structures de mise en œuvre,
- l'ontologie qui établit la sémantique de l'entreprise, et
- la modélisation d'entreprise pour définir les besoins en interopérabilité et appuyer la mise en œuvre des solutions.

1.4.3.2 Niveaux d'intégration

La structure d'interopérabilité proposée par ATHENA-IP comporte trois niveaux qui doivent s'intégrer afin de réussir l'interopérabilité d'entreprise. Ces trois niveaux sont :

- l'intégration conceptuelle, à partir de laquelle on peut faire l'abstraction des modèles d'interopérabilité,
- l'intégration technique, responsable du développement des logiciels et des plateformes d'exécution pour les logiciels, et
- l'intégration de l'application, où on trouve les principes et fondements pour surmonter les problèmes de l'interopérabilité.

Dans la figure 1-2, la structure d'interopérabilité d'entreprise proposée par ATHENA-IP est montrée et les outils principaux de chaque niveau d'intégration sont nommés.

Figure 1-2 : Structure d'interopérabilité ATHENA

Intégration conceptuelle • Concepts • Métamodèles • Langages • Modèles de relations	Intégration de l'application • Méthodologies • Standards • Modèles de domaine
Intégration technique • Environnements de développement • Environnements d'exécution	

1.4.3.3 Intégration conceptuelle et intégration technique

Deux types d'intégration, l'intégration conceptuelle et l'intégration technique, peuvent être repérés dans quatre niveaux d'une organisation ou d'un système. Ces niveaux sont :

- Affaires : Au niveau d'affaires, l'interopérabilité fait référence à la capacité de la compagnie de coopérer effectivement avec d'autres organisations.
- Processus : Au niveau de processus, l'interopérabilité d'une organisation cherche à faire fonctionner les divers processus d'une manière coordonnée.
- Services : L'interopérabilité des services est reliée à l'exécution coordonnée des plusieurs applications conçues indépendamment.
- Données : Au niveau de données, l'interopérabilité concerne l'échange et le traitement des données provenant de divers endroits.

D'un côté, l'intégration conceptuelle s'intéresse principalement à l'établissement de modèles systémiques qui permettent de voir l'état de l'interopérabilité dans chacun des quatre niveaux mentionnés précédemment.

De l'autre côté, l'intégration technique regarde l'adoption et la création des outils informatiques et logiciels qui soutiennent la mise au point des systèmes interopérables. Ces outils et logiciels sont employés tout au long de l'organisation dans les quatre niveaux décrits antérieurement.

1.4.3.4 Intégration de l'application

L'intégration de l'application est le troisième niveau de la structure ATHENA. C'est le niveau de la structure où des indications sont données afin de résoudre les problèmes d'interopérabilité. Le projet ATHENA identifie trois sources d'indications d'après trois différents points de vue du système. Ces points de vue sont donc les affaires, la spécification et la réalisation.

Le point de vue d'affaires met l'accent sur le contexte des affaires et il concerne les analystes d'affaires. De même, le point de vue de la spécification remarque les spécifications qui doivent être faites sur les composants du système. Ce point de vue correspond aux architectes de systèmes. Finalement, le point de vue de la réalisation est relié à l'implémentation du système et la responsabilité retombe sur les développeurs de logiciel.

D'ailleurs, dans le niveau de l'intégration de l'application, ATHENA a défini une méthodologie pour développer des projets d'application de la structure d'interopérabilité directement sur les systèmes d'entreprise, notamment dirigé vers les PME.

La méthodologie comporte huit étapes bien établies, dont nous discutons plus en profondeur les deux premières, celles qui sont les nécessaires pour atteindre la portée du projet présent. Les étapes sont :

- 1) La structure d'interopérabilité d'affaires (BIF, en anglais, *business interoperability framework*). Il s'agit d'une structure pour établir les défis que les organisations subissent en termes d'interopérabilité. Cette structure est composée de quatre catégories fondamentales :
 - Gestion des relations externes : cette catégorie concerne la gestion et le contrôle des relations d'affaires.
 - Employés et culture : cette catégorie concerne le comportement vers les partenaires d'affaires.

- Processus collaboratifs : cette catégorie concerne la collaboration avec les partenaires d'affaires.
- Systèmes d'information : cette catégorie concerne les types de connexion avec les partenaires d'affaires.

Chaque catégorie est décomposée en critères ou sous-catégories identifiant une série de décisions auxquelles les organisations doivent faire face afin de réussir l'interopérabilité de leurs systèmes.

De même, la structure BIF reconnaît cinq niveaux d'interopérabilité d'affaires, à savoir, du moins au plus interopérable :

- Aucune : Pas de conscience sur les relations externes.
- Minimale : Pas de prévisions pour l'interopérabilité.
- Modérée : L'importance de l'interopérabilité est comprise.
- Qualifiée : Des relations externes sont désignées afin d'améliorer l'interopérabilité d'affaires.
- Complètement interopérable : Niveau d'interopérabilité d'affaires maximale.

De plus, BIF considère aussi trois aspects du cycle de vie de l'interopérabilité :

- Approche : la manière dont l'organisation développe des méthodes pour définir et réaliser des relations supportées par technologies de l'information.
- Déploiement : la manière systématique dont l'organisation exécute l'approche.
- Révision et conseil : la manière dont l'organisation évalue et révisé l'approche et le déploiement par l'intermédiaire de l'analyse de résultats.

Dans le tableau 1-3, on peut apprécier un schéma de la structure d'interopérabilité d'affaires.

Tableau 1-4 : Structure d'interopérabilité d'affaires BIF

Critères	Cycle de vie	Niveaux d'interopérabilité d'affaires				
		5 Complètement interopérable	4 Qualifié	3 Modéré	2 Minimal	1 Aucun
Gestion des relations externes						
Critère 1 .. N	Approche					
	Déploiement					
	Révision et conseil					
Processus collaboratifs						
Critère 1 .. N	Approche					
	Déploiement					
	Révision et conseil					
Employés et culture						
Critère 1 .. N	Approche					
	Déploiement					
	Révision et conseil					
Systèmes d'information						
Critère 1 .. N	Approche					
	Déploiement					
	Révision et conseil					

- 2) Le modèle de maturité d'entreprise « *Enterprise Interoperability Maturity Model – EIMM* » [67] est basé sur l'exécution de deux tâches principales. La première tâche est l'établissement de la situation actuelle par rapport à plusieurs niveaux de l'entreprise à l'interne et à l'externe. La deuxième tâche est l'identification de l'état de maturité de chacune des situations sorties de la première étape.

Il existe donc six niveaux d'entreprise selon le modèle EIMM, où il faut réviser la situation d'interopérabilité, à savoir :

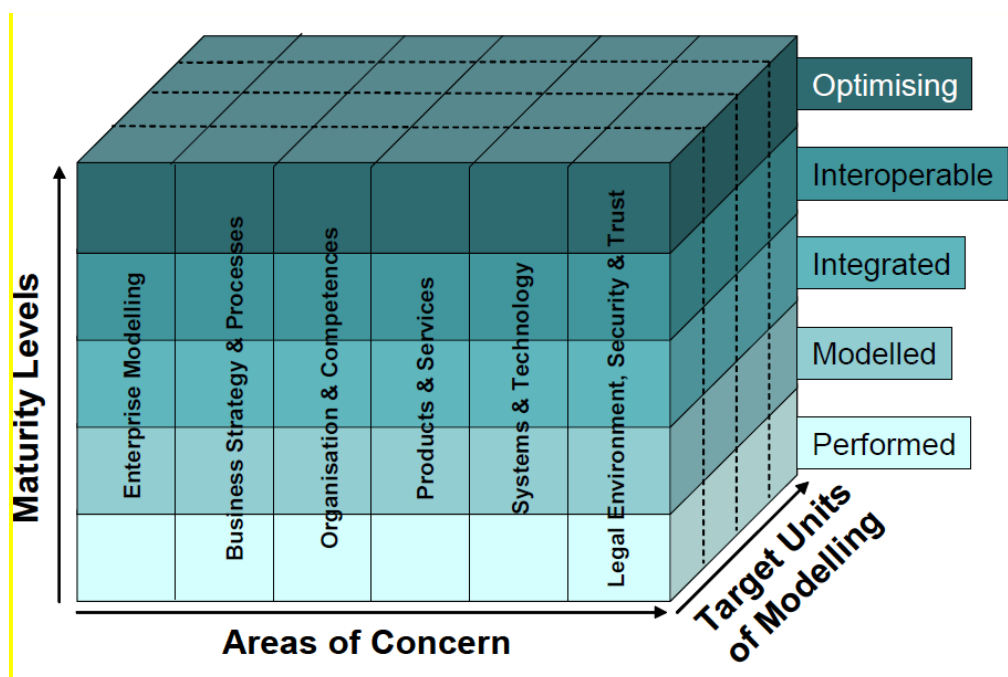
- La stratégie d'affaires et les processus,
- L'organisation et les compétences,
- Les produits et les services,
- Les systèmes et la technologie,
- L'environnement légal, la sécurité et la confiance,
- La modélisation de l'entreprise.

Pour la deuxième tâche, cinq états de maturité de l'interopérabilité sont définis :

- Effectué : la collaboration avec d'autres organisations est effectuée d'une manière chaotique et non planifiée.
- Modelé : la collaboration est réalisée d'une manière similaire à chaque fois et la technique pour ce faire s'avère applicable.
- Intégré : la collaboration est documentée formellement, communiquée et s'utilise régulièrement.
- Interopérable : l'organisation est capable de bien gérer des processus interopérables et de s'adapter aux changements de ses partenaires.
- Optimisé : l'organisation est capable de réagir et de s'adapter aux changements de l'industrie d'une manière agile et flexible.

Finalement, en ajoutant une troisième dimension aux deux précédentes, celle contenant les unités de l'entreprise (i.e. départements, divisions, etc.) où il faut vérifier l'interopérabilité, on configure l'espace du modèle EIMM. Dans la figure 1-3, reproduite à partir de [67], une représentation graphique de cet espace est montrée.

Figure 1-3 : Les trois dimensions du modèle EIMM [67]



- 3) L'analyse d'interopérabilité est la troisième étape du BIF. Dans cette étape, des besoins liés aux affaires doivent être établis. Ainsi, une identification des problèmes d'interopérabilité, notamment la déconnexion des systèmes, doit être considérée. Ainsi, des problèmes peuvent être résolus suivant une approche intégrale.
- 4) Une cartographie entre besoins et solutions est la quatrième étape de la méthodologie. À l'aide d'une base de connaissances de solutions en interopérabilité développée dans le cadre du projet ATHENA-IP, une cartographie entre chaque besoin détecté dans l'étape 3 avec des solutions pertinentes est faite.

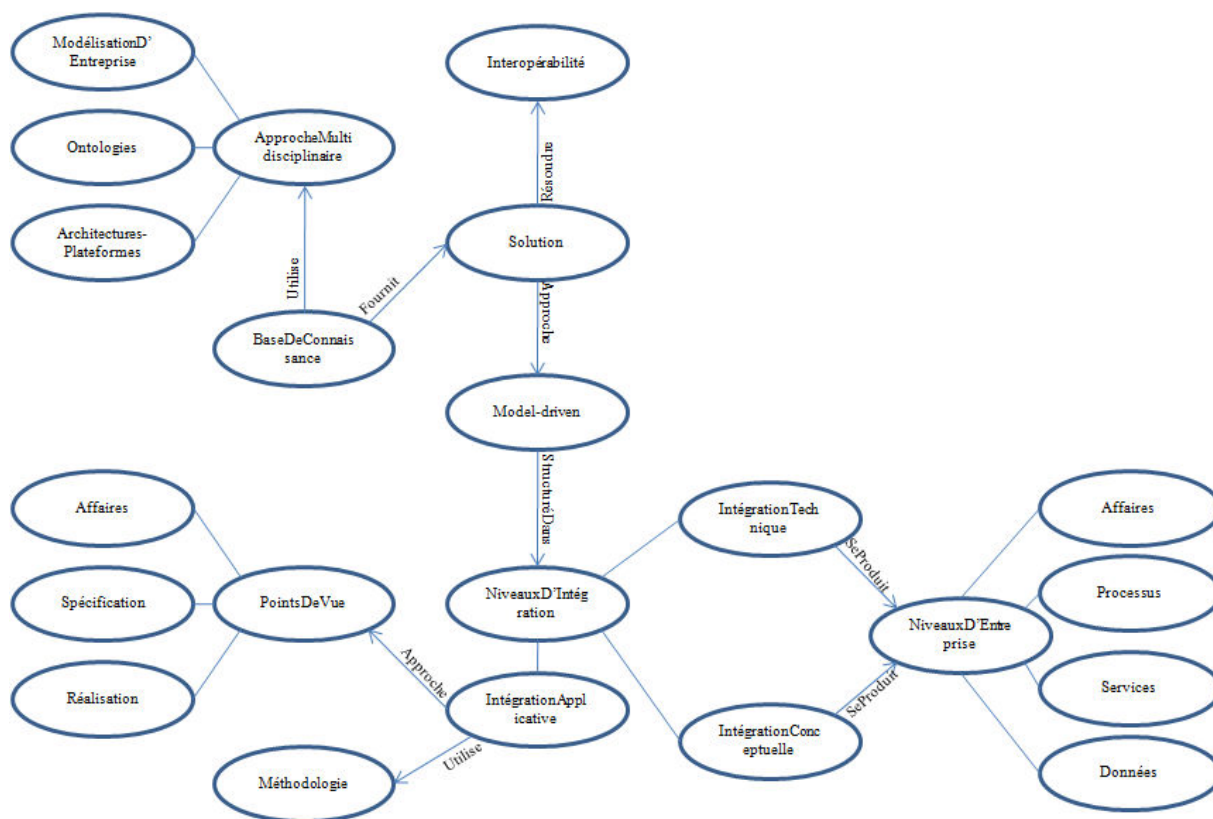
Les solutions contenues dans la base de connaissance d'ATHENA sont, dans un premier niveau, des solutions génériques. Une fois des solutions génériques ont été établies, des solutions spécifiques peuvent être testées.

Les quatre étapes suivantes visent à l'évaluation et à l'implantation des solutions choisies. Ainsi, à l'étape cinq, une définition du type de tests à faire est réalisée. L'étape six implique la mise en œuvre des solutions et l'étape sept englobe les tests. Enfin, à l'étape huit, une méthodologie pour mesurer les impacts apportés par des solutions est effectuée.

1.4.3.5 Ontologie pour la structure d'interopérabilité ATHENA

Afin de faire un résumé des concepts regardés lors de l'analyse de la structure d'interopérabilité ATHENA. La figure 1-4 présente une ontologie de cette structure.

Figure 1-4 : Ontologie pour la structure d'interopérabilité ATHENA



Cette ontologie donne une représentation systémique de la structure ATHENA et elle est centrée autour des solutions d'interopérabilité. Elle fut inspirée par des ontologies développées par INTEROP [70-72].

En étant centrée autour des solutions, cette ontologie peut être lue à partir de l'ovale marqué avec le mot « solution ». Les flèches indiquent le sens dans lequel l'ontologie doit être lue et un verbe

en dessus des flèches marque l'action qui doit être accomplie. De sa part, les lignes qui connectent des ovales indiquent les composantes de l'élément.

Ainsi, et pour ne montrer qu'un exemple, on peut suivre la seule flèche entrant vers l'ovale « solution ». On lit donc que des « bases de connaissances » fournissent des « solutions » pour résoudre les problèmes « d'interopérabilité ». En même temps, ces « bases de connaissances » utilisent des « approches multidisciplinaires », soient la « modélisation d'entreprise », les « ontologies » et les « architectures – plateformes ».

1.4.4 Structure d'interopérabilité INTEROP (2003 – 2007)

Le projet INTEROP-NoE [3, 60, 64, 73, 74], en anglais « *Interoperability Research for Networked Enterprises Applications and Software – Network of Excellence* », à été financé par la Commission Européenne entre les années 2003 et 2007. Le but principal de cette initiative est de repenser la recherche faite à ce moment en Europe sur l'interopérabilité d'entreprise afin de développer de nouvelles approches permettant de l'achever.

1.4.4.1 Problèmes et points de vue de l'interopérabilité

INTEROP-NoE propose une structure basée sur les problèmes (barrières) d'interopérabilité qui peuvent se présenter à plusieurs niveaux de l'entreprise (points de vue). En effet, la structure suppose que les systèmes d'entreprise ne sont pas interopérables à cause de ces barrières et qu'il faut développer des connaissances et des solutions pour les surmonter.

La structure définit trois sortes de barrières qui empêchent l'échange d'information entre les systèmes. Ces trois barrières sont :

- Les barrières conceptuelles, qui sont les responsables des problèmes au niveau sémantique et syntactique qui souffre l'information échangée
- Les barrières technologiques, concernant l'incompatibilité des technologies de l'information impliquées pendant le processus d'échange, et

- Les barrières organisationnelles, qui sont reliées aux aspects d'autorité et de structure dans les entreprises.

De même, INTEROP-NoE caractérise quatre points de vue où les problèmes d'interopérabilité peuvent apparaître. Ces quatre points de vue se centrent sur l'interopérabilité des données, des services, des processus et des affaires :

- L'interopérabilité des données est reliée à la capacité d'échanger de données (électroniques et non-électroniques) et à la capacité d'utiliser lesdites données échangées,
- L'interopérabilité des services concerne l'exploitation de plusieurs applications (services électroniques) ou fonctions (services non électroniques) qui ont été conçues indépendamment. Le but est d'interopérer les services en résolvant les différences sémantiques et syntactiques.
- L'interopérabilité des processus cible la cohésion des processus de l'entreprise pour qu'ils fonctionnent d'une manière coordonnée. Dans ce contexte, un processus définit la façon dont les services se réalisent.
- L'interopérabilité des affaires concerne la manière dont les affaires, d'un point de vue organisationnel, sont perçues, comprises et exécutées à l'intérieur de l'entreprise aussi bien que par les partenaires avec lesquels elle interagit.

1.4.4.2 L'espace du problème

En ayant, d'un côté, les barrières qui empêchent l'achèvement de l'interopérabilité et, de l'autre, les points de vue où ces problèmes peuvent surgir, la structure d'interopérabilité définit une matrice dénommée espace du problème. Dans le tableau 1-4, l'espace du problème, d'après [3], est montré et un aperçu de types de problèmes reliés à l'interopérabilité qui peuvent arriver dans l'entreprise est donné pour chaque croisement d'un point de vue et une barrière.

Tableau 1-5 : Espace du problème de la structure d'interopérabilité INTEROP [3]

Points de vue	Barrières conceptuelles	Barrières technologiques	Barrières organisationnelles
Affaires	• Vision, stratégies, cultures, compréhension	• Infrastructure des technologies de l'information	• Méthodes de travail • Législation • Structures organisationnelles
Processus	• Sémantique et syntactique de processus	• Promulgation des processus	• Procédures de travail • Modes d'opération • Organisation de processus
Services	• Sémantique de dénomination et description des services	• Interfaces, architectures	• Responsabilité ou autorité lors de la gestion de services
Données	• Sémantique et représentation de données • Règles de restriction des données	• Format d'échange de données	• Responsabilité ou autorité lors de changements de données

1.4.4.3 L'espace de la solution

Par la suite, INTEROP-NoE établit un nouvel espace. Dans ce cas, il s'agit d'un espace de solutions contenant une base de connaissances avec des solutions identifiées ou créées par la structure d'interopérabilité. Cela se fait en ajoutant une troisième dimension à la matrice de l'espace du problème, une dimension contenant des solutions qui peuvent être choisies selon la nature du problème.

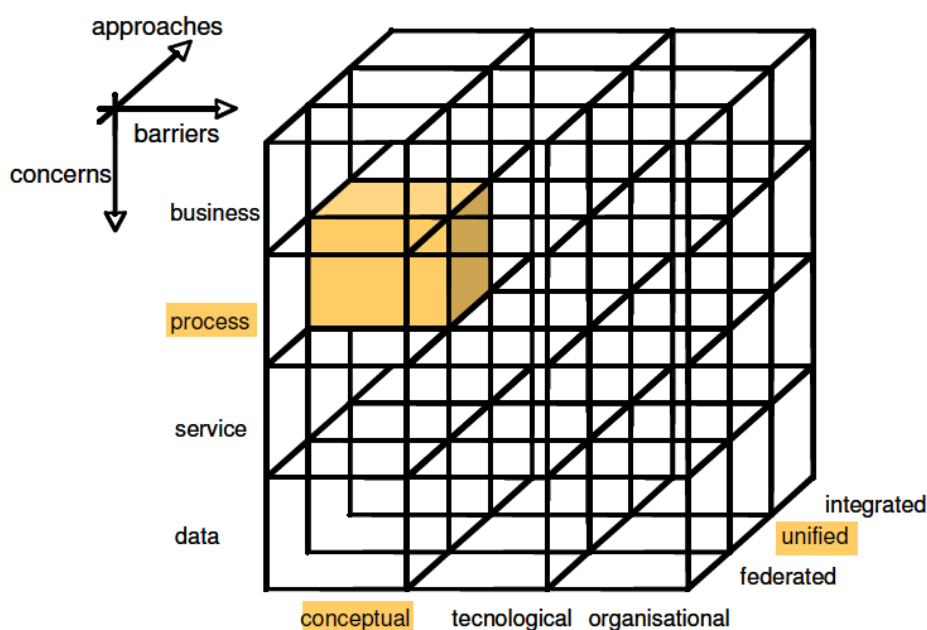
Il existe trois types de solutions, à savoir, intégré, unifié et fédéré :

- Les solutions de type intégré comportent l'établissement d'un seul format commun à tous les modèles à partir desquels les systèmes sont créés. Ce type de solution tend plus à l'intégration des systèmes qu'à leur interopérabilité.
- Les solutions de type unifié permettent de faire une cartographie des différents modèles parce qu'il existe un format commun, mais au niveau de métamodèles.

- Les solutions de type fédéré ne requièrent pas de formats communs parce que chaque système possède son propre modèle et aucun modèle ne s'impose sur les autres. Néanmoins, il est nécessaire qu'ils partagent une ontologie afin de cartographier leurs concepts au niveau sémantique. Cette approche tend plus vers l'interopérabilité que vers l'intégration.

Dans la figure 1-5, reprise de [60], on peut apprécier un exemple d'un espace de solutions, où on remarque le croisement entre une barrière de type « processus » qui est regardé d'un point de vue « conceptuel » et qui est approché avec une solution de type « unifié ».

Figure 1-5 : Espace de solution de la structure d'interopérabilité INTEROP [60]



1.4.4.4 Mesure de l'interopérabilité

La structure INTEROP propose une méthodologie afin de mesurer les différents niveaux d'interopérabilité [73, 74]. Il s'agit, selon ses auteurs, d'une mesure intégrale de l'interopérabilité qui comprend plusieurs étapes tout au long de l'implantation des solutions.

Cette méthodologie est donc divisée en trois étapes. La première étape mesure le potentiel d'interopérabilité. Ensuite, la deuxième mesure le niveau de compatibilité. Et finalement, la troisième étape mesure la performance achevée.

D'abord, la méthodologie mesure le potentiel actuel de l'entreprise en interopérabilité. Pour ce faire, il faut évaluer le niveau d'adaptabilité et d'accommodation des systèmes impliqués lors de l'interaction avec d'autres systèmes. Toutefois, cela n'est fait qu'à l'intérieur de l'entreprise. À cette étape, le modèle EIMM (développé par ATHENA-IP) est utilisé.

En deuxième lieu, la méthodologie mesure la compatibilité en interopérabilité. Cette étape doit être mise en terme lors de la phase de réingénierie du système actuel et il est mesuré par rapport à l'interaction entre les systèmes de l'entreprise avec ceux de ses partenaires.

Ainsi, en utilisant la matrice d'espace du problème, il est nécessaire de vérifier la compatibilité, ou non, de chaque intersection d'une colonne (barrières) avec une ligne (points de vue). Dans le cas où il existe une incompatibilité, le coefficient « 1 » est mis sur la matrice. Dans le cas contraire, c'est le coefficient « 0 » qui doit s'y mettre. Le tableau 1-5 montre un exemple d'une mesure de la compatibilité en interopérabilité.

Tableau 1-6 : Mesure de la compatibilité en interopérabilité – exemple

Points de vue	Barrières conceptuelles	Barrières technologiques	Barrières organisationnelles
Affaires	1	0	0
Processus	0	1	0
Services	0	0	1
Données	1	1	1

Enfin, la méthodologie mesure la performance en interopérabilité. Cette étape commence une fois les résultats de la réingénierie sont mise en œuvre entre les deux (ou plus) systèmes impliqués.

Pour ce faire, il faut mesurer le coût, le temps et la qualité de l'interopérabilité. Le coût d'interopérabilité fait référence aux coûts d'échange et d'exploitation des systèmes. Le temps

d'interopérabilité considère l'intervalle de temps passé entre la requête de l'information par un système et la disponibilité de cette information. Et la qualité de l'interopérabilité prend en compte la qualité des informations échangées, la qualité de l'usage de cette information et finalement, la conformité avec laquelle l'information est reçue.

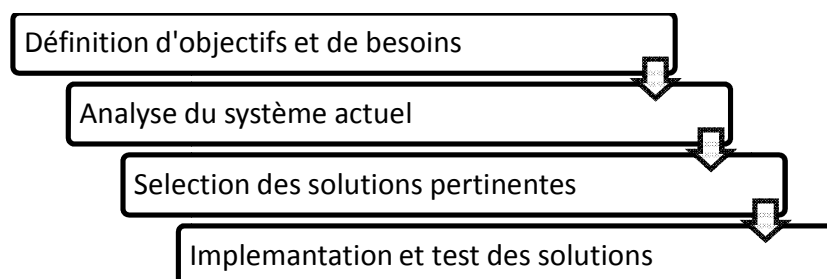
1.4.4.5 Méthodologie pour développer l'interopérabilité

INTEROP propose sa propre méthodologie afin d'appliquer la structure d'interopérabilité d'entreprise. Celle-ci comporte quatre étapes [73, 74] :

1. D'abord, il faut définir les objectifs et les besoins en termes d'interopérabilité :
 - a. Définir les besoins pour chaque point de vue (affaires, processus, services et données).
 - b. Définir les besoins pour chaque niveau et pour chaque type de solution (intégrée, unifiée et fédérée).
2. Ensuite, une analyse du système actuel est effectuée :
 - a. Analyser la situation actuelle, définir la situation désirée et trouver les écarts entre elles.
 - b. Identifier les barrières (conceptuelles, technologiques et organisationnelles).
3. La troisième étape consiste à sélectionner les solutions pertinentes à l'aide de la structure d'interopérabilité :
 - a. Faire des recommandations d'un point de vue conceptuel.
 - b. Construire une solution technique qui s'adapte aux besoins spécifiques de l'organisation.
4. Finalement, il est nécessaire d'implanter et de tester la ou les solutions choisies.
 - a. Implanter les solutions de l'étape précédente.
 - b. Mesurer les résultats et les comparer avec ceux attendus.

La méthodologie peut être résumée graphiquement selon la figure 1-6.

Figure 1-6 : Méthodologie pour l'application d'INTEROP



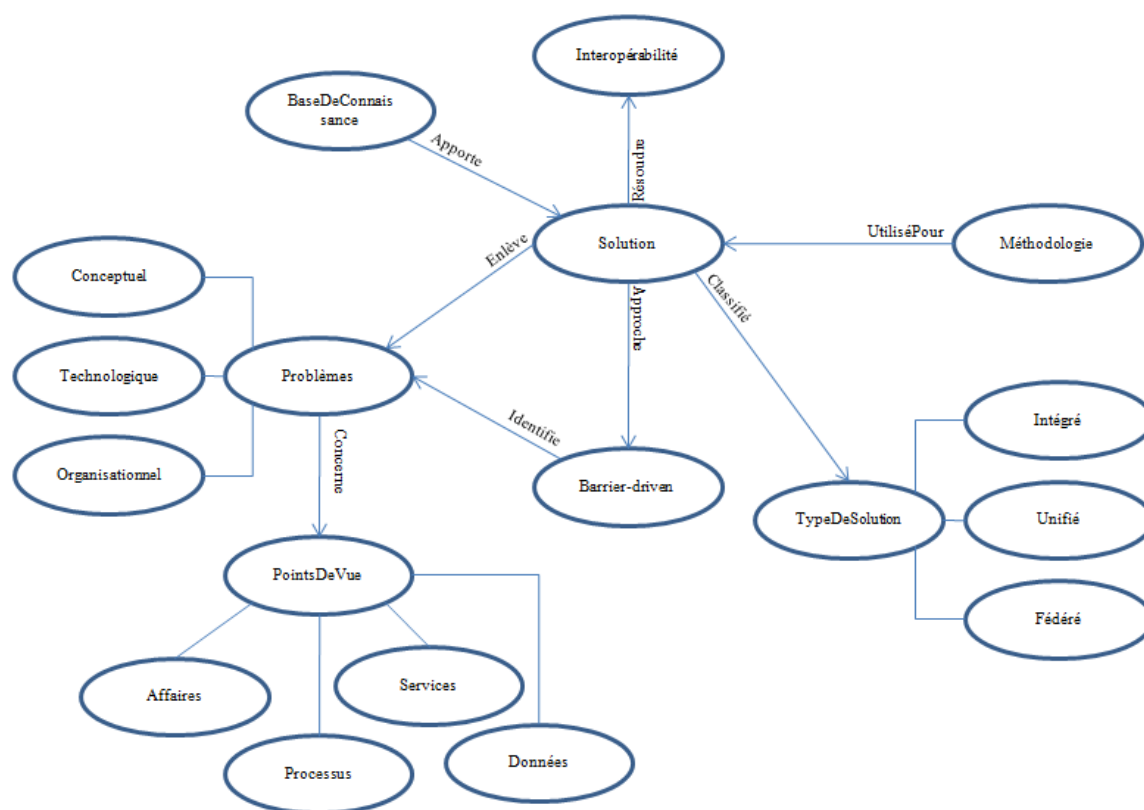
1.4.4.6 Ontologie pour la structure d'interopérabilité INTEROP

Afin de faire un résumé des concepts présentés lors de l'analyse de la structure d'interopérabilité INTEROP, la figure 1-7 présente une ontologie de cette structure. Celle-ci est une représentation systémique de la structure INTEROP et elle est centrée autour des solutions d'interopérabilité. Cette ontologie est une modification des ontologies développées par [70-72].

En étant centrée autour des solutions, cette ontologie peut être lue à partir de l'ovale marqué avec le mot « solution ». Les flèches indiquent le sens dans lequel l'ontologie doit être lue et un verbe en dessus des flèches marque l'action qui doit être accomplie. De sa part, les lignes qui connectent des ovales indiquent les composantes de l'élément.

Par exemple, à partir de l'ovale « solution » on lit que la « solution » enlève des « problèmes » d'interopérabilité qui sont approchés avec un méthodologie « *barrier-driven* » avec laquelle s'identifient trois types des « problèmes », à savoir « conceptuel », « technologique » et « organisationnel ».

Figure 1-7 : Ontologie pour la structure d'interopérabilité INTEROP



1.4.5 Remarques sur les structures d'interopérabilité ATHENA et INTEROP

Il faut d'abord souligner que les deux projets font partie des initiatives entamées par le même organisme, la Commission européenne, et ils ont été menés d'une manière presque parallèle dans le temps. Aussi, ils ont été conçus afin de résoudre le même problème, c'est-à-dire le manque d'interopérabilité entre les divers systèmes informationnels. Aussi, ils ont produit le même type de solution, soit une structure d'interopérabilité d'entreprise qui conjugue des concepts, des connaissances et de problèmes.

Pour établir la solution, c'est-à-dire la structure d'interopérabilité, les deux projets établissent des points en commun, par exemple, la décomposition de l'organisation (ou des systèmes) en quatre niveaux, à savoir, affaires, processus, services et données. De même, les méthodologies proposées, bien que différentes, suivent en général les mêmes activités : une analyse de l'état actuel des systèmes, une recherche dans les bases de connaissances des structures pour identifier

des solutions possibles et finalement une implantation et une évaluation des solutions privilégiées.

Quant aux différences, la principale est la manière d'aborder la solution du problème. Pendant qu'ATHENA utilise une approche basée sur des modèles (*model-driven*), INTEROP s'aide d'une approche basée sur l'identification des problèmes d'interopérabilité (*barrier-driven*).

Dans le cas d'ATHENA, utiliser une approche *model-driven* signifie que « des solutions se concentrent sur la modélisation des interactions et des échanges d'informations qui prennent place aux niveaux d'affaires et technique. »[75]. INTEROP, pour sa part, emploie une approche *barrier-driven*, voit que « les aspects sémantique, technique et organisationnel, sont considérés comme problèmes ou barrières qui doivent être surmontés afin que l'interopérabilité puisse être établie. » [73].

Deux limitations des structures d'interopérabilité ont été identifiées. La première limite principale trouvée est reliée à l'orientation vers les technologies de l'information et la communication des deux structures. Bien qu'elles déclarent qu'elles ont été conçues pour résoudre des problèmes d'interopérabilité de systèmes, le développement de leurs méthodes a une forte tendance à trouver des solutions basées sur les TIC.

En analysant le contenu des structures d'interopérabilité, on constate que la plupart de leur développement est centré sur les aspects informatiques. INTEROP et ATHENA ont créé une vaste base de données contenant des solutions potentielles à un grand nombre de problèmes d'interopérabilité pouvant surgir à un moment donné.

Une deuxième limite identifiée est reliée au type d'organisations adressées par ces structures d'interopérabilité. Bien qu'ATHENA et INTEROP aient été conçues pour faire face aux problèmes d'interopérabilité avec un regard général et adaptable aux différentes situations, il existe une attention spéciale sur les problèmes survenus aux petits et moyens entreprises, comme il est montré avec les cas d'études présentés par ces structures [68].

Néanmoins, le principal point fort des deux structures réside dans le fait qu'elles peuvent s'adapter aux besoins et aux caractéristiques particulières de chaque organisation. Dans cette perspective, les organisations se trouvent libres d'adapter les méthodologies proposées pour résoudre leurs problèmes d'interopérabilité de la manière qui convient, en tenant compte de leurs

particularités et des ressources disponibles. Ainsi, chaque structure peut être modifiée, ajoutée, diminuée, ou en général, ajustée aux nécessités de chaque situation.

Dans le projet qui nous concerne, celui de l'analyse de l'interopérabilité des systèmes informationnels chez le Réseau de transport de Longueuil, une approche d'un point de vue d'affaires sera entamée. Ainsi, les niveaux d'affaires, de processus et de services auront la plus grande importance. Étant donné aussi que ce projet est entrepris à partir des connaissances propres du génie industriel, des outils de la modélisation d'entreprise et, dans un plus petit degré, ceux des ontologies seront utilisés.

1.5 Conclusion

La revue de la littérature nous a permis de connaître diverses approches existantes pour traiter la problématique de l'interopérabilité de systèmes. Les initiatives européennes ATHENA et INTEROP sont les plus récentes et celles qui comportent un niveau majeur d'approfondissement sur le sujet.

Bien que les deux projets aient produit des structures d'interopérabilité d'entreprise centrées sur l'interopérabilité au niveau de systèmes d'information, ces structures peuvent s'étendre dans un sens plus large du mot « système » en impliquant des éléments organisationnels non électroniques dans l'analyse. Nonobstant, c'est la structure proposée par INTEROP qui déclare ce fait d'une manière plus évidente.

En outre, il faut reconnaître la possibilité existante d'adapter les structures, les indicateurs et les méthodologies d'application aux cas particuliers selon les besoins et les ressources disponibles lors de l'étude de l'état d'interopérabilité. Pour ce faire, il faut d'abord définir la portée des résultats attendus.

En ce qui concerne les systèmes de planification en transport en commun, les systèmes de planification d'horaires sont à la base de l'exploitation du réseau de transport. Également important, c'est le rôle des SIG pour appuyer le développement de tous les autres systèmes. Leur spécialité à traiter des informations à caractère spatial fait de ces systèmes les plus convenables étant donné la nature des opérations effectuées par les organismes de transport.

Par rapport aux systèmes de prise de données, nous avons pu vérifier la grande quantité de littérature parue sur le sujet. Ces technologies, faisant partie des STI, ont le pouvoir d'offrir une masse immense d'information. Quoi faire avec ces informations dépendra hautement du succès de pouvoir les incorporer dans les systèmes de planification.

La communication efficiente et fluide entre les systèmes d'information et les systèmes de prise de données produira des bénéfices aux organismes de transport en commun. Ces organismes compteront sur des connaissances qui permettront d'améliorer le service, du point de vue de la clientèle, et de faciliter la gestion et l'exploitation, du point de vue de l'agence.

Afin d'avoir une vue d'ensemble de la relation existant entre les différentes technologies étudiées dans ce document, ci-après un tableau de résumé est montré. Le tableau 1-7 relie chacun des articles mentionnés dans les sous-sections 1.3 et 1.4 et indique quel type de technologies et quel sorte de connaissances sont y traités.

Dans le prochain chapitre, la démarche méthodologique choisie et les activités menant l'étude de l'interopérabilité d'entreprise chez le RTL seront présentées.

Tableau 1-7 : Résumé de références bibliographiques

Référence	Auteurs	Année	SIG	Syst. de prise d'inform.					Connaissances							
				GPS	RFID	AVL	APC	CàP	A	B	C	D	E	F	G	H
[17]	Lao et Liu	2009	X													
[18]	Li et al	2008	X													
[19]	Njeri Kamatu et al	2007	X													
[20]	Golani	2007	X			X	X									
[21]	Yu et al	2006	X			X	X									X
[22]	Zhu et al	2006	X											X		
[23]	Quianshen et al	2008	X													
[24]	Kane et al	2008	X													
[25]	Hu et Lu	2007	X													
[26]	Cotfas et al	2009	X											X		
[27]	Gang et al	2006		X						X						
[28]	Ramakrishna et al	2008		X					X							
[29]	Vanajakshi et al	2009		X									X			
[30]	Rubio Fernanández	2007		X												
[31]	Hounsell et al	2008		X		X				X						
[32]	Hounsell et al	2007		X		X				X						
[33]	Liu et al	2007		X		X				X						
[34]	Ma et Yang	2008				X				X						
[35]	Liao et Davis	2007		X		X				X						X
[36]	Chen et al	2005				X	X						X			
[37]	Jeong et Rilett	2005				X			X			X	X			X
[38]	Pangliani et al	2008				X										
[39]	Predic et al	2007				X							X			
[40]	D'Acierno et al	2009				X										
[41]	Robinson	2008		X		X										
[42]	Furth et al	2005	X			X	X									
[43]	Chen et al	2005				X	X						X			
[44]	Hammerle et al	2005				X	X									
[45]	Milkovits	2006				X	X	X				X				
[46]	Menezes et al	2006			X											
[47]	Sriborirux et al	2008			X											
[49]	Blythe	2004						X								
[50]	Cheung	2007						X			X					
[51]	Iseki et al	2007						X								
[52]	Yoh et al	2006						X								
[53]	Farzin	2008		X		X		X			X					
[54]	Park et al	2008		X				X			X					
[55]	Morency et al	2006						X							X	
[56]	Morency et al	2007						X							X	

Légende :

- A : Information en temps réel à l'intention d'utilisateurs
- B : Priorisation d'autobus aux feux de circulation
- C : Gestion de la demande
- D : Temps d'attente aux arrêts
- E : Prédiction du temps d'arrivée
- F : Calculateur d'itinéraires
- G : Comportement des utilisateurs
- H : Adhérence aux horaires planifiés

CHAPITRE 2 DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.1 Introduction

Ce chapitre vise à présenter les différentes étapes et composantes de la démarche méthodologique qui seront utilisées afin d'aboutir à l'analyse de l'interopérabilité d'entreprise au Réseau de transport de Longueuil. Pour ce faire, la section 2.2 présente les raisons pour lesquelles une structure d'interopérabilité a été choisie et dans quelle mesure cette structure sera utilisée. Ensuite, la section 2.3 présente les outils et méthodes qui seront utilisés lors du développement de la démarche méthodologique. Finalement, la section 2.4 expose le rôle du RTL dans le projet en indiquant les systèmes informationnels, les processus et les départements ciblés dans cette étude, la classification des urgences au RTL de même que les partenaires externes impliqués dans le travail de cette société.

2.2 Choix d'une structure d'interopérabilité d'entreprise

La revue de la littérature a montré les caractéristiques générales de deux structures d'interopérabilité d'entreprise : ATHENA et INTEROP. Les deux structures constituent les développements les plus récents dans le domaine. Ces structures ont pour origine la préoccupation des gouvernements européens de faire face aux nouveaux défis découlant de l'intégration croissante des organisations (gouvernementales et privées) et, en conséquence, de leurs systèmes informationnels.

Les deux structures ATHENA et INTEROP utilisent des approches holistiques pour résoudre le problème de l'interopérabilité. Plusieurs disciplines sont à la base de ces structures. Différents points de vue pour traiter le problème sont envisagés. Différents niveaux de décomposition de l'organisation sont également utilisés. Ainsi, le problème peut-être vu comme un ensemble complexe de variables. De même, la solution de ce problème comprend un ensemble de mesures interreliées qui doivent satisfaire tous les intervenants de l'organisation.

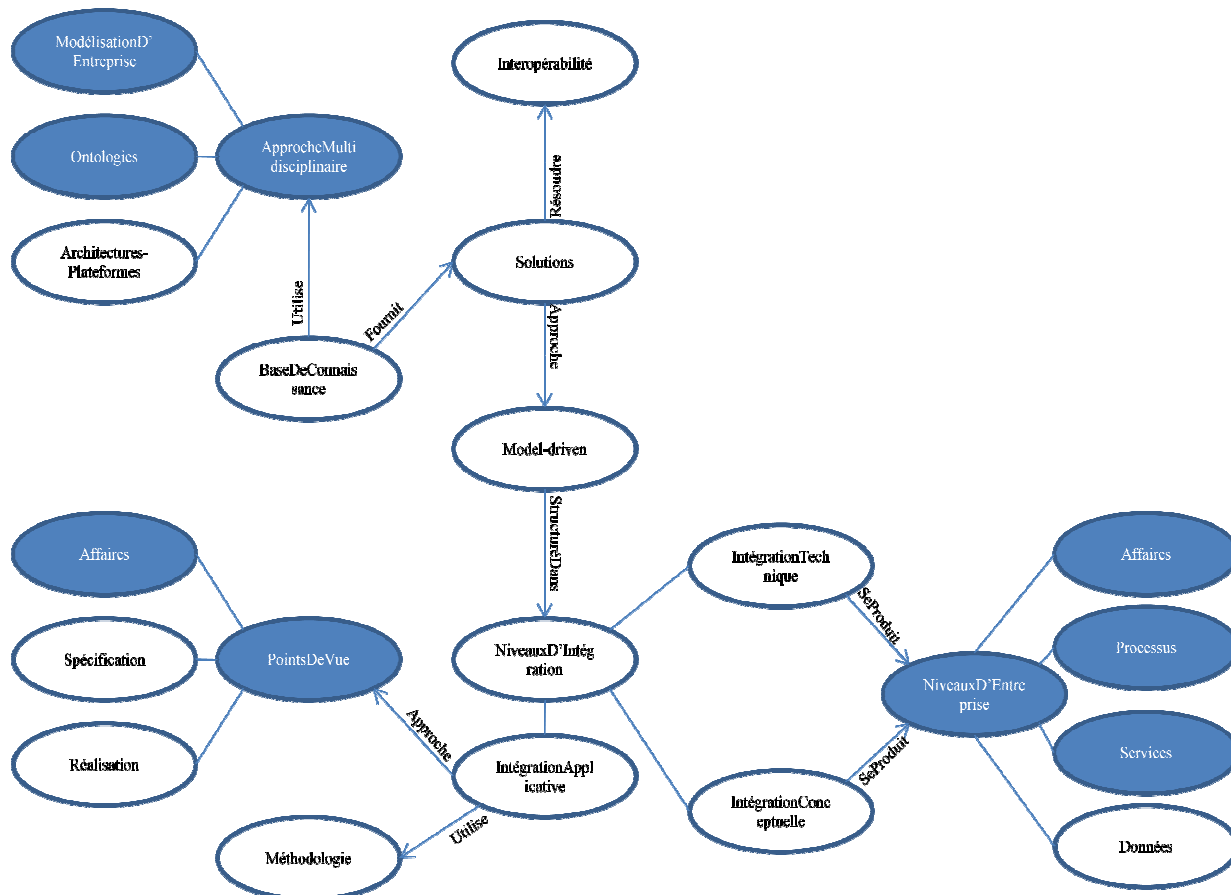
Ainsi, les structures ATHENA et INTEROP ne traitent pas le problème de l'interopérabilité seulement d'un point de vue technique. L'aspect organisationnel est aussi vu comme un aspect

clé dans l'ensemble des variables du problème. Néanmoins, dans les structures analysées et, en général, dans la littérature étudiée, c'est le côté technique qui prédomine.

Il est donc nécessaire de déterminer au préalable la portée de cette recherche. D'abord, il faut souligner que c'est l'aspect organisationnel qui est notre priorité. Cette décision s'explique par le fait que cette étude privilégie une approche d'un point de vue d'affaires. De même, la décomposition de l'organisation se centrera sur les niveaux d'affaires, de processus et de services. Le niveau de données ne fera donc pas parti de la portée de cette étude.

Conséquemment, en étudiant les structures d'interopérabilité d'entreprise, ATHENA représente la structure qui répond le mieux aux objectifs. Pour expliquer ce choix, on peut revenir à l'ontologie présentée dans la sous-section 1.2.3.5. À la figure 2.1, cette ontologie est reprise afin de présenter la portée de ce projet en fonction de la structure ATHENA.

Figure 2-1 : La portée du projet de recherche circonscrit à la structure ATHENA



Bien que la structure ATHENA ait été choisie, ceci ne signifie pas que la structure INTEROP ne comble pas les attentes ou qu'elle ne puisse pas résoudre le problème de façon satisfaisante. Tel que mentionné dans la revue de la littérature, les deux structures partent du même point et arrivent également à une solution. Toutefois, elles prennent des chemins différents pour y arriver. Dans le cas d'étude de ce projet, on a privilégié l'approche « *model-driven* » sur l'approche « *barrier-driven* » en tenant compte du fait que le projet maître est orienté vers une modélisation des processus les plus significatifs du RTL. Cette situation favorise l'étude de l'interopérabilité à partir de cette modélisation.

2.3 Outils à utiliser

Une fois la structure d'interopérabilité ATHENA privilégiée, de même que les conditions de son utilisation, il est nécessaire de réviser la méthodologie proposée à l'intérieur de cette structure. En reprenant la sous-section 1.4.3.4, on note une méthodologie comportant huit étapes. Les deux premières étapes font partie de la portée de cette étude.

La première étape correspond à l'application du modèle de maturité d'interopérabilité (EIMM) pour évaluer l'interopérabilité interne. La deuxième étape correspond à l'application de la structure d'interopérabilité d'affaires (BIF) pour analyser l'interopérabilité externe. Ces deux étapes requièrent de faire une étude à partir de la façon dont l'organisation mène ses activités. Pour ce faire, une source inestimable d'information est disponible. Il s'agit d'un premier projet encadré dans le projet de recherche maître « Planification réactive de la logistique des interventions d'urgence ». Le projet réalisé par Le Guen intitulé « Réingénierie des processus décisionnels en situation d'urgence d'une société de transport collectif » [76], modélise les processus les plus au RTL. Ce projet donne une connaissance approfondie des procédures, des rôles et des systèmes informationnels impliqués.

De plus, on dispose d'une base documentaire fournie directement par le RTL. Notamment, le plan stratégique 2003-2013 [2], le rapport annuel [77], le budget annuel [78] et le bilan des plans d'action [79], permettent de voir la nature des opérations du RTL.

Les méthodologies BIF et EIMM requièrent une série de matrices contenant des listes de variables à évaluer afin d'établir un profil de l'entreprise par rapport à l'état d'interopérabilité.

Pour récolter cette information, des questionnaires ont été conçus et des entrevues avec les gestionnaires du RTL ont été réalisées.

2.4 Participation du Réseau de transport de Longueuil

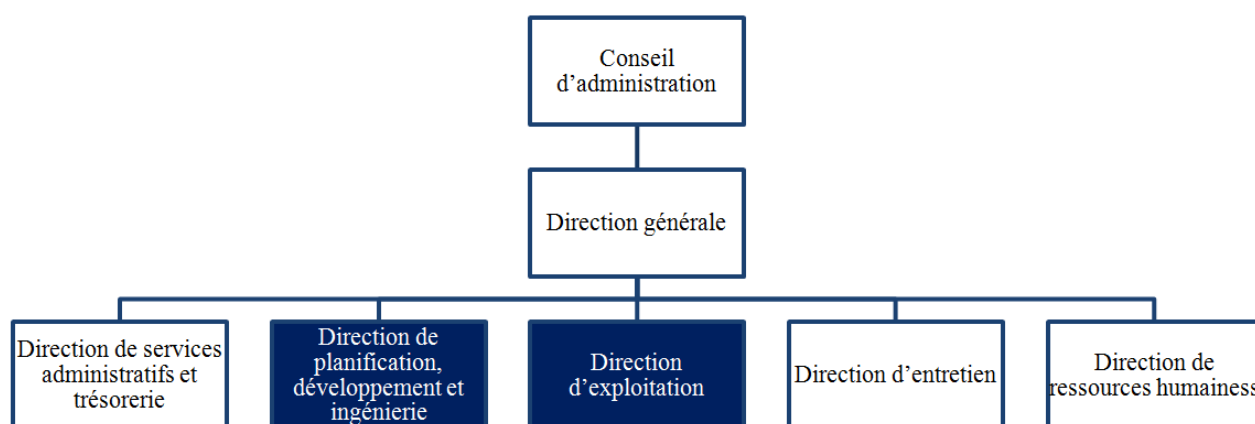
La participation du Réseau de transport de Longueuil s'avère fondamentale pour la réalisation du projet. L'information que les gestionnaires ont fournie tout au long du projet sert à valider les concepts étudiés et à visualiser la pertinence des découvertes produites.

2.4.1 Départements impliqués

Tel qu'indiqué précédemment, des entrevues ont été conduites avec certains membres de la direction du RTL. De même, les intervenants du RTL ont collaboré en répondant à des questionnaires pour identifier l'état d'interopérabilité de la compagnie.

Une vue d'ensemble de cet organisme de transport en commun permet une meilleure compréhension des départements impliqués dans ce projet. Ainsi, dans la figure 2-2, un organigramme du RTL [80] est présenté où les cases associées aux départements impliqués sont obscurcies.

Figure 2-2 : Organigramme du RTL



La Direction de planification, développement et ingénierie et la Direction d'exploitation sont les cibles de cette recherche. Plus spécifiquement, à l'intérieur de chaque direction, les services impliqués dans cette étude sont :

- Service de la planification;
- Service de l'exploitation – gestion tactique du réseau et des terminus.

Ces deux directions ont été choisies en raison de leur importance stratégique lors du déroulement des activités relatives à la logistique des urgences.

D'une part, la Direction de planification, développement et ingénierie gère, entre autres, la planification des horaires et des trajets d'autobus, assurant ainsi la fiabilité du service. Bien que les urgences ou perturbations ne puissent pas être planifiées, les processus de planification devraient idéalement être capables de réagir rapidement aux changements survenus sur le terrain afin de minimiser l'impact négatif sur la clientèle.

D'autre part, la Direction d'exploitation a la mission de mener toutes les activités du transport, ce qui fait de cette direction le « cœur » de l'organisation. Évidemment, cette direction a aussi la responsabilité directe d'assurer que les urgences ou perturbations survenues sur le réseau soient traitées de manière opportune et efficace. Le succès de cette mission est évalué par le degré de satisfaction des clients-usagers du réseau.

Finalement, la chef de la Direction de systèmes d'information a aussi participé à la réalisation de ce projet. Elle a précisé le rôle des systèmes d'information dans le déroulement quotidien des activités de la compagnie.

2.4.2 Processus modélisés

La liste complète des processus modélisés par Le Guen [76], se trouve dans les tableaux 2-1 et 2-2. Le premier tableau contient les processus modélisés à la Direction de planification, développement et ingénierie et le deuxième présente tableau les processus de la Direction d'exploitation.

Tableau 2-1 : Processus modélisés à la Direction de planification, développement et ingénierie

Code	Nom du processus
1	Mise à jour de la planification
1.3	Traitement des plaintes
1.2	Traitement des recommandations
1.4	Choix des améliorations
1.4.1	Modifier une ligne
1.5	Confection des horaires
1.6	Confection des assignations
1.7	Mise à jour de la géomatique
1.8	Mise à jour de tous les systèmes

Les processus modélisés à la Direction de planification, développement et ingénierie montrent les différentes étapes de la planification des activités de transport réalisées par le Réseau de transport de Longueuil.

Tous les trois mois, une nouvelle planification est mise en œuvre et les processus 1.2 et 1.3 présentent la façon dont deux des principales sources sont traitées : les plaintes et les recommandations de la clientèle. La manière de choisir les solutions à implémenter est décrite dans le processus 1.4. Dans le cas où la solution indique qu'il faut modifier les tracés d'une route, c'est le processus 1.4.1 qui montre en détail la procédure à suivre.

Quant au travail quotidien du personnel, la Direction de planification, développement et ingénierie est responsable de confectionner les horaires et les assignations de chauffeurs selon une fréquence hebdomadaire. Ces activités sont modélisées dans les processus 1.5 et 1.6.

Enfin, les systèmes informationnels doivent être mis à jour quand la planification est modifiée. Les systèmes d'information reliés à la géomatique sont les plus complexes à actualiser. C'est le processus 1.7 qui modélise ces activités. De même, les autres systèmes sont mis à jour et cette situation est présentée dans le processus 1.8.

Quant aux processus modélisés à la Direction d'exploitation, ils montrent les différentes étapes de réponse aux urgences dépendamment du type de situation.

Tableau 2-2 : Processus modélisés à la Direction d’exploitation

Code	Nom du processus
1	Gestion d'une crise sur le réseau
1.2	Situation de crise critique
1.1.1	Élaboration d'un plan d'opération
1.1.2	Élaboration d'un plan d'urgence
1.1.3	Élaboration d'un plan de déploiement
1.1.4	Déploiement d'un plan
1.1.5	Élaboration d'un plan de rétablissement de réseau
1.3	Situation de crise difficile
1.4	Situation de crise facile
2	Crise critique du 10 juin 2008
3	Crise facile 23 février 2010

La modélisation de ces processus présente les différents types de crise qui peuvent survenir pendant les opérations du réseau de transport en commun. Des situations de crise dites critiques sont modélisées dans le processus 1.2, des situations de crise difficiles sont présentées dans le processus 1.3 et des situations de crise faciles sont montrées dans le processus 1.4.

Afin de faire face aux crises, plusieurs plans sont développés. D'abord, un plan d’opération est élaboré pour répondre aux situations critiques et difficiles. Ce plan est montré en détail dans le processus 1.1.1. Par la suite, le processus 1.1.2 présente les étapes nécessaires pour l’élaboration d’un plan d’urgence. Ce plan n’est utilisé que pour les situations de crise critiques. Les plans de déploiement et les plans de rétablissement de réseau sont modélisés dans les processus 1.1.3 et 1.1.4, respectivement. Ces deux plans sont utilisés dans les situations de crise critiques et difficiles.

Enfin, deux situations réelles ont été modélisées afin d’illustrer la manière dont ces processus sont mis en œuvre. La première situation correspond à une crise critique survenue le 10 juin 2008 dans laquelle le pont Champlain fut fermé en raison du renversement d’un camion. Le processus 2 montre cette situation. La deuxième situation est une crise facile modélisée dans le processus 3. Cette fois-ci, l’origine de la crise fut la maladie d’une jeune fille à l’intérieur d’un autobus du RTL.[67]

2.4.3 Systèmes d'information utilisés

En ce qui concerne les systèmes informationnels utilisés par le RTL, une variété de logiciels couvre les besoins des intervenants. Les systèmes les plus importants sont présentés dans le tableau 2-3 :

Tableau 2-3 : Systèmes d'information principaux du RTL

Nom du système	Fonction	Fournisseur
MADITUC	Planification du service	École Polytechnique
MADPREP	Service à la clientèle (calculateur d'itinéraires)	École Polytechnique
STAD	Base de données de données GPS et de données du comptage de passagers	RTL
BUSSTOP	Comptage de passagers	INFODEV
GEO TC	Géomatique pour le transport en commun	DMR
GEO TA	Géomatique pour le transport adapté	DMR
HASTUS SAR	Optimisateur d'horaires et d'assignation pour le transport en commun	GIRO
ACCES	Optimisateur d'horaires et d'assignation pour le transport adapté	GIRO
MAESTRO	Management (R.H., Paie, Budget, comptes à payer)	GFI - VIRTOU
SAGE – SIGA	Entretien et Inventaires	RTL

Ce tableau présente les systèmes d'information qui supportent les opérations quotidiennes du RTL. Le système HASTUS SAR permet de créer les calendriers et les horaires d'autobus, de même que l'assignation des chauffeurs, tout cela en respectant les contraintes imposées par la convention collective de travail.

Le système GéoTC gère toute l'information géomatique nécessaire pour le travail de la compagnie. Dans GéoTC, on trouve de l'information géographique sur des rues actuelles et prévues, des réseaux de transport, des tracés d'autobus, des arrêts, du mobilier urbain (abribus, bancs, poubelles, etc.), des points de contrôle, des balises, des points de vente, et d'autres informations de ce type.

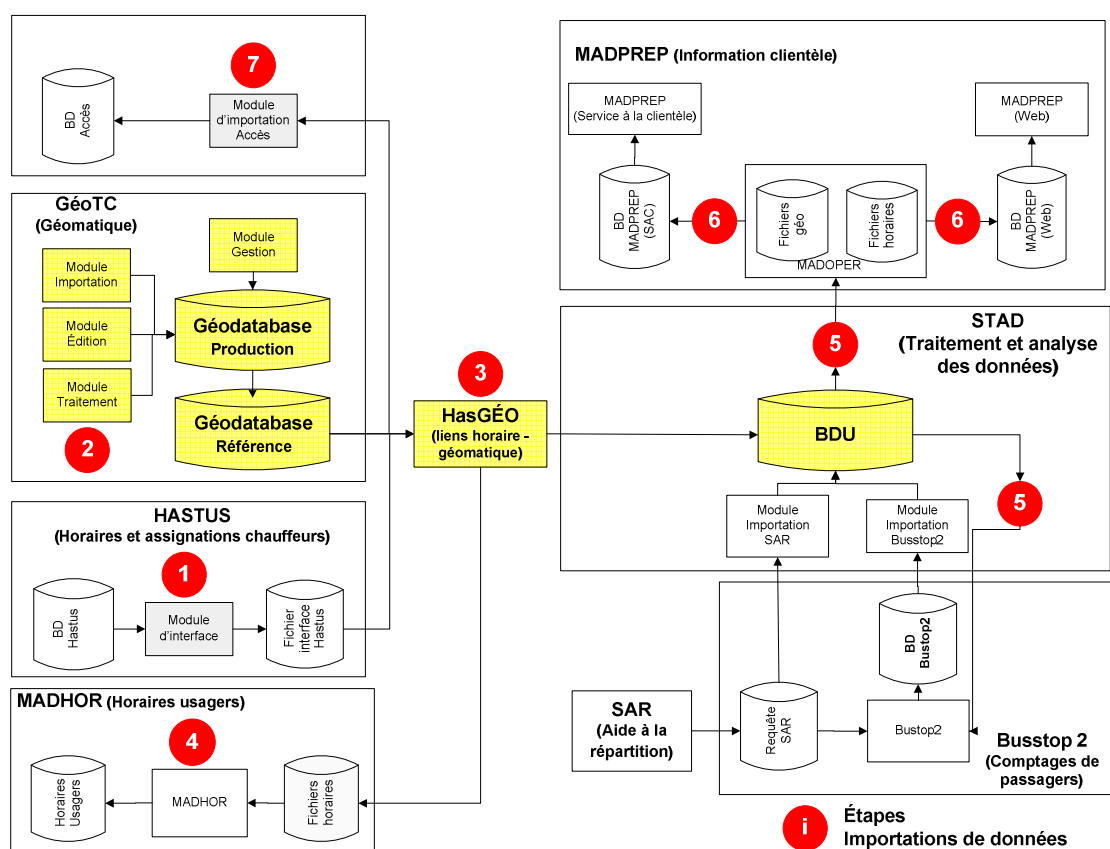
Les systèmes HASTUS SAR et GéoTC sont développés afin de gérer le transport en commun. Il existe également dans l'architecture de systèmes du RTL des systèmes équivalents pour le transport adapté, à savoir, ACCÈS et GéoTA.

Récemment, un projet de mise à jour du système géomatique s'est terminé et le logiciel choisi pour la gestion des données géomatiques est ARCGIS. Ce logiciel est aussi utilisé aussi par plusieurs partenaires du RTL, notamment la Ville de Longueuil, l'AMT, la STM, la STL et le Ministère de transports du Québec, ce qui facilite l'échange et l'intégration des données avec ces organismes [81].

Ce projet de mise à jour de la géomatique permettra aussi l'amélioration et l'assouplissement des échanges d'information entre les différents systèmes. Des interfaces entre les systèmes sont plus efficaces. Ce projet permettra aussi de résoudre plusieurs problèmes : la désuétude du système, la duplication de données, la complexité du processus de mise à jour, l'accès limité aux données et l'incompatibilité avec les partenaires [81].

Une vue d'ensemble du nouveau système géomatique est présentée à la Figure 2-3.

Figure 2-3 : Liens entre les systèmes géomatiques du RTL [81]



Trois systèmes de prise de données sont utilisés au RTL : les GPS, le système de comptage de passagers et les cartes à puce. L'information récupérée à partir des dispositifs GPS et du système de comptage de passagers (BusStop), installés dans une partie de la flotte d'autobus, est stockée dans le système STAD pour fin d'analyse.

L'information extraite à partir des cartes à puce est stockée dans des « fichiers filtrés » qui sont récupérés à partir des serveurs de la STM, Société responsable du traitement de ces données. Par conséquent, il n'existe pas un système relié aux cartes à puces dans l'architecture du RTL.

Du côté administratif, le RTL possède le système d'information MAESTRO depuis plus de 20 ans. MAESTRO gère les tâches relatives aux ressources humaines, à la paie, au budget, aux comptes à payer et au grand livre. La gestion d'achats et d'inventaires se fait avec les systèmes SAGE – SIGA. Actuellement le RTL mène un projet de renouvellement de ces systèmes.

Il existe également toute une série de systèmes auxiliaires associés aux systèmes présentés jusqu'à maintenant, la plupart étant développés à l'interne par le RTL afin de répondre à des besoins particulières. Le tableau 2-4 présente une liste de ces systèmes.

Tableau 2-4 : Systèmes d'information auxiliaires du RTL

Nom du système	Fonction	Fournisseur
RAO	Système de radio communications	RTL
CLIC	Entretien de véhicules	RTL
GF	Gestion de fluides	COENCORP
KRONOS	Temps de travail des employés	KRONOS
SYGEC	Système de gestion de plaintes des clients	RTL
SAPOT	Lien entre STAD et ACCÉS	
DEE	Dossier électronique des employés	RTL
SIGMA	Dossier de santé des employés	DESJARDINS
PB	Préparation budgétaire	RTL
GLS	Gestion des libérations syndicales	RTL
MDOE	Mouvement de main d'œuvre et dotation entretien	RTL
AGENCES	Vente de titres de transport dans des agences sous-traitantes	RTL
IMPROMTU/REPORTNET	Business intelligence reports	RTL
PHOTOPUCE	Photographies pour les cartes à puce	RTL

L'architecture complète des systèmes d'information du RTL est présentée à la figure 2-4. Il est important de noter que cette architecture, réalisée en 2007, puisse ne pas refléter quelques changements produits récemment, entre autres, la mise à jour du système géomatique mentionnée précédemment.

Figure 2-4 : Architecture des applications informatisées du RTL

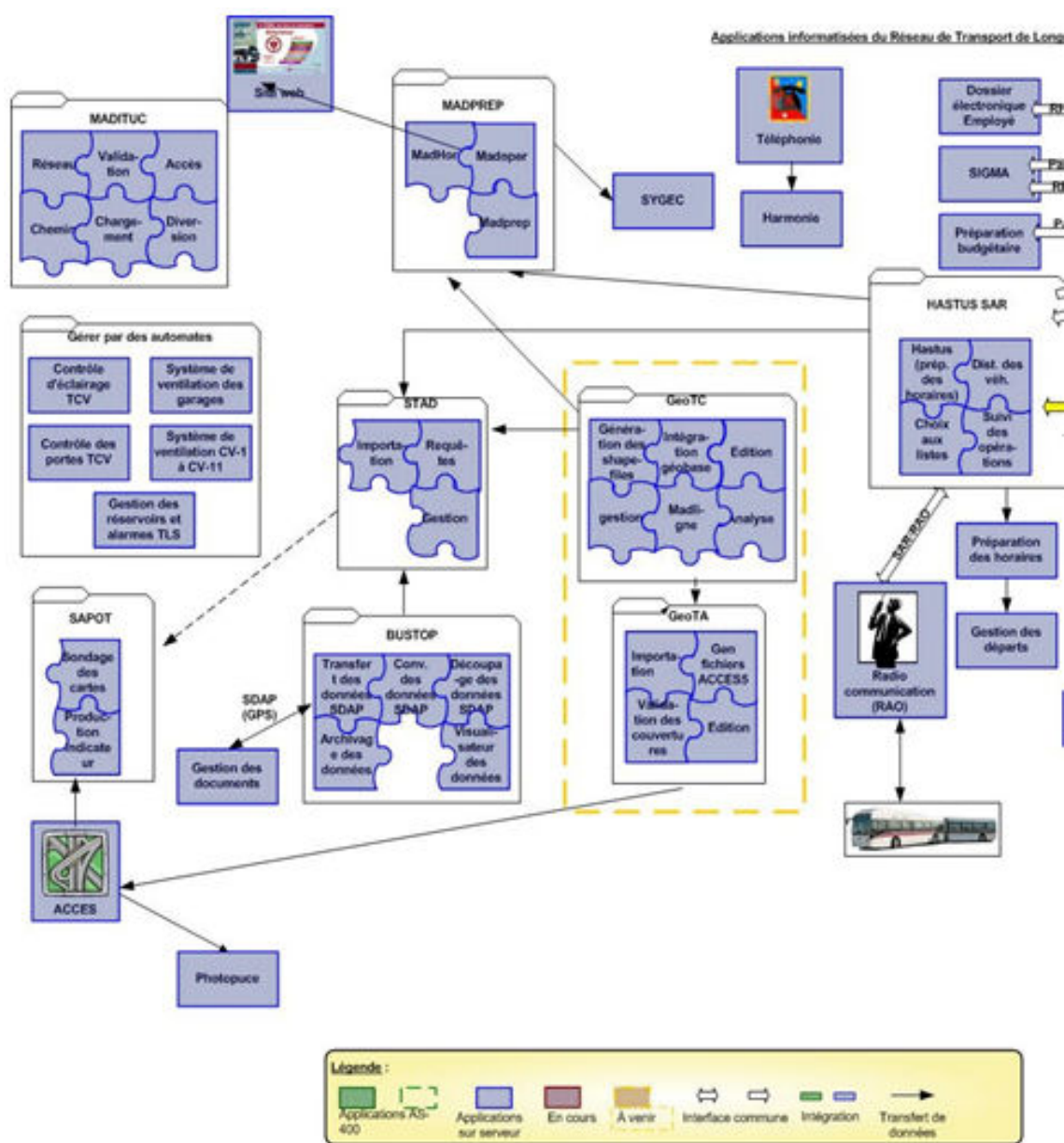
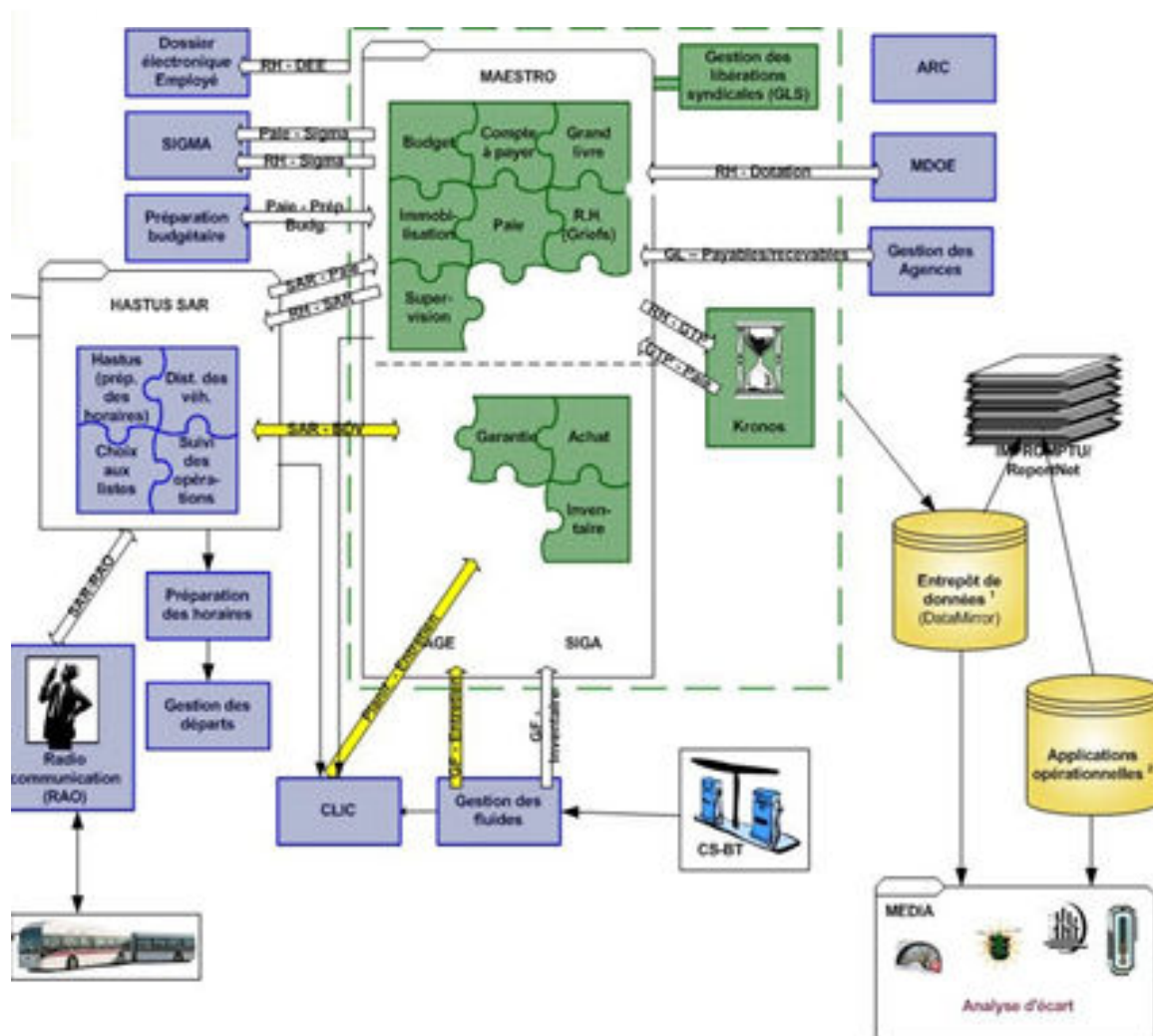


Figure 2-4 : Architecture des applications informatisées du RTL (cont.)



2.4.4 Partenaires externes

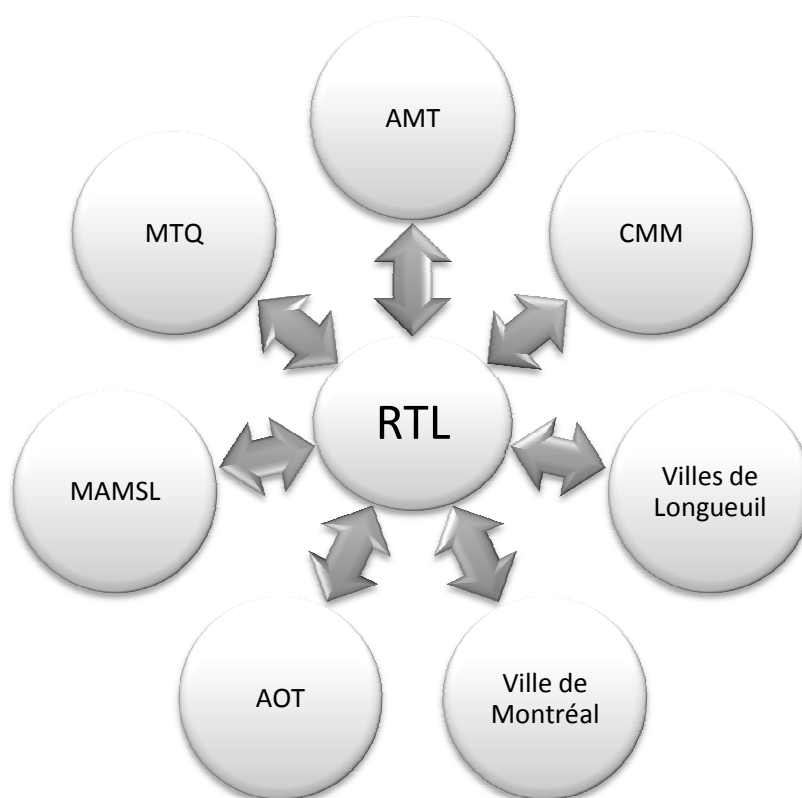
Le Réseau de transport de Longueuil est un organisme de transport en commun qui opère une flotte de véhicules pour desservir la population de l'agglomération de Longueuil. Toutefois, le travail du RTL ne peut pas être mené de manière isolée. Il existe donc toute une série d'organismes qui participent directement ou indirectement aux activités du RTL.

En effet, le plan stratégique 2003 – 2013 de cette société [2] identifie les acteurs qui interviennent dans le travail quotidien de l'entreprise. La figure 2-5 présente les principaux partenaires du RTL.

Trois niveaux d'organismes sont identifiés selon leur portée géographique :

- Au niveau municipal : les villes de l'agglomération de Longueuil (Longueuil, Brossard, Boucherville, Saint-Bruno de Montarville et Saint-Hubert) et la ville de Montréal;
- Au niveau régional : l'Agence métropolitaine de transport - AMT, la Communauté métropolitaine de Montréal - CMM, et d'autres autorités organisatrices de transport – AOT (par exemple, la Société de transport de Montréal – STM et la Société de transport de Laval – STL, entre autres);
- Au niveau gouvernemental : le Ministère des transports du Québec – MTQ et le Ministère des affaires municipales, du sport et des loisirs – MAMSL.

Figure 2-5 : Partenaires du RTL



2.4.5 Types d'urgences

Le Guen [76] identifie deux grands types d'urgences pouvant survenir dans un réseau de transport en commun. D'une part, les attaques terroristes ou les catastrophes naturelles. Ce type de situations ne touche pas seulement la société de transport mais aussi plusieurs autres organismes de l'ordre municipal ou gouvernemental.

D'autre part, il existe des perturbations qui ne touchent que l'organisme de transport en commun. Ces perturbations peuvent être d'origine interne à la compagnie ou due aux facteurs environnementaux [82, 83] :

Pour les facteurs internes à la compagnie, on peut mentionner les suivants :

- Problèmes d'organisation ou de gestion de la société
- Mauvaise planification des horaires
- Panne et bris d'équipement
- Retard ou absence du personnel

Pour les facteurs externes liés à l'environnement urbain, les plus communs sont :

- Travaux routiers
- Mauvais états des routes
- Retards engendrés par la signalisation verticale ou un changement de signalisation non prévue
- Trafic (congestion, accidents)
- Demande inhabituelle

Le Guen [76] caractérise le deuxième type d'urgence (ou perturbations) survenant dans le Réseau de transport de Longueuil, et qui fait l'objet d'étude de ce projet et du projet maître. Dépendamment de la durée de la perturbation, la responsabilité revient soit à la Direction d'exploitation, soit à la Direction de planification, développement et ingénierie.

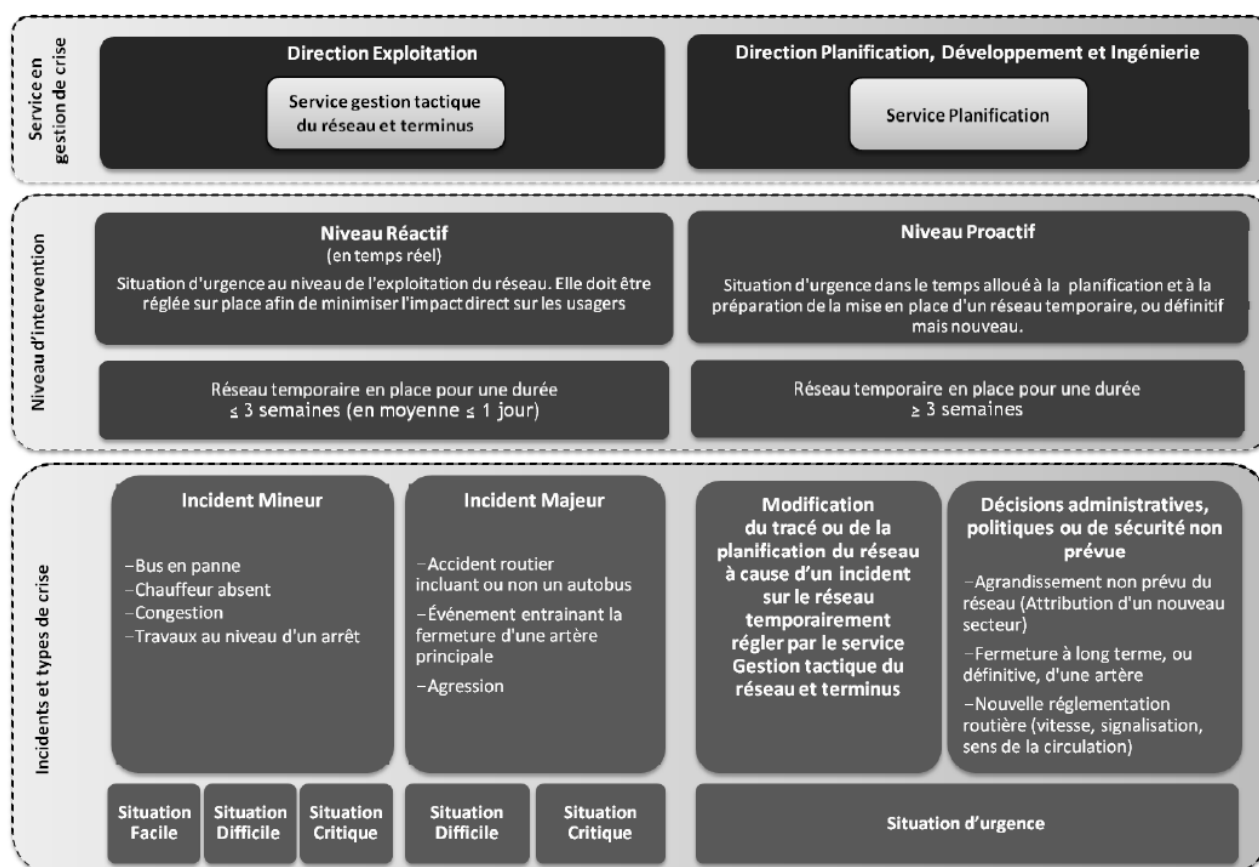
Pour les perturbations qui durent jusqu'à trois semaines, c'est le service de gestion tactique du réseau et terminus de la Direction d'exploitation qui gère la situation. Deux types d'incidents

peuvent survenir : les incidents mineurs ou les incidents majeurs. Dans le premier type d'incidents, on retrouve les pannes d'autobus, les absences des chauffeurs, et les petites congestions. Les incidents majeurs comprennent, entre autres, les accidents routiers (incluent ou non un autobus), les fermetures non prévues d'artères ou les agressions au personnel du RTL ou aux passagers.

Par contre, si la perturbation est de plus longue durée, le service de planification de la Direction de planification, développement et ingénierie doit intervenir pour régler la situation. Les types d'événements compris dans cette catégorie peuvent inclure des fermetures à long terme d'artères ou l'agrandissement non prévu du réseau.

La figure 2-6 schématise la catégorisation faite par Le Guen.

Figure 2-6 : Classification des urgences au RTL [76]



2.5 Conclusion

Pour la réalisation de ce projet, nous allons utiliser une structure d'interopérabilité d'entreprise. Par l'intermédiaire de ce type de structure, l'analyse peut s'orienter d'une manière systémique et avec des guides mieux encadrés. Le choix d'une telle structure constitue donc le premier pas de la démarche méthodologique.

Parmi les deux structures d'interopérabilité étudiées, nous avons choisi la structure ATHENA parce que l'approche avec laquelle elle a été conçue, c'est-à-dire « *model-driven* », est mieux adaptée aux démarches déjà entamées dans le projet maître.

La structure ATHENA est développée en huit étapes. Toutefois, dans le cadre de cette recherche, seules les deux premières étapes seront étudiées. La première étape est l'analyse de l'interopérabilité interne de la compagnie, qui utilise le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise (EIMM). La deuxième étape évalue l'interopérabilité externe à l'aide de l'application de la structure d'interopérabilité d'affaires (BIF). Les outils et méthodes utilisés dans ces deux étapes sont développés en détail dans chacun des chapitres suivants.

Finalement, le rôle de l'organisme étudié dans ce projet a été présenté. Les processus ciblés, les départements impliqués, les systèmes d'information et les types de situations d'urgence ont été caractérisés. Les Départements de planification, développement et ingénierie, et d'exploitation sont les départements ciblés pour le projet. Le premier département assure la minimisation de l'impact des urgences lors de la planification des activités régulières. L'exploitation doit répondre sur le terrain en temps réel à ces situations d'urgence.

La modélisation de processus fut réalisée dans ces deux départements. Dans le Département de planification, développement et ingénierie, les processus montrent les étapes de planification des activités du transport en commun, telles que l'élaboration d'horaires et d'assignations. Dans le cas du Département d'exploitation, les processus décrivent les manières de répondre aux situations d'urgence et les différents plans qui sont mis en action pour ce faire.

Les systèmes d'information qui supportent le travail quotidien du RTL sont aussi pris en compte. Parmi ceux-ci, les systèmes de création d'horaires et d'assignation, HASTUS SAR, et de la géomatique, GéoTC, constituent le cœur des activités. Le logiciel ARCGIS est aussi utilisé, étant

donné qu'il permet de surmonter des problèmes de compatibilité avec des partenaires ayant adopté ce logiciel pour gérer leurs données géographiques.

Dans cette sous-section on identifié les systèmes de prise de données utilisés par le Réseau de Transport de Longueuil : les systèmes GPS et le système de comptage de passagers embarqué dans la flotte. Les informations recueillies à partir de ces deux systèmes sont gérées dans la base de données STAD. Un troisième système de prise de données est celui de cartes à puce. Cependant, c'est la STM qui fait la gestion.

Le rôle du RTL comprend également la définition des urgences rencontrées. Dans la Direction d'exploitation, les urgences sont des situations qui durent moins de trois semaines et qui, dépendamment de leur nature, peuvent être classifiées comme des incidents mineurs (autobus en panne ou travaux routiers) ou des incidents majeurs (fermetures non prévues de rues ou agressions au personnel ou aux passagers). En ce qui concerne la Direction de planification, développement et ingénierie, les urgences durent plus de trois semaines et elles incluent l'agrandissement non prévu du service ou la fermeture au long terme des artères.

Étant donné la quantité d'information à recueillir auprès du Réseau de transport de Longueuil, la participation de cette société s'avère inestimable et vitale pour la bonne exécution de ce projet.

Le chapitre 3 entamera donc l'analyse de l'interopérabilité chez le RTL. Dans ce chapitre, la méthodologie développée par ATHENA, appelée modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise (EIMM), sera utilisée pour évaluer le niveau d'interopérabilité interne de cet organisme.

CHAPITRE 3 ANALYSE DE L'INTEROPÉRABILITÉ INTERNE

3.1 Introduction

Ce chapitre présente un développement des concepts vus dans la sous-section 1.4.3.4 de la revue de la littérature. Le chapitre présente ainsi les objectifs du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise dans la section 3.2, de même que les composantes du modèle dans la section 3.3. L'application, au RTL, des questionnaires reliés à la structure est présentée dans la section 3.4. Enfin, l'analyse des résultats et le niveau de maturité d'interopérabilité du RTL sont étudiés dans la section 3.5.

3.2 Objectifs du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise

Le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise – EIMM a deux objectifs principaux. Le premier objectif est l'identification des capacités de l'organisation afin d'être interopérable à l'interne. Le deuxième objectif est la détermination du type de modélisation que l'entreprise devrait adopter.

Cette étude est centrée sur le développement du premier objectif. Le deuxième objectif, touchant plus le côté technique de l'interopérabilité, ne fait pas l'objet de cette étude.

Le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise permet d'analyser les habilités internes de la compagnie afin de connaître si celle-ci possède les conditions nécessaires d'une interopérabilité réussie.

3.3 Composantes du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise

Le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise a trois composantes principales : les domaines d'inquiétude, les niveaux de maturité et les unités de l'organisation touchées par l'étude.

Le modèle EIMM identifie d'abord six domaines d'inquiétude où le niveau de maturité d'interopérabilité doit être mesuré. Dans le tableau 3-1, les six domaines sont expliqués [67].

Tableau 3-1 : Domaines d'inquiétude du EIMM

Domaine d'inquiétude	Description
Stratégie d'affaires et processus	Amélioration des processus collaboratifs des départements à l'intérieur de l'organisation.
Organisation et compétences	Identification des critères d'interopérabilité pour la définition de la structure organisationnelle et des compétences requises du personnel.
Produits et services	Identification de nouveaux produits et services électroniques.
Systèmes et technologie	Recherche et évolution des systèmes d'entreprise afin d'implanter de nouvelles technologies interopérables.
Environnement légal, sécurité et confiance	Identification des besoins légaux, de sécurité et de confiance reliés à la collaboration interne.
Modélisation d'entreprise	Construction, application et amélioration des modèles d'entreprise.

Il faut noter que le domaine d'inquiétude « produits et services » n'est pas pris en compte lors des analyses étant donné que le RTL n'a pas de produits ou services électroniques.

Par la suite, la revue des niveaux de maturité d'interopérabilité d'entreprise est réalisée. Cinq niveaux de maturité sont établis (du moins interopérable au plus interopérable) : effectué, modelé, intégré, interopérable et optimisé. Le tableau 3-2 présente les différents niveaux et leurs descriptions [68].

Tableau 3-2 : Niveaux de maturité d'interopérabilité

Niveau	Niveau de maturité	Description
1	Effectué	La collaboration est effectuée d'une manière chaotique et non planifiée.
2	Modelé	La collaboration est réalisée d'une manière similaire à chaque fois et la technique pour ce faire s'avère applicable.
3	Intégré	La façon de collaborer est documentée formellement, communiquée et s'utilise régulièrement.
4	Interopérable	L'organisation est capable de bien gérer des processus interopérables et de s'adapter aux changements.
5	Optimisé	L'organisation est capable de réagir et de s'adapter aux changements de l'industrie d'une manière agile et flexible.

Le niveau de maturité est ainsi déterminé pour chaque domaine d'inquiétude en faisant la révision d'un ensemble d'indicateurs spécifiques.

Finalement, la troisième composante du modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise correspond aux unités ou départements de l'organisation qui sont touchés par l'analyse. Dans ce mémoire, l'étude est réalisée à la Direction de planification, développement et ingénierie puis à la Direction d'exploitation.

3.4 Étude des domaines d'inquiétudes au RTL

Chacun des domaines d'inquiétude ont été analysés auprès des deux directions du RTL impliquées dans la réalisation de ce projet. Des entrevues personnelles menées, de même que de

l'information recueillie tout au long du projet servent à établir le niveau de maturité d'interopérabilité de cette compagnie.

3.4.1 Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus

D'abord, il faut noter qu'il n'existe pas une définition formelle des processus de collaboration entre les différents départements du RTL.

Néanmoins, il existe des espaces à l'intérieur de la société où la formalisation de la collaboration est présente. Ceci est le cas, par exemple, du comité horaires-assignation, où les horaires d'autobus et l'assignation de chauffeurs produits par la Direction de planification, développement et ingénierie sont exécutés par la Direction d'exploitation.

De même, le plan stratégique du RTL et les plans d'action encadrent partiellement et indirectement les relations entre les différents départements.

3.4.2 Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences

La structure organisationnelle et les compétences des employés du Réseau de transport de Longueuil ne répondent pas à une définition formelle des processus collaboratifs menés par cette société. D'abord, il faut prendre en considération qu'il n'existe pas une définition formelle et documentée des processus de collaboration, ni à l'externe avec les partenaires, ni à l'interne entre les départements.

D'ailleurs, il existe une limitation aux changements qui pourraient survenir à un moment donné. Il s'agit de la convention collective de travail, convention qui regroupe les employés syndicalisés et qui délimite l'espace de manœuvre de la compagnie.

3.4.3 Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie

Les directions impliquées dans cette recherche utilisent de façon intensive les données extraites des différentes bases de données de la compagnie. Ces données proviennent notamment de

l'information recueillie par les systèmes embarqués dans la flotte d'autobus et servent à produire des indicateurs de gestion relatifs à l'exploitation du réseau de transport.

Ces indicateurs sont basés sur quatre axes principaux, à savoir :

- Le temps de parcours,
- La ponctualité,
- L'achalandage,
- L'offre du service mesurée en heures et en kilomètres.

À partir de ces quatre axes, il est possible de produire un grand nombre d'indicateurs afin d'évaluer la performance de la flotte.

Une autre source importante de données pour le travail est constituée par des informations provenant du système de service à la clientèle. Ces données sont à la base des processus de création et de modification des tracés.

3.4.4 Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance

Le Réseau de transport de Longueuil applique des pratiques de sécurité et de confiance pour l'utilisation de ses systèmes informationnels. Des politiques d'accès et de manipulation de ces systèmes sont mises en œuvre.

L'information reliée aux données de cartes à puces est filtrée par la STM avant d'arriver au RTL, respectant ainsi les besoins légaux de protection de l'information privée des clients usagers.

3.4.5 Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise

La modélisation d'entreprise au RTL ne suit aucune méthodologie formellement adoptée. Elle est faite pour répondre aux besoins spécifiques d'information, mais il n'existe pas une nécessité évidente de ce type de modèles de la part des utilisateurs.

3.5 Analyse de résultats

En considérant les réponses données par les gestionnaires du RTL et les informations recueillies tout au long de ce projet et du projet de Le Guen [76], il est possible d'évaluer l'état de l'interopérabilité interne de cet organisme de transport en commun. En effet, en utilisant le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise, cinq domaines d'inquiétude ont été analysés. Cette analyse correspond à un couplage des informations obtenues avec un des énoncés des cinq niveaux de maturité d'interopérabilité considérés par les matrices du modèle EIMM, à savoir : effectué, modelé, intégré, interopérable et optimisé.

3.5.1 Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus

Le but de ce domaine d'inquiétude est d'établir l'existence de stratégies et de processus collaboratifs entre les départements de l'organisation.

D'après les informations recueillies, il n'existe pas une définition formelle des processus de collaboration à l'interne. Cependant, il y a quelques procédures qui définissent les relations entre les départements.

Le niveau de maturité d'interopérabilité se situe donc dans la catégorie *effectué*.

Tableau 3-3 : Domaine d'inquiétude : Stratégie d'affaires et processus

Catégorie : Description	Indicateur	Niveau de maturité d'interopérabilité				
		5 (optimisé)	4 (interopérable)	3 (intégré)	2 (modelé)	1 (effectué)
Stratégie d'affaires et processus : Amélioration des processus collaboratifs entre les départements de l'organisation et des entités externes.	Pratiques	Alignement et modifications continus de la stratégie d'affaires et des processus collaboratifs guidés par la performance.	Définition d'indicateurs de performance quantitative associée aux processus collaboratifs.	Définition formelle de la stratégie d'interopérabilité de l'organisation.	Définition de la stratégie de collaboration par chaque département.	Définition de processus collaboratifs par quelques départements de l'organisation.
	Produits	Analyse de performance.	Spécification d'indicateurs de performance.	Spécifications formelles de données, rôles, responsabilités, etc. des processus collaboratifs.	Définition de la stratégie pour une portée limitée de l'entreprise.	Définitions des rôles, responsabilités pour un ou quelques départements.

3.5.2 Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences

Ce domaine d'inquiétude a comme objectif de déterminer si l'organisation dispose de critères d'interopérabilité pour la définition de sa structure organisationnelle et des compétences requises de son personnel.

À cet effet, il a été déterminé que la structure organisationnelle du RTL ne réponde pas directement aux besoins en interopérabilité. Cependant, il existe une détermination informelle de quelques responsabilités pour les gestionnaires qui s'occupent de tâches liées aux processus collaboratifs dans cette entreprise.

Ainsi, le niveau de maturité d'interopérabilité pour ce domaine d'inquiétude est jugé comme *effectué*.

Tableau 3-4 : Domaine d'inquiétude : Organisation et compétences

Catégorie : Description	Indicateur	Niveau de maturité d'interopérabilité				
		5 (optimisé)	4 (interopérable)	3 (intégré)	2 (modélé)	1 (effectué)
Organisation et compétences : Identification des critères d'interopérabilité pour la définition de la structure organisationnelle et des compétences requises du personnel.	Pratiques	Restructuration dynamique de la structure de l'organisation selon les indicateurs de performance.	Définition d'indicateurs de performance quantitatifs associés à la structure organisationnelle et capacités des employés.	Spécification formelle de la structure organisationnelle en utilisant une méthodologie de modélisation. Évaluation des capacités des employés par rapport aux problèmes d'interopérabilité.	Définition claire d'autorité de chaque rôle afin de faciliter l'interopérabilité entre eux.	Définition informelle des responsabilités qui concernent la définition, la maintenance et l'exécution des processus collaboratifs.
	Produits	Analyse d'indicateurs de performance.	Définition et monitoring des incitateurs de performance.	Structure formelle de l'organisation. Plan d'entraînement d'employés	Définition des profils de responsabilité.	Diagrammes des structures organisationnelles, limités à l'échelle d'un département.

3.5.3 Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie

Ce domaine d'inquiétude se penche sur la manière dont les systèmes informationnels et les autres technologies sont utilisés pour améliorer le niveau d'interopérabilité dans l'organisation.

À cet effet, il a été déterminé que des TIC sont utilisées d'une manière intensive entre les départements. L'identification des besoins en interopérabilité découle de problèmes qui se sont présentés par rapport à l'échange des données entre les divers systèmes informationnels et des mesures ont été adoptées.

Ainsi, le niveau de maturité d'interopérabilité est déterminé comme *modelé*.

Tableau 3-5 : Domaine d'inquiétude : Systèmes et technologie

Catégorie : Description	Indicateur	Niveau de maturité d'interopérabilité				
		5 (optimisé)	4 (interopérable)	3 (intégré)	2 (modelé)	1 (effectué)
Systèmes et technologie : Recherche et évolution des systèmes d'entreprise afin d'appliquer des technologies innovatrices qui améliorèrent l'interopérabilité	Pratiques	Intégration de technologies d'interopérabilité innovatrices et amélioration de technologies existantes basées sur les analyses de performance.	Définition d'indicateurs de performance quantitative associée aux services et fonctions des systèmes de TIC	Spécification formelle de l'infrastructure des systèmes de TIC en utilisant une méthodologie de modélisation.	Identification et spécification de besoins d'interopérabilité pour les systèmes TIC de l'organisation	Utilisation non coordonnée des TIC pour l'échange de données entre entités à l'interne et à l'externe de l'organisation
	Produits	Requêtes et recommandations de changements dans l'infrastructure des systèmes de TIC.	Définition et analyse d'indicateurs de performance des systèmes de TIC.	Définition des besoins d'interopérabilité des systèmes de TIC.	Spécifications de besoins d'interopérabilité pour les systèmes TIC.	Téléphone, fax, courriel

3.5.4 Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance

Le but de ce domaine d'inquiétude est de déterminer l'état de la compagnie par rapport aux besoins légaux, de sécurité et de confiance qu'il faut prendre en considération lors des processus collaboratifs.

En effet, le RTL applique des pratiques de sécurité et de confiance qui répondent aux dispositions légales en vigueur. Ainsi, le niveau de maturité d'entreprise pour ce domaine d'inquiétude est fixé comme *intégré*.

Tableau 3-6 : Domaine d'inquiétude : Environnement légal, sécurité et confiance

Catégorie : Description	Indicateur	Niveau de maturité d'interopérabilité				
		5 (optimisé)	4 (interopérable)	3 (intégré)	2 (modélé)	1 (effectué)
Environnement légal, sécurité et confiance : Identification de besoins légaux, de sécurité et de confiance associées à la collaboration.	Pratiques	Analyse continue d'indicateurs de sécurité et confidentialité et développement de stratégies de prévention de risques.	Définition et analyse d'indicateurs des politiques de sécurité et confidentialité.	Analyse et application de pratiques de prévention de risques de sécurité.	Définition d'une politique de sécurité et de confidentialité dans l'organisation.	Établissement de mécanismes de contrôle de l'accès à l'information (connexion à partir d'un compte).
	Produits	Stratégies de prévention de risques.	Analyse quantitative d'indicateurs de sécurité et confidentialité.	Mécanismes du contrôle d'accès.	Politique de confidentialité et de sécurité.	Comptes d'utilisateurs du système.

3.5.5 Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise

Ce domaine d'inquiétude se penche sur le type de modélisation utilisé afin de spécifier, construire et améliorer les modèles d'entreprise qui décrivent le fonctionnement des systèmes informationnels et d'autres technologies de la compagnie.

Avec l'information obtenue, il a été déterminé que le RTL n'utilise pas une technique de modélisation l'aide à la gestion de ses systèmes d'information. C'est la raison pour laquelle le niveau de maturité d'entreprise se juge comme *effectué*.

Tableau 3-7 : Domaine d'inquiétude : Modélisation d'entreprise

Catégorie : Description	Indicateur	Niveau de maturité d'interopérabilité				
		5 (optimisé)	4 (interopérable)	3 (intégré)	2 (modélé)	1 (effectué)
Modélisation d'entreprise : Spécification, construction, application et amélioration des modèles d'entreprise.	Pratiques	Observation et évaluation continues de nouvelles techniques de modélisation.	Définition et monitoring des indicateurs quantitatifs du modèle.	Documentation formelle et utilisation des processus de modélisation d'entreprise.	Définition d'un groupe dans l'organisation qui est responsable d'identifier, définir et promulguer de standards, méthodologies et infrastructure nécessaires pour spécifier un modèle d'entreprise basique de l'organisation.	Utilisation isolée et individuelle de techniques de modélisation en appliquant un bas niveau de modélisation avec le propos d'illustrer (ex. MS Visio)
	Produits	Rapports d'évaluation.	Définition et rapports de monitoring des indicateurs.	Directives et guides de modélisation.	Connaissance et compréhension du Modèle d'Entreprise basique parmi les employés.	Diagrammes des processus ou structures organisationnelles, limités à l'échelle d'un département.

3.6 Conclusion

Le modèle d'analyse propose six variables ou domaines d'inquiétude, dont cinq ont été retenues. Pour chaque domaine d'inquiétude, cinq niveaux de maturité sont possibles, en commençant par le moins interopérable, le niveau « effectué », en passant pour « modélé », « intégré » puis « interopérable » et en terminant avec le niveau le plus interopérable « optimisé ».

Chacun des niveaux de maturité d'interopérabilité est décrit par un énoncé. Avec des informations obtenues auprès du RTL, ce chapitre décrit le couplage entre ces informations et l'énoncé du modèle qui s'adapte le mieux afin de déterminer l'état de l'interopérabilité interne au Réseau de transport de Longueuil.

Trois domaines sur cinq ont été considérés dans le niveau moins interopérable, soit le niveau « effectué ». Un autre domaine d'inquiétude est jugé comme « modélé » et, enfin, un autre comme « intégré ».

Les domaines d'inquiétude dans le plus bas niveau d'interopérabilité sont « stratégie d'affaires », « organisation et compétences » et « modélisation d'entreprise ». En ce qui concerne la stratégie d'affaires, il n'existe pas une telle stratégie guidant formellement la collaboration interne entre les départements de la compagnie étudiée.

Par rapport à l'organisation et aux compétences, des informations indiquent que la structure organisationnelle n'est pas pensée ou adaptée pour répondre aux besoins en interopérabilité. D'ailleurs, la définition de compétences du personnel lié aux tâches de collaboration interne s'est faite d'une manière informelle.

La modélisation d'entreprise est aussi un domaine d'inquiétude qui se retrouve dans le plus bas niveau d'interopérabilité en raison de l'inexistence d'une définition formelle des outils de modélisation. Cela est fait de manière *ad hoc*.

Le domaine d'inquiétude « systèmes et technologie » tombe dans le niveau « modelé ». Ceci en vertu de l'utilisation intensive des informations produites à partir des systèmes informationnels des départements étudiés.

Finalement, le domaine d'inquiétude « environnement légal, sécurité et confiance » est jugé dans le milieu de l'échelle, le niveau « intégré ». Cette qualification est obtenue grâce à la définition et à l'application des politiques de sécurité et confidentialité liées à l'accès et à la manipulation de systèmes informationnels de la compagnie.

Nous notons qu'un des principes sur lesquels la structure ATHENA opère, c'est que chaque cas étudié est unique et qu'il est nécessaire de relativiser les résultats en tenant compte des singularités propres à l'environnement de chaque organisation.

Ainsi, obtenir le plus bas niveau d'interopérabilité ne signifie forcément pas que l'entreprise se retrouve dans la pire situation ou, au contraire, le niveau le plus haut ne signifie pas non plus que la situation soit idéale.

Dans le cas du Réseau de transport de Longueuil, c'est un organisme parapublic dont 60% du financement provient de l'État (en 2009), soit 47% de contribution municipale des villes de l'agglomération Longueuil, et 13% des subventions du gouvernement provincial et de l'AMT [78]. De plus, le RTL n'a pas une concurrence directe à qui faire face, étant donné que le transport en commun est un monopole de l'État.

Sous cette perspective, il est normal que trois niveaux de maturité sur cinq obtiennent la qualification la plus basse. Ceci s'explique parce que la gestion de systèmes informationnels constitue un soutien pour l'exploitation du réseau et non comme un avantage concurrentiel qu'il faut exploiter au maximum.

Nonobstant, la situation peut différer si on analyse l'interopérabilité interne à partir du point de vue de la gestion des situations d'urgence auxquelles le RTL doit faire face.

Par exemple, améliorer la stratégie d'affaires et les processus en définissant une stratégie formelle d'interopérabilité de l'organisation peut se traduire dans un moindre temps d'apprentissage pour le personnel en charge des processus collaboratifs. Dans le cas de la Direction d'exploitation, cette amélioration pourrait être très efficace étant donné que les situations d'urgences se traitent sur le terrain en temps réel.

Le chapitre suivant analyse également l'interopérabilité au RTL. Dans ce chapitre, la méthodologie développée par ATHENA, appelée structure d'interopérabilité d'affaires, sera utilisée pour évaluer le niveau d'interopérabilité externe de cette organisation.

CHAPITRE 4 ANALYSE DE L'INTEROPÉRABILITÉ EXTERNE

4.1 Introduction

Comme il a été établi dans le chapitre 2, la structure d'interopérabilité d'entreprise ATHENA est la méthodologie choisie pour réaliser cette étude. Il est donc nécessaire de revoir les procédures proposées par ATHENA pour résoudre les problèmes d'interopérabilité.

L'analyse de l'interopérabilité externe de la société étudiée constitue la deuxième étape de ce projet. Ici, on applique la structure d'interopérabilité d'affaires – BIF (en anglais *business interoperability framework*), c'est-à-dire la deuxième méthodologie développée par ATHENA. Il convient de revoir et d'approfondir les concepts étudiés dans la revue de la littérature dans la sous-section 1.4.3.4.

Pour ce faire, les objectifs poursuivis par la structure BIF sont présentés dans la section 4.2. De même, les composantes de cette structure sont analysées dans la section 4.3. Ensuite, dans la section 4.4, les résultats de l'étude des informations obtenues à partir des questionnaires proposés par la structure BIF et adaptées pour le RTL sont présentés. Un résumé des réponses de l'organisme de transport en commun est également présenté. Finalement, dans la section 4.5, les réponses données par le RTL sont analysées et le niveau d'interopérabilité d'affaires, pour chaque critère étudié, est établi.

4.2 Objectifs de la structure d'interopérabilité d'affaires

La structure d'interopérabilité d'affaires – BIF a deux objectifs principaux. Le premier objectif est la détermination formelle des défis d'interopérabilité de l'organisation. Le deuxième objectif est de trouver le niveau d'interopérabilité de l'organisation étudiée, étant donné des scénarios de coopération entre cette dernière et ses partenaires. Ainsi, la structure BIF jette un regard général sur l'entreprise et analyse la manière dont la coopération avec des partenaires s'effectue. Le second objectif représente donc une vision des relations de la compagnie vers l'extérieur.

4.3 Composantes de la structure d'interopérabilité d'affaires

À la base de la structure d'interopérabilité d'affaires – BIF, se trouvent quatre catégories principales, à savoir, la gestion des relations externes, les employés et la culture, les processus d'affaires collaboratifs et les systèmes d'information. Ces catégories décrivent les concepts fondamentaux de la structure pour l'étude de l'interopérabilité d'affaires.

Dans le tableau 4-1, les quatre catégories sont définies, en suivant la description du projet ATHENA [84].

Tableau 4-1 : Catégories de la structure d'interopérabilité d'affaires

Catégorie	Perspective	Description
Gestion des relations externes	Comment fait-on la gestion et le contrôle des relations d'affaires?	Les organisations interopérables gèrent et surveillent leurs relations d'affaires.
Employés et culture	Comment se comporte-t-on envers les partenaires d'affaires?	Les organisations interopérables promeuvent des relations avec leurs partenaires d'affaires au niveau individuel, d'équipe de travail et organisationnel.
Processus d'affaires collaboratifs	Comment collabore-t-on avec les partenaires d'affaires?	Les organisations interopérables peuvent établir et mener des collaborations électroniques de manière rapide et peu coûteuse.
Systèmes d'information	Comment se connecte-t-on avec les partenaires d'affaires?	Les systèmes d'information et la communication interopérables peuvent être liés avec d'autres de manière rapide et peu coûteuse.

Chacune des catégories est ensuite subdivisée en critères qui permettent d'identifier les décisions que les entreprises interopérables doivent prendre.

Ainsi, la catégorie « gestion des relations externes » est composée de trois critères, à savoir, le critère du modèle de coopération, celui des cibles de la coopération, et finalement la gestion de la coopération :

- Modèle de coopération : le modèle de coopération contient les règles avec lesquelles une organisation s'engage avec ses partenaires. Ce modèle comprend les personnes impliquées dans les organisations qui collaborent, leurs rôles et leurs interactions.
- Cibles de la coopération : les cibles de la coopération sont reliées à l'aspect économique de la relation collaborative d'une organisation avec ses partenaires.
- Gestion de la coopération : la gestion des processus de coopération avec les partenaires, de même que les rôles du personnel affecté à ces processus, doivent être entrepris par l'organisation. Ces processus incluent les différentes étapes des relations, depuis leur début jusqu'au contrôle et monitoring. La gestion de la coopération inclut aussi le management des risques et des conflits.

La catégorie « employés et culture » comprend deux critères reliés aux aspects comportementaux des relations avec les partenaires, à savoir, la confiance et la visibilité :

- Confiance : ce critère comprend l'aspect individuel et informel des relations entre le personnel des compagnies qui collaborent.
- Visibilité : ce critère comprend l'aspect organisationnel et formel des relations entre des compagnies qui collaborent.

La catégorie « processus d'affaires collaboratifs » comporte deux critères reliés à la manière dont l'organisation collabore avec ses partenaires. Ces deux critères sont les processus publics et la sémantique d'affaires :

- Processus publics : ce critère établit les rôles, le déroulement des activités et les interfaces de la communication pour la réalisation de la collaboration avec les partenaires.
- Sémantique d'affaires : ce critère comprend l'établissement d'un vocabulaire d'affaires commun entre les partenaires.

Enfin, la catégorie « systèmes d'information » contient trois critères reliés à l'interaction électronique entre les compagnies.

- **Type d'interaction** : ce critère établit le type d'interaction électronique utilisé dans les relations entre les organisations. Les types d'interaction les plus communes sont la relation humain à humain, la relation humain à machine et la relation machine à machine.
- **Plateforme de connectivité et collaboration** : ce critère établit le niveau d'extensibilité des relations électroniques. Les types de connectivités les plus courants sont la connectivité un à un (1:1), la connectivité un à plusieurs (1:n) et la connectivité plusieurs à plusieurs (m:n).
- **Sécurité et confidentialité** : ce critère comprend des politiques de sécurité et de confidentialité établies afin de mettre en œuvre des transactions électroniques entre les diverses compagnies.

La structure BIF propose une série de variables qui servent à déterminer les niveaux optimaux que l'entreprise devrait atteindre. Ces variables sont internes et externes à l'organisation. De la même manière dont le tableau 4-1 présente les catégories, le tableau 4-2 décrit les variables [84].

Tableau 4-2 : Variables de la structure d'interopérabilité d'affaires

Variables	Perspective	Description
Internes	Quelles sont les caractéristiques d'une relation d'affaires?	Des cibles de coopération et des caractéristiques transactionnelles impactent le niveau optimal de l'interopérabilité d'affaires.
Externes	Quelles sont les variables environnementales affectant les relations d'affaires?	La législation et la dynamique de l'industrie déterminent les préalables du contexte spécifique.

Les étapes du cycle de vie représentent une troisième composante de cette structure. Ces étapes sont utilisées pour identifier les différents niveaux d'interopérabilité. Les étapes du cycle de vie sont :

- Approche : la manière dont l'organisation développe les méthodes pour définir et réaliser des relations supportées par les technologies de l'information.
- Déploiement : la manière systématique dont l'organisation exécute l'approche.
- Évaluation et révision : la manière dont l'organisation évalue et révisé l'approche et le déploiement par l'intermédiaire de l'analyse des résultats.

La dernière composante de la structure est l'établissement du niveau d'interopérabilité d'affaires. Cinq niveaux sont définis, à savoir, aucun, minimal, modéré, qualifié et complètement interopérable. Le tableau 4-3 résume les cinq niveaux d'interopérabilité d'affaires et leur description [84].

Tableau 4-3 : Niveaux d'interopérabilité d'affaires

Niveau	Interopérabilité d'affaires	Description
1	Aucun	Pas de conscience sur les relations externes. L'interaction avec des partenaires n'est pas planifiée.
2	Minimal	Pas de prévisions pour l'interopérabilité. Chaque relation externe est désignée de façon individuelle.
3	Modéré	L'importance de l'interopérabilité est comprise. Des mesures pour améliorer l'interopérabilité sont déjà entreprises, mais il y a toujours de la place pour améliorer de façon importante.
4	Qualifié	Des relations externes sont désignées afin d'améliorer l'interopérabilité d'affaires. Il ne reste que quelques considérations pour obtenir une interopérabilité complète.
5	Complètement interopérable	Niveau d'interopérabilité d'affaires maximale. Des relations externes peuvent être établies sans coûts marginaux ou ils sont négligeables.

4.4 Étude des catégories au RTL

Quatre catégories contenant douze critères sont étudiées à partir des réponses données lors de l'application des questionnaires.

4.4.1 Catégorie : Gestion des relations externes

Critère : Modèle de coopération

Les relations externes du RTL ne sont pas officiellement encadrées par un modèle qui génère des politiques ou du personnel affecté à des tâches. Cependant, puisque le travail coopératif avec des partenaires est important pour le RTL, il existe toute une série de documents qui régulent partiellement la collaboration avec les partenaires. Parmi ces documents, on remarque les suivants :

- Normes internes de service : de la réglementation interne du RTL où des standards de service sont décrits. De même, quelques situations récurrentes avec des partenaires y sont prévues.
- La convention collective de travail : ce document encadre la relation de travail avec les travailleurs syndicalisés, dont les chauffeurs. Il établit, par exemple, les limites aux changements qui peuvent s'effectuer aux horaires d'employées, s'il arrive qu'un ou plusieurs des partenaires en aient besoin.
- La loi québécoise des sociétés de transport en commun : cette loi réglemente le fonctionnement des sociétés de transport en commun au Québec, notamment en établissent des responsabilités et des limitations des sociétés par rapport aux partenaires, par exemple, les villes où elles desservent.

De même, il y a quelques relations collaboratives ponctuelles qui sont régies par des contrats. Ces contrats sont signés par toutes les parties concernées et encadrent notamment les objectifs de la collaboration et les responsabilités pour accomplir ces objectifs.

Critère : Cibles de la coopération

En accord avec le critère précédent, il existe une définition formelle des objectifs de la coopération avec les partenaires avec lesquels le RTL a signé un contrat. Pour les autres collaborations avec les partenaires, les objectifs sont assumés de manière informelle et la responsabilité de leur suivi est assumée par des gestionnaires désignés à cet effet.

Critère : Gestion de la coopération

En ce qui concerne les processus de la gestion de la coopération, le Réseau de transport de Longueuil ne compte pas de guides formels (documentés) qui permettent d'établir les activités de la coopération avec les partenaires. Nonobstant, le personnel détient une bonne connaissance des procédures, spécialement le personnel le plus expérimenté.

Par rapport aux rôles associés à la gestion de la coopération, il existe une définition claire des responsabilités assignées aux employés. Cette assignation est basée notamment sur des expériences passées, mais elle n'est pas documentée. D'après l'expérience vécue, il n'y a pas eu de difficultés majeures lors de la collaboration avec les partenaires dans ce sens. La documentation des rôles n'est présente que pour les relations du type contractuel.

4.4.2 Catégorie : Employées et culture

Critère : Confiance

Il existe des frictions avec quelques partenaires. Cependant, les intervenants au RTL sont conscients que la clientèle ciblée est la même que celle des partenaires et que les obstacles qui se présentent peuvent être surmontés afin de mieux servir les citoyens. Ceci est le cas notamment avec les cinq villes desservies par le RTL.

Par contre, la relation avec d'autres partenaires sans affinité avec le RTL peut un peu devenir un obstacle. Les différences de perspective existantes peuvent mener à des échanges d'information minimaux et limités aux aspects les plus nécessaires.

Critère : Visibilité

En matière d'information échangée avec les partenaires, la Direction de planification, développement et ingénierie n'éprouve pas de grands besoins à ce niveau. La majorité de l'information requise par cette direction est acquise à l'interne. De plus, l'information qui vient des partenaires est facilement disponible.

4.4.3 Catégorie : Processus d'affaires collaboratifs

Critère : Processus publics

Il n'existe pas un processus public donnant la manière dont les partenaires interagissent avec le RTL. Cette interaction est faite individuellement avec chaque partenaire et basée surtout sur des expériences passées.

Critère : Sémantique d'affaires

Le vocabulaire d'affaires utilisé au RTL n'a pas été développé de façon spécifique, mais il est couramment utilisé dans l'industrie. Aucune formalisation de ce vocabulaire n'est envisagée. D'autre part, pour les confusions, entre les partenaires, dues à une terminologie utilisée de façon inadéquate, elles sont résolues rapidement. Cependant, ces confusions n'arrivent pas souvent.

4.4.4 Catégorie : Systèmes d'information

Critère : Type d'interaction

Le Réseau de transport de Longueuil a établi une interaction intensive du type humain à humain avec tous ses partenaires. Cette interaction est menée par une utilisation courante du téléphone et du courrier électronique.

De même, il existe une interaction du type humain à machine dans deux cas spécifiques. Le premier cas avec l'AMT, où le site web de cette compagnie fournit l'information reliée aux délais des trains de banlieue, information qui est utilisée par le RTL afin de modifier son niveau de service, si nécessaire. Dans le deuxième cas, le site web du MTQ est utilisé afin de consulter des

données et des études qui servent comme entrée dans des analyses réalisées par la Direction de planification et développement. Dans les deux cas, l'interaction est statique en ce sens qu'il n'existe aucune rétroaction de la part de ces organisations.

Critère : Plateforme de connectivité et collaboration

Le Réseau de transport de Longueuil n'effectue pas beaucoup de transactions électroniques avec des partenaires. La seule exception est la connexion qui se fait aux serveurs de la STM pour y récupérer des fichiers filtrés contenant de l'information des cartes à puce. Cette transaction se fait à travers une connexion à une adresse ftp sécurisée.

Critère : Sécurité et confidentialité

De même que pour la sécurité et la confidentialité à l'interne, le Réseau de transport de Longueuil prend soin de ces sujets pour la seule connexion électronique établie avec la STM. Des accès pour obtenir ces informations sont restreints et leur manipulation est réduite à un groupe spécifique d'employés. Cette information étant délicate, des politiques sont formellement documentées.

4.5 Analyse de résultats

En accord avec des réponses données par les gestionnaires du RTL et des informations recueillies tout au long de ce projet et du projet de Le Guen [76], il est possible d'évaluer l'état de l'interopérabilité externe de cet organisme de transport en commun.

En effet, en utilisant la structure d'interopérabilité d'affaires, quatre catégories ont été testées.

Cette analyse consiste à coupler les informations obtenues avec l'un des cinq niveaux d'interopérabilité considérés par BIF, à savoir : aucun, minimal, modéré, qualifié et complètement interopérable.

4.5.1 Catégorie : Gestion des relations externes

Critère : Modèle de coopération

Le but de ce critère est d'évaluer l'existence d'un modèle de coopération pour encadrer les relations externes. Un tel modèle n'existe pas au RTL, mais des efforts sont fournis pour travailler avec quelques partenaires où des relations contractuelles sont établies. Il n'y a aucun type d'évaluation associé à ce critère.

Au niveau de l'approche et du déploiement, le critère du modèle de coopération est considéré comme ayant une interopérabilité d'affaires *minimale*. Au niveau de l'évaluation et de la révision, il n'y a *aucune* interopérabilité d'affaires.

Tableau 4-4 : Critère : Modèle de coopération

GESTION DES RELATIONS EXTERNES						
Comment fait l'organisation la gestion et le contrôle des relations avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Modèle de coopération (dimension stratégique): Un modèle de coopération a été créé pour encadrer les relations externes	Approche	L'importance stratégique de la coopération est reconnue et intégrée dans la compagnie. Les modèles de coopération avec des partenaires externes sont codéfinis.	L'importance stratégique de la coopération est reconnue et intégrée dans la compagnie. Les modèles de coopération avec des partenaires externes sont documentés.	L'importance des partenariats est reconnue. Un modèle de coopération est envisagé.	La coopération n'est explicitement pas définie. La coopération ne s'établit qu'avec des partenaires très bien connus.	Il n'existe pas une conscience des relations externes. Les relations sont réglées d'une façon informelle.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation des coopérations avec les partenaires.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation du modèle de coopération.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation du modèle de coopération.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Cibles de la coopération

Ce critère permet d'identifier si les plans et les objectifs ciblés sont encadrés formellement et s'ils sont établis avec les partenaires. Comme le critère précédent, ce critère ne se présente qu'avec des partenaires où il y a une relation contractuelle bien définie. Dans ce cas, les objectifs ciblés sont établis entre toutes les parties afin d'aboutir au résultat désiré. Normalement, il existe une évaluation occasionnelle des cibles.

Quant au niveau d'interopérabilité d'affaires, l'approche de ce critère est évaluée comme *qualifié*. Par contre, le niveau de déploiement est *minimal*, tandis que l'évaluation et la révision sont considérées comme *modérées*.

Tableau 4-5 : Critère : Cibles de la coopération

GESTION DES RELATIONS EXTERNES						
Comment fait l'organisation la gestion et le contrôle des relations avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Cibles de la coopération (dimension économique) : Les plans et les objectifs ciblés avec les partenaires sont définis et réconciliés.	Approche	Les cibles de la coopération sont définies et réconciliées avec les partenaires.	Les cibles de la coopération sont individuellement définies et puis partagées.	Les cibles de la coopération sont définies, mais ils sont imposés par une des partenaires (le partenaire dominant).	Les partenaires poursuivent des cibles de coopération différentes et ils ne partagent pas cette information.	Il n'existe pas une définition des cibles de la coopération.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation des cibles de la coopération.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation des cibles de la coopération.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation du modèle de coopération.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Gestion de la coopération – processus

L'objectif de ce critère est d'évaluer la présence, au RTL, de processus formels facilitant la gestion des relations externes.

Actuellement, il n'existe pas de processus formels qui modélisent la manière de mener les relations avec les partenaires. Ces relations sont gérées individuellement et sont basées majoritairement sur l'expérience des gestionnaires.

En ce qui concerne l'interopérabilité d'affaires, le niveau de l'approche est considéré comme *minimal*. Étant donné qu'il n'existe pas de processus reliés à ce critère, le déploiement, l'évaluation et la révision sont évalués dans le niveau *aucun*.

Tableau 4-6 : Critère : Gestion de la coopération - processus

GESTION DES RELATIONS EXTERNES						
Comment fait l'organisation la gestion et le contrôle des relations avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Gestion de la coopération - processus (dimension organisationnelle) : Les processus de démarrage, réalisation, contrôle et monitoring sont gérés. Des prévisions pour la gestion du risque et du conflit sont prises.	Approche	La coopération est activement gérée tout au long du cycle de vie. Les procédures d'escalade de problèmes sont définies pour la résolution de conflits.	La gestion des processus avec les partenaires est définie pour la majorité du cycle de vie.	Il existe des guides pour la gestion de la coopération avec les partenaires pour les phases les plus critiques du cycle de vie.	Il n'existe pas des processus formels de coopération. La coopération est établie individuellement avec chaque partenaire basé sur des expériences antérieures.	Il n'existe pas des guides pour la coopération avec des partenaires.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation de la gestion de la coopération.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération..	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Gestion de la coopération - rôles

Ce critère a comme but de vérifier s'il existe une définition formelle des responsabilités et des rôles dans l'entreprise pour effectuer les tâches associées au travail avec les partenaires.

Selon des informations obtenues, les responsabilités liées au travail avec les organismes externes au RTL ne sont définies que s'il existe une relation contractuelle. Dans ce cas, des tâches et des responsabilités spécifiques peuvent être assignées aux gestionnaires impliqués. De même, ces contrats peuvent aussi entraîner l'évaluation occasionnelle de cette participation.

Ainsi, le niveau d'interopérabilité d'affaires de ce critère est évalué comme *qualifié* en ce qui a trait au respect de l'approche, *minimal* pour le déploiement, et *modéré* en ce qui concerne l'évaluation et la révision.

Tableau 4-7 : Critère : Gestion de la coopération - rôles

GESTION DES RELATIONS EXTERNES						
Comment fait l'organisation la gestion et le contrôle des relations avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Gestion de la coopération - rôles (dimension organisationnelle) : Des rôles spécifiques sont affectés pour établir de la communication efficiente avec les partenaires	Approche	Des rôles et des responsabilités liés à la gestion de la coopération sont établis.	Quelques responsabilités liées aux partenaires externes sont définies.	Un point central de contact pour les partenaires externes est défini.	Il n'existe pas des responsabilités formelles pour la gestion de la coopération. Les contacts avec les partenaires se font de façon individuelle.	Il n'existe pas des guides pour la coopération avec des partenaires.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation de la gestion de la coopération.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

4.5.2 Catégorie : Employés et culture

Critère : Confiance

Le but de ce critère est d'établir s'il existe un environnement de confiance au RTL entre les gestionnaires responsables de mener les relations interorganisationnelles et leurs homologues chez les partenaires.

Bien que dans certaines relations il puisse exister un sentiment de méfiance lors du travail collaboratif, c'est la reconnaissance de l'importance de la confiance mutuelle qui se démarque le plus. Ce sentiment de confiance est présent dans la plupart des collaborations effectuées au RTL. Nonobstant, il n'y a aucune mesure pour évaluer ce critère.

Le niveau d'interopérabilité d'affaires *minimal* est donc celui que l'on associe à l'approche de ce critère. Le déploiement est trouvé comme étant *qualifié*. Enfin, l'évaluation et la révision tombent dans le niveau *aucun*.

Tableau 4-8 : Critère : Confiance

EMPLOYÉS ET CULTURE						
Comment se comporte l'organisation vers ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Confiance (dimension comportemental e individuelle) : Établissement d'un environnement de confiance avec le développement d'une relation fiable.	Approche	Il existe un sentiment mutuel de confiance entre les employés liés aux processus collaboratifs.	Il existe une bonne relation de travail. Un sentiment de confiance se construit.	Quelques mesures commencent à se mettre en œuvre pour établir la confiance.	L'importance de la confiance mutuelle est reconnue.	Travail interorganisationnel effectué avec un sentiment de méfiance.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation avec les employés impliqués dans les relations collaboratives.	Évaluation périodique des variables de succès avec les employés impliqués dans les relations collaboratives.	Évaluation occasionnelle des variables de succès avec les employés impliqués dans les relations collaboratives.	Des mises à jour ou adaptations sont faites s'il y en a besoin.	Pas évalué.

Critère : Visibilité

L'objectif de ce critère est d'évaluer le niveau de partage et d'accès à l'information existant entre le RTL et ses partenaires.

L'information nécessaire pour mener aux processus collaboratifs est disponible. Cependant, ces organismes n'ont accès qu'à l'information la plus critique. Cette situation apparaît avec la majorité des partenaires, si bien qu'elle n'est pas évaluée.

La qualification du niveau d'interopérabilité d'affaires pour ce critère montre donc que l'approche est *modérée*, le déploiement est *qualifié* et il n'y a *aucune* évaluation.

Tableau 4-9 : Critère : Visibilité

EMPLOYÉS ET CULTURE						
Comment se comporte l'organisation vers ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Visibilité (dimension comportementale organisationnelle) : Partage de l'information et accès à l'information interne pertinent des partenaires.	Approche	Partage proactif de l'information et accès complet à des informations relevant des partenaires.	De l'information importante est accessible aux partenaires externes.	La visibilité des informations les plus critiques des partenaires externes est fournie.	La visibilité n'est fournie que si le partenaire externe la demande.	Il n'existe pas de visibilité pour des partenaires externes.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation des besoins d'information et des pratiques de partage.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation des pratiques de partage.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation des pratiques de partage.	Des mises à jour ou adaptations sont mises en œuvre s'il y a des conflits ou s'ils sont demandés par des parties externes.	Pas évalué.

4.5.3 Catégorie : Processus d'affaires collaboratifs

Critère : Processus publics

Ce critère permet de vérifier l'existence des processus publics décrivant la façon d'interagir des organismes qui collaborent avec le RTL.

Il n'existe présentement pas de processus publics. Les tâches collaboratives interorganisationnelles sont entamées de manière individuelle à chaque occasion, avec plusieurs partenaires.

En ce qui concerne l'évaluation de l'interopérabilité d'affaires, l'approche est jugée comme *aucun*, le déploiement est considéré *minimal* et l'évaluation et la révision comme *aucun*.

Tableau 4-10 : Critère : Processus publics

PROCESSUS D'AFFAIRES COLLABORATIFS						
Comment collabore l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Processus publics (pragmatiques) : Un processus public décrit la manière dont les partenaires interagissent. Le processus public est créé en consensus.	Approche	Les processus publics sont définis et documentés. Ils sont créés en consensus avec tous les partenaires.	Les processus publics sont définis et documentés. Ils sont définis pour la plupart des relations en considérant des besoins actuels et futurs.	Les processus interorganisationnels sont définis individuellement avec chaque partenaire.	Les processus interorganisationnels sont imposés par un des partenaires.	L'interaction interorganisationnelle est faite sur mesure à chaque occasion
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Les processus interorganisationnels sont gérés et améliorés continuellement	Les processus interorganisationnels sont adaptés régulièrement pour incorporer des changements importants.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation du design du processus interorganisationnel.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Sémantiques d'affaires – documents d'affaire

Le but de ce critère est de valider le vocabulaire d'affaires existant qui permet de faciliter la compréhension des documents d'affaires échangés avec les partenaires.

Avec l'information obtenue, il est établi qu'aucun vocabulaire formel n'a été créé pour mener les relations entre le RTL et ses partenaires.

Alors, les étapes du cycle de vie, soit l'approche, le déploiement, l'évaluation et la révision, sont évaluées dans le niveau *aucun*.

Tableau 4-11 : Critère : Sémantiques d'affaires – documents d'affaires

PROCESSUS D'AFFAIRES COLLABORATIFS						
Comment collabore l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Sémantiques d'affaires (documents d'affaires) : Un vocabulaire d'affaires établit la compréhension mutuelle du contenu et de la structure des documents d'affaires, de même que la signification des éléments y contenus.	Approche	Le vocabulaire d'affaires est défini et il reflète des standards de l'industrie.	Le vocabulaire d'affaires est défini pour la majorité de partenaires.	Le vocabulaire d'affaires est défini individuellement avec chaque partenaire.	Le vocabulaire développé par un des partenaires est utilisé.	Utilisation de sémantiques individuelles.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	La sémantique d'affaires est gérée et améliorée continûment	La sémantique d'affaires est adaptée régulièrement pour incorporer des changements importants.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de la sémantique d'affaires	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Sémantique d'affaires – contexte de l'information

Ce critère a pour but de déterminer s'il existe un vocabulaire d'affaires qui facilite la compréhension du contexte de l'information nécessaire pour le déroulement des relations avec les partenaires.

Tout comme le critère précédent, aucun vocabulaire n'est formellement défini. Par conséquent, le niveau d'interopérabilité d'affaires pour les trois étapes du cycle de vie est jugé comme *aucun*.

Tableau 4-12 : Critère : Sémantiques d'affaires – contexte de l'information

PROCESSUS D'AFFAIRES COLLABORATIFS						
Comment collabore l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Sémantiques d'affaires (contexte de l'information) : Un vocabulaire d'affaires établit la compréhension mutuelle de l'identification, description et classification relevante du contexte.	Approche	Le vocabulaire d'affaires est défini et il reflète des standards de l'industrie.	Le vocabulaire d'affaires est défini pour la majorité de partenaires.	Le vocabulaire d'affaires est défini individuellement avec chaque partenaire.	Le vocabulaire développé par un des partenaires est utilisé.	Utilisation de sémantiques individuelles.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation de la gestion de la coopération.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération..	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

4.5.4 Catégorie : Systèmes d'information

Critère : Type d'interaction

L'objectif de ce critère est d'établir le type d'interaction existant entre le RTL et ses partenaires lors du déroulement de processus collaboratifs.

Parmi les types d'interaction, il existe une utilisation très limitée de l'interaction humaine à machine. La majorité des interactions sont faites par téléphone et par courriel, c'est-à-dire des interactions du type humaine à humaine. Ce type d'interaction se fait avec tous les partenaires, mais il n'est pas évalué.

Par conséquent, l'approche, le déploiement, l'évaluation et la révision se jugent dans le niveau d'interopérabilité *aucun*.

Tableau 4-13 : Critère : Type d'interaction

SYSTÈMES D'INFORMATION						
Comment se connecte l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Type d'interaction : La profondeur de l'interaction électronique avec les partenaires peut différer entre humaine à humaine, humain à machine ou machine à machine.	Approche	Interaction avancée du type machine à machine.	Interaction minimale du type machine à machine. Il consiste à l'échange de fichiers.	Interaction avancée du type humaine à machine (par exemple avec un portail de services en ligne). De l'information est fournie de façon électronique, mais elle doit être traitée manuellement.	Interaction avancée du type humaine à machine (par exemple, un site Internet statique). De l'information est fournie de façon électronique, mais elle doit être traitée manuellement.	Interaction du type humaine à humaine. Seulement téléphone, courriel, etc.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation du type d'interaction.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation du type d'interaction.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation du type d'interaction.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Plateforme de connectivité et collaboration

Ce critère permet d'établir le type de plateforme technologique à travers lequel la connectivité entre le RTL et ses partenaires se déroule.

Tel qu'observé avec le critère précédent, une grande part de la connectivité correspond au type humaine à humaine. Il n'existe donc pas d'architecture technologique.

Conséquemment, les trois étapes du cycle de vie sont considérées comme ayant un niveau d'interopérabilité d'affaires *aucun*.

Tableau 4-14 : Critère : Plateforme de connectivité et collaboration

SYSTÈMES D'INFORMATION						
Comment se connecte l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Plateforme de connectivité et collaboration : Un haut degré de connectivité est réussi en remplaçant des connexions individuelles (1:1) avec connexion du type plusieurs à plusieurs (m:n).	Approche	Utilisation d'une architecture B2B commune parmi tous les partenaires. (m:n)	Utilisation d'une architecture B2B individuelle avec la majorité de partenaires. (1:n)	Connexions du type un à un (1:1).	Des technologies, protocoles et interfaces sont imposés par le partenaire dominant.	Il n'existe pas de considérations architecturales.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation de l'architecture de la coopération B2B.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation de l'architecture de la coopération B2B.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de l'approche d'intégration B2B.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

Critère : Sécurité et confidentialité

Ce critère a comme objectif d'établir le niveau de sécurité et de confidentialité des transactions électroniques réalisées avec les partenaires.

Dans le cas du RTL, il n'existe qu'une seule transaction de ce type, à savoir, le transfert des données des cartes à puce à partir de la STM. Pour cette interaction, il existe une politique de sécurité et de confidentialité établie. Il n'existe toutefois pas d'évaluation formelle de cette transaction électronique. Toutes les autres interactions sont du type humaine à humaine.

Ainsi, le niveau d'interopérabilité d'affaires de l'approche de ce critère est considéré comme *modéré*, le déploiement comme *minimal* et l'évaluation et la révision sont jugées dans le niveau *aucun*.

Tableau 4-15 : Critère : Sécurité et confidentialité

SYSTÈMES D'INFORMATION						
Comment se connecte l'organisation avec ses partenaires						
Critère : Description	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires				
		5 (complètement interopérable)	4 (qualifié)	3 (modéré)	2 (minimal)	1 (aucun)
Sécurité et confidentialité : Des transactions électroniques respectent la sécurité et confidentialité des partenaires.	Approche	Des problèmes de sécurité et confidentialité sont définis et documentés. Ils sont définis en consensus entre tous les partenaires.	Des problèmes de sécurité et confidentialité sont définis pour la majorité de partenaires.	Des problèmes de sécurité et confidentialité sont définis individuellement avec chaque partenaire.	L'importance des problèmes de sécurité et confidentialité est reconnue.	La coopération ne considère pas de problèmes de sécurité et confidentialité.
	Déploiement	Appliqué à tous les partenariats.	Appliqué à la majorité des partenariats.	Appliqué à tous les partenariats stratégiques.	Appliqué à quelques partenariats.	Pas encore appliqué.
	Évaluation et révision	Révision systématique et évaluation de l'approche d'intégration B2B.	Évaluation périodique des variables de succès. Adaptation de l'approche d'intégration B2B.	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de l'approche d'intégration B2B.	Des mises à jour ou adaptations sont à caractère exceptionnel et imposé depuis l'extérieur.	Pas évalué.

4.6 Conclusion

L'interopérabilité externe est reliée à la manière de mener les affaires dans une organisation en lien avec ses partenaires. Dans le contexte de cette recherche, elle est aussi reliée à la façon de mener les affaires du point de vue des systèmes informationnels afin de gérer les situations d'urgence.

La structure d'interopérabilité ATHENA constitue une méthodologie qui permet d'évaluer l'interopérabilité externe de l'organisme étudié à partir de quatre catégories. Cette méthodologie est appelée « structure d'interopérabilité d'affaires ».

La structure d'interopérabilité d'affaires – BIF comporte l'analyse de quatre catégories : la gestion des relations externes, les employés et la culture, les processus d'affaires collaboratifs et les systèmes d'information. Chaque catégorie est subdivisée en critères plus spécifiques. Au total, il y a douze critères.

Chaque critère peut être classifié dans l'un des cinq niveaux d'interopérabilité d'affaires. Ces niveaux sont (du plus bas au plus haut) : aucun, minimal, modéré, qualifié et complètement interopérable.

Chacun des niveaux d'interopérabilité d'affaires est décrit par un énoncé. À partir des informations obtenues auprès du RTL, ce chapitre a fait un couplage entre ces informations et l'énoncé de BIF qui s'adapte le mieux pour déterminer l'état de l'interopérabilité externe au Réseau de transport de Longueuil.

Cette évaluation est faite à trois étapes du cycle de vie du critère. Ces étapes sont l'approche, le déploiement, et l'évaluation et la révision.

Nous avons identifié un comportement mixte des critères. Des douze catégories évaluées, les résultats sont les suivants :

- Pour l'étape d'approche, cinq critères ont été jugés avec un niveau d'interopérabilité d'affaires « *aucun* », trois critères avec « *minimal* », deux avec « *modéré* » et deux avec « *qualifié* ».
- Pour l'étape de déploiement, six critères sont considérés comme « *minimal* », cinq critères comme « *aucun* » et un comme « *qualifié* ».

- Pour l'étape d'évaluation et révision, dix critères sur douze ont été évalués dans le niveau d'interopérabilité d'affaires « *aucun* ». Ceci en raison du fait qu'il n'existe aucune politique d'évaluation formelle des résultats pour les critères recherchés.

Les quatre critères de la catégorie « gestion des relations externes » présentent également des résultats mixtes. L'approche des critères « cibles de la coopération » et « gestion de la coopération – rôles » a été jugé dans le niveau 4 d'interopérabilité d'affaires, c'est-à-dire « *qualifié* », dû principalement aux relations contractuelles établies par le RTL. Dans ces relations, les cibles et les rôles sont bien encadrés dans les documents signés par les personnes impliquées. Ces relations ne sont établies qu'avec certains partenaires. Le déploiement est donc considéré « *minimal* ».

Par contre, l'approche des critères « modèle de coopération » et « gestion de la coopération – processus » est considérée dans le niveau « *minimal* » parce que le RTL ne compte pas de modèle de coopération qui encadre ses relations externes, ou de processus formellement établis.

Par rapport à la catégorie « employés et culture », l'approche du critère « confiance » est considérée « *minimal* » et celui du critère « visibilité » est « *modéré* ». Cette situation reflète le fait que le travail est mené à des bonnes fins, mais avec quelques problèmes de méfiance entre les partenaires. La reconnaissance de l'importance du travail dans son ensemble est toutefois présente. Le déploiement varie aussi. Lorsque l'approche est considéré « *minimal* », le déploiement est jugé « *qualifié* », ce qui indique que l'importance de la « confiance » est reconnue entre la plupart de partenaires. Par contre, le déploiement de la « visibilité » est « *minimal* », c'est-à-dire que seulement quelques partenaires partagent l'information de manière restreinte.

En ce qui concerne la catégorie « processus d'affaires collaboratifs », toutes les étapes du cycle de vie pour les trois critères ont été évaluées dans le niveau d'interopérabilité d'affaire « *aucun* ». Cela indique l'inexistence formelle de processus publics décrivant la manière d'interagir des partenaires ou le manque d'un vocabulaire d'affaires permettant une meilleure compréhension entre les différentes compagnies.

La dernière catégorie analysée, « systèmes d'information », obtient aussi des résultats mixtes. Les critères « type d'interaction » et « plateforme de connectivité et collaboration » tombent dans le niveau d'interopérabilité d'affaires « *aucun* » dans toutes les étapes du cycle de vie. Cette

situation se présente parce qu'il n'y a pas d'utilisation active des systèmes d'information pour interagir avec les partenaires. Il n'existe seulement qu'une procédure où des systèmes d'information sont utilisés (l'information des cartes à puce récupérées à partir des serveurs de la STM). De plus, cette interaction est faite avec des normes de sécurité strictes. C'est la raison pour laquelle le critère « sécurité et confidentialité » est considéré avec un approche « *modéré* » et un déploiement « *minimal* ».

Tout comme l'analyse de l'interopérabilité interne, la structure d'interopérabilité d'affaires doit être évaluée d'une manière relative. Les conditions particulières des relations entre l'organisation étudiée et ses partenaires doivent être prises en compte afin de compléter l'analyse.

Dans le cas du Réseau de transport de Longueuil, deux situations particulières se présentent. D'un côté, le travail de la Direction de planification, développement et ingénierie est centré sur les interactions internes. L'interaction avec des partenaires est limitée et répétitive. Donc, pour ces catégories où les résultats obtenus ne correspondent pas aux plus hauts niveaux d'interopérabilité, il se peut que la nécessité de les améliorer ne soit pas prioritaire.

Néanmoins, pour la Direction d'exploitation, dont la mission est de traiter les urgences en temps réel et sur le terrain, le partage de certaines informations critiques avec des partenaires clés au moment opportun est d'importance vitale.

Présentement, le traitement des urgences n'utilise pas de systèmes informationnels. La gestion complète de ces situations se fait par communication via radio ou téléphones cellulaires. Aucune donnée électronique n'est disponible en temps réel pour connaître les conditions sous lesquelles la crise se déroule. Bien que la flotte soit équipée avec des récepteurs GPS, l'information de localisation des autobus doit être d'abord téléchargée dans les garages du RTL.

L'option d'utiliser ces données en temps réel est présentement étudiée par la société. Or, il faudrait que l'amélioration de l'interopérabilité externe soit également envisagée. La formalisation des processus publics et des modèles de coopération qui encadrent les relations avec les partenaires est hautement désirable. Cette formalisation peut favoriser des investissements profitables sur ces technologies.

CONCLUSION

Cette recherche est structurée en quatre chapitres. Le premier chapitre présente une revue de la littérature scientifique des dernières années. Cette revue nous a permis d'approfondir les connaissances sur trois volets identifiés dans la problématique : les systèmes de planification, les systèmes de prise de données et le problème de l'interopérabilité.

Le premier sujet traité dans la revue est celui des systèmes de planification. Ici, deux types de systèmes de planification ont été identifiés : les systèmes de planification d'horaires et les systèmes d'information géographique.

Les systèmes de planification d'horaires permettent d'optimiser les routes, les fréquences de passage, les calendriers et les horaires d'autobus et de chauffeurs. Ces tâches sont réalisées à l'aide d'outils de la recherche opérationnelle. Quant aux systèmes d'information géographique, ces systèmes ne sont pas à l'origine des systèmes de planification, mais la capacité des SIG à traiter des données à caractère spatial sert de soutien à d'autres systèmes de planification.

Ensuite, nous avons traité des systèmes de prise de données. Ces systèmes sont les plus importants actuellement dans cette industrie. Nous en avons décrit cinq dans ce document : les systèmes de positionnement mondial, la localisation automatique de véhicules, le comptage automatique de passagers, l'identification par radiofréquences et les cartes à puce sans contact.

L'immense masse de données produites par ces dispositifs permet d'approfondir notre connaissance sur le fonctionnement du réseau de transport et de sa clientèle. Cette information peut être stockée de deux façons dans les bases de données de la société de transport. La première, en téléchargeant les données lorsque les autobus entrent dans les garages de la compagnie. Ce moyen est utilisé par le RTL. Le deuxième moyen consiste à envoyer les données en temps réel au centre de contrôle via radiofréquence ou cellulaire. Ce moyen permet le suivi en temps réel de la flotte.

Le premier chapitre termine avec la définition du concept d'interopérabilité. Le concept adopté est celui de Chang [60] : *l'interopérabilité est l'habilité des systèmes de communiquer et d'échanger de l'information, d'utiliser l'information échangée et d'accéder aux fonctionnalités d'un système tiers.*

Pour évaluer l'interopérabilité, la revue de la littérature montre deux initiatives majeures développées en Europe durant les dernières années : les structures d'interopérabilité d'entreprise ATHENA et INTEROP.

Ces deux initiatives ont pour origine la Commission européenne et se sont développées parallèlement. La structure ATHENA suit le principe « *model-driven* » et INTEROP suit le principe « *barrier-driven* ».

Dans le cas d'ATHENA, utiliser une approche *model-driven* signifie que « des solutions se concentrent sur la modélisation des interactions et des échanges d'informations qui prennent place au niveau d'affaires et technique »[75]. INTEROP, pour sa part, utilise une approche *barrier-driven*, c'est-à-dire que « les aspects sémantique, technique et organisationnel, sont considérés comme problèmes ou barrières qui doivent être surmontés afin que l'interopérabilité puisse être établie. » [73].

Les deux structures peuvent être modifiées et adaptées au besoin selon le cas étudié.

Dans le deuxième chapitre, la démarche méthodologique est déterminée. Ainsi, nous avons d'abord choisi la structure d'interopérabilité d'affaires ATHENA pour mener cette recherche. Cette structure se base sur des modèles d'entreprise, modèles qui ont été développés dans le projet de Le Guen [76].

Ce chapitre comporte aussi une vision générale du Réseau de transport de Longueuil. Les départements de la compagnie sont présentés et les processus modélisés par Le Guen sont résumés. De plus, nous avons présenté les systèmes d'information utilisés pour le RTL, ses partenaires externes et les types d'urgences qu'ils subissent.

Pour mesurer l'interopérabilité interne du RTL, la structure d'interopérabilité ATHENA utilise le modèle de maturité d'interopérabilité d'entreprise – EIMM. Ce modèle évalue l'état de l'interopérabilité en cinq domaines d'inquiétude, à savoir : la stratégie d'affaires, l'organisation et les compétences, les systèmes et la technologie, l'environnement légal, de sécurité et de confiance et, finalement, la modélisation d'entreprise.

Pour chacun de ces domaines d'inquiétude, cinq niveaux de maturité d'interopérabilité sont possibles : effectué, modelé, intégré, interopérable et optimisé.

À partir de l'information obtenue des entrevues avec les gestionnaires du RTL, les niveaux de maturité d'interopérabilité ont été estimés. Dans le tableau 1, un résumé des résultats est présenté.

Tableau 1 : Résumé des résultats de l'évaluation de l'interopérabilité interne

Catégorie	Niveau de maturité d'interopérabilité	Énoncé de l'indicateur
Stratégie d'affaires et processus	Effectué	Définition de processus collaboratifs par quelques départements de l'organisation
Organisation et compétences	Effectué	Définition informelle des responsabilités qui concernent la définition, la maintenance et l'exécution des processus collaboratifs
Systèmes et technologie	Modelé	Identification et spécification de besoins d'interopérabilité pour les systèmes TIC de l'organisation
Environnement légal, sécurité et confiance	Intégré	Analyse et application de pratiques de prévention de risques de sécurité
Modélisations d'entreprise	Effectué	Utilisation isolée et individuelle de techniques de modélisation en appliquant un bas niveau de modélisation avec le propos d'illustrer (ex. MS Visio)

Dans la structure ATHENA chaque cas étudié est unique et il est nécessaire de relativiser les résultats en tenant compte des singularités propres à l'environnement de chaque organisation.

Ainsi, obtenir le plus bas niveau d'interopérabilité ne signifie pas forcément que l'entreprise se trouve dans le pire cas ou, contrairement, le niveau le plus haut ne signifie pas non plus que la situation soit idéale.

Dans le cas du Réseau de transport de Longueuil, c'est un organisme parapublic dont 60% du financement (en 2009) provient de l'État. De plus, le RTL n'a pas une concurrence directe à qui faire face, étant donné que le transport en commun est un monopole de l'État.

Sous cette perspective, il est normal que trois niveaux de maturité sur cinq obtiennent la qualification la plus basse. Ceci s'explique parce que la gestion de systèmes informationnels constitue un soutien pour l'exploitation du réseau et non comme un avantage concurrentiel.

Nonobstant, la situation peut différer si on analyse l'interopérabilité interne à partir du point de vue de la gestion des situations d'urgence auxquelles le RTL doit faire face.

Par exemple, améliorer la stratégie d'affaires et les processus en définissant une stratégie formelle d'interopérabilité de l'organisation peut se traduire dans un moindre temps d'apprentissage pour le personnel en charge des processus collaboratifs. Dans le cas de la Direction d'exploitation, cette amélioration pourrait être très efficace étant donné que les situations d'urgences se traitent sur le terrain en temps réel.

Le quatrième et dernier chapitre analyse l'interopérabilité externe du Réseau de transport de Longueuil. Pour évaluer cet aspect, la structure d'interopérabilité d'affaires – BIF est utilisée. Cette méthodologie comporte l'analyse de quatre catégories subdivisées en douze critères.

Comme pour l'EIMM, la méthodologie BIF propose cinq niveaux d'interopérabilité d'affaires possibles : aucun, minimal, modéré, qualifié et complètement interopérable. L'évaluation se fait donc sur trois étapes du cycle de vie de l'interopérabilité, à savoir : l'approche, le déploiement et, enfin, l'évaluation et la révision.

Les résultats de l'étude de l'interopérabilité externe pour les trois catégories et les douze critères sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Résumé des résultats de l'évaluation de l'interopérabilité externe

Catégorie	Critère	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires	Énoncé de l'indicateur
Gestion des relations externes	Modèle de coopération	Approche	Minimal	La coopération n'est explicitement pas définie. La coopération ne s'établit qu'avec des partenaires très bien connus
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Cibles de la coopération	Approche	Qualifié	Les cibles de la coopération sont individuellement définies et puis partagées
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Modéré	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation du modèle de coopération
	Gestion de la coopération - processus	Approche	Minimal	Il n'existe pas des processus formels de coopération. La coopération est établie individuellement avec chaque partenaire basé sur des expériences antérieures
		Déploiement	Aucun	Pas encore appliqué
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Gestion de la coopération - rôles	Approche	Qualifié	Quelques responsabilités liées aux partenaires externes sont définies
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Modéré	Évaluation occasionnelle des variables de succès. Adaptation de la gestion de la coopération
Employés et culture	Confiance	Approche	Minimal	L'importance de la confiance mutuelle est reconnue
		Déploiement	Qualifié	Appliqué à la majorité des partenariats
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Visibilité	Approche	Modéré	La visibilité des informations les plus critiques des partenaires externes est fournie
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué

Tableau 2 : Résumé des résultats de l'évaluation de l'interopérabilité externe (cont.)

Catégorie	Critère	Cycle de vie	Niveau d'interopérabilité d'affaires	Énoncé de l'indicateur
Processus d'affaires collaboratifs	Processus publics	Approche	Aucun	L'interaction interorganisationnelle est faite sur mesure à chaque occasion
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Sémantique d'affaires - documents d'affaires	Approche	Aucun	Utilisation de sémantiques individuelles
		Déploiement	Aucun	Pas encore appliqué
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Sémantique d'affaires - contexte de l'information	Approche	Aucun	Utilisation de sémantiques individuelles
		Déploiement	Aucun	Pas encore appliqué
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
Systèmes d'information	Type d'interaction	Approche	Aucun	Interaction du type humaine à humaine. Seulement téléphone, courriel, etc.
		Déploiement	Aucun	Pas encore appliqué
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Plateforme de connectivité et collaboration	Approche	Aucun	Il n'existe pas de considérations architecturales
		Déploiement	Aucun	Pas encore appliqué
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué
	Sécurité et confidentialité	Approche	Modéré	Des problèmes de sécurité et confidentialité sont définis individuellement avec chaque partenaire
		Déploiement	Minimal	Appliqué à quelques partenariats
		Évaluation et révision	Aucun	Pas évalué

Tel que mentionné pour l'analyse de l'interopérabilité interne, la structure d'interopérabilité d'affaires doit être évaluée de façon relative. Les conditions particulières des relations entre l'organisation étudiée et ses partenaires doivent être prises en compte afin de compléter l'analyse.

Dans le cas du Réseau de transport de Longueuil, il y a deux situations particulières à considérer. D'un côté, le travail de la Direction de planification, développement et ingénierie est centré sur

les interactions internes. L'interaction avec des partenaires est limitée et répétitive. Donc, pour ces catégories où les résultats obtenus ne correspondent pas aux plus hauts niveaux d'interopérabilité, il se peut que la nécessité de les améliorer ne soit pas prioritaire.

Néanmoins, pour la Direction d'exploitation, dont la mission est de traiter les urgences en temps réel et sur le terrain, le partage de certaines informations critiques avec des partenaires clés est tellement important.

Présentement, le traitement des urgences n'utilise pas de systèmes informationnels. La gestion complète de ces situations se fait par communication via radio. Aucune donnée électronique n'est disponible en temps réel pour connaître les conditions sous lesquelles la crise se déroule. Bien que la flotte soit équipée avec des récepteurs GPS, l'information de localisation des autobus doit être d'abord téléchargée dans les garages du RTL.

L'option d'utiliser ces données en temps réel est étudiée par la société. De même, il faudrait que l'amélioration de l'interopérabilité externe soit également étudiée. La formalisation des processus publics et des modèles de coopération qui encadrent les relations avec les partenaires est hautement désirable. Cette formalisation peut favoriser des investissements profitables sur les technologies.

Sur le plan scientifique, les deux contributions principales de ce mémoire sont, d'abord, la revue de la littérature faite dans le premier chapitre de ce document et, ensuite, l'application dans un cas réel d'une méthodologie d'évaluation de l'interopérabilité de systèmes d'information.

Par rapport à la première contribution, nous avons étudié les contributions apportées par la communauté scientifique dans les sujets reliées aux systèmes de planification des réseaux de transport en commun, aux systèmes de prise de données et, enfin, aux méthodologies proposées pour résoudre les problèmes d'interopérabilité de systèmes d'information.

Quant à la deuxième contribution, nous avons utilisé la méthodologie ATHENA, une structure d'interopérabilité d'affaires, pour étudier la situation d'interopérabilité dans une compagnie publique de transport en commun, le Réseau de Transport de Longueuil. Nous avons ainsi déterminé le niveau d'interopérabilité interne et externe de cette entreprise en analysant les variables proposées par ATHENA.

De façon générale, les limites principales de ce mémoire sont reliées aux limites de l'application de la structure ATHENA dans un cas réel. L'accès à l'information et le type d'industrie dans laquelle se déroule cette étude sont clés pour définir la portée.

Quant à l'accès à l'information, la structure d'interopérabilité requière un approfondissement dans le niveau de connaissance de l'entreprise étudiée. Une vision plus claire sur la manière de faire les affaires de l'organisation est requise. Une observation continue sur le terrain est désirable pour compléter l'information récolté à partir des entrevues réalisés aux questionnaires. Pour ce faire, un stage dans la compagnie analysée est recommandable.

De même, le type d'industrie influence les résultats obtenus. Le RTL est une entreprise du secteur publique, qui n'a pas de concurrence directe, et son travail ne se centre pas sur l'exploitation des relations internes ou externes basées sur des TIC. Par contre, les structures d'interopérabilité d'affaires, dont nous avons choisi ATHENA, dédient une grande attention à l'analyse des technologies de l'information à partir d'un point de vue principalement technique. Dans ce contexte, l'application d'une structure d'interopérabilité d'affaires reste limitée aux aspects plus organisationnels de la compagnie.

Cependant, pour des projets futurs, la portée de l'application de la structure ATHENA pourrait s'éteindre aux aspects purement technologiques des relations internes du RTL. Pour ce faire, il sera nécessaire de compter sur une équipe multidisciplinaire, dont la participation d'ingénieurs informatiques est importante.

Il est aussi important de développer ce type d'études dans autres types d'industries, où il existe un impact important des relations basées sur les technologies de l'information et la communication. Dans ce sens, un tel cas peut être recherché dans les industries où des systèmes ERP soient envisagés ou ils soient déjà en place. Cela sous l'hypothèse que l'adoption d'un système ERP reconnaît les besoins d'une compagnie de baser les relations internes et externes sur des technologies de l'information.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Langevin, B. Agard, P. Baptiste, R. Pellerin, D. Riopel, M. Trépanier, et J.-M. Frayret, *Planification réactive de la logistique des interventions d'urgence*, École Polytechnique de Montréal: CRSNG, 2007.
- [2] RTL, "Plan stratégique 2003-2013 du Réseau de transport de Longueuil," 2004.
- [3] INTEROP, "INTEROP Network of Excellence - Deliverable DI.2," Rapport technique, 2006. [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/interop-noe-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].
- [4] K. Laudon et J. Laudon, *Management Information Systems* 11 édition^e éd.: Prentice Hall, 2009.
- [5] G. Desautniers, "Bus and driver scheduling in urban mass transit systems " in *Travel and Transportation Workshop Minneapolis, Minnesota*, 2002.
- [6] B. Barabino, "Transit Bus Route Network Design: A model and its application in a real network," in *15th International Conference on Urban Transport and the Environment, Urban Transport 2009, June 22, 2009 - June 24, 2009, Bologna, Italy*, vol. 107, 2009, pp. 369-382. <http://dx.doi.org/10.2495/UT090331>. [Consulté le 1er février 2010].
- [7] W. Kim, B. Son, J.-H. Chung, et E. Kim, "Development of real-time optimal bus scheduling and headway control models," *Transportation Research Record*, no. Compendex, pp. 33-41, 2009.
- [8] H. Yang et D. Luo, "Optimal regional bus timetables using Improved Genetic Algorithm," in *2009 2nd International Conference on Intelligent Computing Technology and Automation, ICICTA 2009, October 10, 2009 - October 11, 2009, Changsha, Hunan, China*, vol. 3, 2009, pp. 213-216. <http://dx.doi.org/10.1109/ICICTA.2009.518>. [Consulté le 1er février 2010].
- [9] Z. Liu, J. Shen, H. Wang, et W. Yang, "Regional Bus Timetabling Model with Synchronization," *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, vol. 7, no. Compendex, pp. 109-112, 2007.

- [10] D. YongFeng, L. NaNa, D. ZhengChao, G. Junhua, et L. Weini, "Research on model and its solving algorithm for transit scheduling problem," in *2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2009, April 11, 2009 - April 12, 2009, Zhangjiajie, Hunan, China*, vol. 3, 2009, pp. 836-839. <http://dx.doi.org/10.1109/ICMTMA.2009.303>. [Consulté le 1er février 2010].
- [11] Z. Yang, Q. Zhao, S. Zhao, L. Jin, et Y. Mao, "Optimization of bus scheduling based on an artificial immune algorithm," in *8th International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals - Logistics: The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China, July 31, 2008 - August 3, 2008, Chengdu, China*, 2008, pp. 3648-3655. [http://dx.doi.org/10.1061/40996\(330\)535](http://dx.doi.org/10.1061/40996(330)535). [Consulté le 1er février 2010].
- [12] A. Hadjar, O. Marcotte, et F. Soumis, "A branch-and-cut algorithm for the multiple depot vehicle scheduling problem," *Operations Research*, vol. 54, no. Compendex, pp. 130-149, 2006.
- [13] M. Rekik, J.-F. Cordeau, et F. Soumis, "Solution approaches to large shift scheduling problems," *RAIRO - Operations Research*, vol. 42, no. Compendex, pp. 229-258, 2008.
- [14] Z. Liu et J. Shen, "Synchronized optimization model of regional bus scheduling system based on multilevel programming," in *International Conference on Transportation Engineering 2007, ICTE 2007, July 22, 2007 - July 24, 2007, Chengdu, China*, 2007, pp. 1261-1266. [http://dx.doi.org/10.1061/40932\(246\)207](http://dx.doi.org/10.1061/40932(246)207). [Consulté le 1er février 2010].
- [15] I. Elhallaoui, D. Villeneuve, F. Soumis, et G. Desaulniers, "Dynamic aggregation of set-partitioning constraints in column generation," *Operations Research*, vol. 53, no. Compendex, pp. 632-645, 2005.
- [16] J. C. Sutton, "Synthesis 55 : Geographic information systems applications in transit - A synthesis of transit practices," Transportation Research Board, Washington D.C., Rapport technique, 2004. [En ligne]. Disponible: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_syn_55.pdf. [Consulté le 1er février 2010].
- [17] Y. Lao et L. Liu, "Performance evaluation of bus lines with data envelopment analysis and geographic information systems," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 33, no. 4, pp. 247-255, 2009.
- [18] Q. Li, Y.-J. Wang, et Y. Zhou, "Readjustment effect analysis of public bus network in Beijing," *Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng Yu Xinxi/ Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 27-33, 2008.

- [19] J. Njeri Kamatu, T. N. Hutchins, A. G. Wagner, et J. H. Lambert, "Mapping and accessibility analysis of Virginia transit systems," *Charlottesville, VA, United states*, 2007. <http://dx.doi.org/10.1109/SIEDS.2007.4374027>. [Consulté le 1er février 2010].
- [20] H. Golani, "Use of archived bus location, dispatch, and ridership data for transit analysis," *Transportation Research Record*, no. 1992, pp. 101-112, 2007.
- [21] D. Yu, S. Mishra, et J. Lin, "Visualization of bus schedule adherence using GIS," *Chicago, IL, United states*, 2006, pp. 159-164. [http://dx.doi.org/10.1061/40799\(213\)27](http://dx.doi.org/10.1061/40799(213)27). [Consulté le 1er février 2010].
- [22] L. Zhu, L. Zou, et J. Xu, "Integrating GSM technology for the public transportation guidance system," *Dalian, China*, vol. 2, 2006, pp. 8550-8553. <http://dx.doi.org/10.1109/WCICA.2006.1713648>. [Consulté le 1er février 2010].
- [23] Z. Qiansheng, H. Quanyi, G. Jiming, et W. Renqiang, "A model of spatial data interoperability on oracle spatial," *Guangzhou, China*, vol. 7146, 2008. <http://dx.doi.org/10.1117/12.813103>. [Consulté le 1er février 2010].
- [24] L. Kane, B. Verma, et S. Jain, "Vehicle tracking in public transport domain and associated spatio-temporal query processing," *Computer Communications*, vol. 31, no. 12, pp. 2862-2869, 2008.
- [25] P. Hu et H. Lu, "Decision support system design for urban public transit safety based on geography information system," *Chengdu, China*, 2007, pp. 1518-1523. [http://dx.doi.org/10.1061/40932\(246\)249](http://dx.doi.org/10.1061/40932(246)249). [Consulté le 1er février 2010].
- [26] L. A. Cotfas, M. C. Croicu, et D. Cotfas, "A collaborative GIS solution for public transport," *Informatica Economica*, vol. 13, no. 2, pp. 50-58, 2009.
- [27] J. Gang, G. Yinjing, L. Wenhong, S. Bo, S. Jinping, R. Guoqiang, et S. Hongyu, "Design of an intelligent transportation system based on GPS and GPRS," *Hangzhou, China*, 2006, pp. 13. <http://dx.doi.org/10.1049/cp:20061178>. [Consulté le 1er février 2010].
- [28] Y. Ramakrishna, P. Ramakrishna, V. Lakshmanan, et R. Sivanandan, "Use of GPS probe data and passenger data for prediction of bus transit travel time," *Orlando, FL, United states*, vol. 320, 2008, pp. 124-133.

- [29] L. Vanajakshi, S. C. Subramanian, et R. Sivanandan, "Travel time prediction under heterogeneous traffic conditions using global positioning system data from buses," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 1-9, 2009.
- [30] A. Rubio Fernandez, "Satellite location and public transport bus network management La localizacion por satelite y la gestion de redes de autobuses de transporte publico," *Carreteras*, vol. 4, no. 156, pp. 79-82, 2007.
- [31] N. B. Hounsell, B. P. Shrestha, J. R. Head, S. Palmer, et T. Bowen, "The way ahead for London's bus priority at traffic signals," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 2, no. 3, pp. 193-200, 2008.
- [32] N. B. Hounsell, B. P. Shrestha, F. N. McLeod, S. Palmer, T. Bowen, et J. R. Head, "Using global positioning system for bus priority in London: Traffic signals close to bus stops," *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 1, no. 2, pp. 131-137, 2007.
- [33] H. Liu, W.-H. Lin, et C.-W. Tan, "Operational strategy for advanced vehicle location system-based transit signal priority," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 133, no. 9, pp. 513-522, 2007.
- [34] W. Ma et X. Yang, "Design and evaluation of an adaptive bus signal priority system base on wireless sensor network," *Beijing, China*, 2008, pp. 1073-1077. <http://dx.doi.org/10.1109/ITSC.2008.4732696>. [Consulté le 1er février 2010].
- [35] C.-F. Liao et G. A. Davis, "Simulation study of bus signal priority strategy: Taking advantage of global positioning system, automated vehicle location system, and wireless communications," *Transportation Research Record*, no. 2034, pp. 82-91, 2007.
- [36] M. Chen, X. Liu, et J. Xia, "Dynamic prediction method with schedule recovery impact for bus arrival time," 2005, pp. 208-217.
- [37] R. Jeong et L. R. Rilett, "Prediction model of bus arrival time for real-time applications," 2005, pp. 195-204.
- [38] C. Pangilinan, N. Wilson, et A. Moore, "Bus supervision deployment strategies and use of real-time automatic vehicle location for improved bus service reliability," *Transportation Research Record*, no. 2063, pp. 28-33, 2008.

- [39] B. Predic, D. Stojanovic, S. Djordjevic-Kajan, A. Milosavljevic, et D. Rancic, "Prediction of bus motion and continuous query processing for traveler information services," *Varna, Bulgaria*, vol. 4690 LNCS, 2007, pp. 234-249.
- [40] L. D'Acierno, A. Carteni, et B. Montella, "Estimation of urban traffic conditions using an Automatic Vehicle Location (AVL) System," *European Journal of Operational Research*, vol. 196, no. 2, pp. 719-736, 2009.
- [41] S. P. Robinson, "Determining london bus stop locations by means of an automatic vehicle location system," *Transportation Research Record*, no. 2064, pp. 24-32, 2008.
- [42] P. G. Furth, J. G. Strathman, et B. Hemily, "Making automatic passenger counts mainstream accuracy, balancing algorithms, and data structures," 2005, pp. 207-216.
- [43] M. Chen, X. Liu, J. Xia, et S. I. Chien, "A dynamic bus-arrival time prediction model based on APC data," *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, vol. 19, no. 5, pp. 364-376, 2004.
- [44] M. Hammerle, M. Haynes, et S. McNeil, "Use of automatic vehicle location and passenger count data to evaluate bus operations - Experience of the Chicago transit authority, Illinois," *Transportation Research Record*, no. 1903, pp. 27-34, 2005.
- [45] M. N. Milkovits, "Modeling the factors affecting bus stop dwell time use of automatic passenger counting, automatic fare counting, and automatic vehicle location data," *Transportation Research Record*, no. 2072, pp. 125-130, 2008.
- [46] B. Menezes, K. Laddhad, B. Karthik, et K. Dutta, "Challenges in RFID Deployment - A case study in public Transportation," in *ICEG 2006: The 4th International Conference on E-Governance, Delhi, India*, vol. 1, 2006, pp. 67-74. <http://www.iceg.net/iceg2006tg.pdf>. [Consulté le 1er février 2010].
- [47] W. Sriborrurux, P. Danklang, et N. Indra-Payoong, "The design of RFID sensor network for bus fleet monitoring," *Phuket, Thailand*, 2008, pp. 103-107. <http://dx.doi.org/10.1109/ITST.2008.4740237>. [Consulté le 1er février 2010].

- [48] SmartCardAlliance, "Alliance Activities : Publications : RF-Enabled Applications and Technology," pp., 2010. Disponible: <http://www.smartcardalliance.org/pages/smart-cards-faq>. [Consulté le 1er février 2010].
- [49] P. T. Blythe, "Improving public transport ticketing through smart cards," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, vol. 157, no. 1, pp. 47-54, 2004.
- [50] F. Cheung, "Implementation of Nationwide public transport smart card in the Netherlands: Cost-benefit analysis," *2001 Wisconsin Avenue NW, Green Building, Washington, DC 20007, United States*, 2006, pp. 127-132.
- [51] H. Iseki, A. C. Yon, et B. D. Taylor, "Are smart cards the smart way to go? Examining their adoption by U.S. transit agencies," *Transportation Research Record*, no. 1992, pp. 45-53, 2007.
- [52] A. C. Yoh, H. Iseki, B. D. Taylor, et D. A. King, "Interoperable transit smart card systems: Are we moving too slowly or too quickly?," *Transportation Research Record*, no. 1986, pp. 69-77, 2006.
- [53] J. M. Farzin, "Constructing an automated bus origin-destination matrix using farecard and global positioning system data in Sao Paulo, Brazil," *Transportation Research Record*, no. 2072, pp. 30-37, 2008.
- [54] J. Y. Park, D.-J. Kim, et Y. Lim, "Use of smart card data to define public transit use in Seoul, South Korea," *Transportation Research Record*, no. 2063, pp. 3-9, 2008.
- [55] C. Morency, M. Trépanier, et B. Agard, "Analysing the variability of transit users behaviour with smart card data," in *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Toronto, ON, Canada*, 2006, pp. 44-49.
- [56] C. Morency, M. Trépanier, et B. Agard, "Measuring transit use variability with smart-card data," *Transport Policy*, vol. 14, no. 3, pp. 193-203, 2007.
- [57] L. Di Pietrantonio, "Towards a single European railway system-the benefits of conventional rail interoperability," *London, UK*, 2001, pp. 5-1.
- [58] P. Fodiman et P. E. Gautier, "Noise emission limits for railway interoperability in Europe: application to high-speed and conventional rail," *Germany*, 2005, pp. 77-8.

- [59] L. Tavasszy, "Special Issue: Rail Freight Interoperability in Europe: Lessons from the Reorient Project," *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, vol. 9, no. 1, pp. 1-3, 2009.
- [60] D. Chen, "Framework for enterprise interoperability," in *8ème Congrès international de Génie Industriel - CIGI 2009, Bagnères de Bigorre, France*, 2009.
- [61] IEEE, *IEEE standard computer dictionary: a compilation of IEEE standard computer glossaries*: IEEE, 1990.
- [62] F. Vernadat, *Enterprise modelling and integration: principles and applications*, London: Chapman & Hall, 1996.
- [63] IDEAS, "IDEAS project deliverables (WP1-WP7), public report," Rapport technique, 2003. [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/ideas-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].
- [64] D. Chen, G. Doumeingts, et F. Vernadat, "Architectures for enterprise integration and interoperability: Past, present and future," *Computers in Industry*, vol. 59, no. 7, pp. 647-659, 2008.
- [65] A. W. G. A. C4ISR, "C4ISR Architecture Framework Version 2.0," Rapport technique, 1997. [En ligne]. Disponible: <http://www.afcea.org/education/courses/archfwk2.pdf>. [Consulté le 1er février 2010].
- [66] IDEAS, "Interoperability Development for Enterprise Application and Software - Road maps (Deliverables D 3.4, D 3.5, D 3.6)," Rapport technique, 2002. [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/ideas-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].
- [67] ATHENA, "Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application - Deliverable Number: D.A1.4.1," Rapport technique, 2005. [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/athena-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].
- [68] ATHENA, "Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application - Deliverable Number: D.A4.2," Rapport technique, 2007.

- [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/athena-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].
- [69] ATHENA, "ATHENA Model-Driven Interoperability (MDI) Framework," pp., 2008. Disponible: <http://www.modelbased.net/mdi/index.html>. [Consulté le 1er février 2010].
- [70] Y. Naudet, T. Latour, et D. Chen, "A systemic approach to interoperability formalization," *P.O. Box 211, Amsterdam, 1000 AE, Netherlands*, vol. 17, 2008. <http://dx.doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.2889>. [Consulté le 1er février 2010].
- [71] W. Guedria, Y. Naudet, et D. Chen, "Contribution of system theory to develop enterprise interoperability," in *8ème Congrès international de Génie Industriel - CIGI 2009, Bagnères de Bigorre, France*, 2009.
- [72] Y. Naudet, T. Latour, W. Guedria, et D. Chen, "Towards a systemic formalisation of interoperability," *Computers in Industry*, vol. 61, no. Compendex, pp. 176-185, 2010.
- [73] D. Chen et N. Daclin, "Barriers Driven Methodology For Enterprise Interoperability," in *Establishing The Foundation Of Collaborative Networks, IFIP International Federation for Information Processing*, L. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, a. P. Novais, et C. Analide, Éd., vol. 243/2007, Boston: Springer 2007, pp. 453-460.
- [74] N. Daclin, D. Chen, et B. Vallespir, "Methodology for enterprise interoperability," *P.O. Box 211, Amsterdam, 1000 AE, Netherlands*, vol. 17, 2008. <http://dx.doi.org/10.3182/20080706-5-KR-1001.2896>. [Consulté le 1er février 2010].
- [75] A. J. Berre, B. Elvesoeter, N. Figay, C. Guglielmina, S. G. Johnsen, D. Karlsen, T. Knothe, et S. Lippe, "The ATHENA Interoperability Framework : New Challenges and Approaches," in *Enterprise Interoperability II*, R. Jardim-Gonçalves, J. P. Müller, K. Mertins, et M. Zelm, Éd., London: Springer-Verlag, 2007, pp. 569-580. 10.1007/978-1-84628-858-6. [Consulté le 1er février 2010].
- [76] A. Le Guen, "Réingénierie des processus décisionnels en situation d'urgence d'une société de transport collectif," École Polytechnique Montréal, 2010.
- [77] RTL, "Rapport annuel 2009 - Réseau de transport de Longueuil," 2009.
- [78] RTL, "Budget 2009 du Réseau de transport de Longueuil," 2008.

- [79] RTL, "Plans d'action du Réseau de transport de Longueuil - Bilan 2008," 2009.
- [80] RTL, "L'administration - Réseau de transport de Longueuil," pp., 2010. Disponible: http://www.rtl-longueuil.qc.ca/pages/ad_admi.htm. [Consulté le 1er février 2010].
- [81] RTL, "Devis technique. Développement du système géomatique du RTL," 2008.
- [82] B. Fayech, S. Hammadi, S. Mouche, et P. Borne, "Urban bus traffic regulation by evolutionary algorithms," in *2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, October 7, 2001 - October 10, 2001, Tucson, AZ, United states*, vol. 2, 2001, pp. 1316-1322. <http://dx.doi.org/10.1109/ICSMC.2001.973103>. [Consulté le 1er février 2010].
- [83] M. Dridi, K. Mesghouni, et P. Borne, "Traffic control in transportation systems," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 16, no. Compendex, pp. 53-74, 2005.
- [84] ATHENA, "Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Application - Deliverable Number: D.B3.1-4," Rapport technique, 2007. [En ligne]. Disponible: http://interop-vlab.eu/ei_public_deliverables/athena-deliverables. [Consulté le 1er février 2010].