



Centre d'Etudes Supérieures d'Aménagement

La vulnérabilité des transports en commun :
Dans quelle mesure l'information dans les pôles d'échanges
participe-t-elle à la régulation de situations perturbées ?

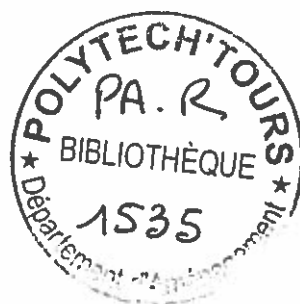
Sous la direction de Philippe Mathis, Professeur en aménagement-urbanisme

Mémoire de recherche de 3^{ème} année
de Magistère d'aménagement

Coquio Julien
Année 2002-2003



7AG3 NR 2003 CQ



Remerciements

Je tiens en premier lieu à exprimer ma plus vive reconnaissance envers mon tuteur, Monsieur le Professeur Philippe Mathis, pour les conseils qu'il m'a prodigués, l'aide et le soutien qu'il m'a apportés tout au long de ce travail.

Je tiens à remercier Monsieur Hervé Baptiste, Maître de Conférences au CESA, pour les conseils dont il m'a fait part lors des quelques entretiens que nous avons eus, notamment au début de mes investigations.

Qu'il me soit également permis de remercier Monsieur Van der Heijden, Professeur à l'Université de Nijmegen, pour ses remarques pertinentes.

A Madame Winnie Daamen, Professeur à L'Université de Delft, j'exprime ma plus profonde gratitude. Les renseignements qu'elle m'a communiqués m'ont été fort utiles.

Je suis reconnaissant envers Monsieur Patrick Gendre, travaillant au CERTU, pour les données qu'il m'a fait parvenir.

Enfin, que Mesdames Henriette Langard et Pascale Le Harper soient remerciées pour leur aide lors de mes recherches bibliographiques.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION.....	3
I CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE.....	5
I. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AUX TRANSPORTS	6
II. DEFINITION DU SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN A ETUDIER.....	11
III. DESCRIPTION DE NOTRE SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN	17
IV. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AU RISQUE	22
II FACTEURS DE VULNERABILITE ET OUTILS DE PROTECTION DU SYSTEME	32
I. LES FACTEURS DE VULNERABILITE DU SYSTEME.....	33
II. LES MOYENS DE PROTECTION DU SYSTEME	43
III LA REGULATION PAR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES.....	56
I. PERTURBATIONS ET DYSFONCTIONNEMENTS AU NIVEAU DES POLES D'ECHANGES.....	57
II. L'INFORMATION POUR LES VOYAGEURS DANS LES TRANSPORTS EN COMMUN	69
III. DONNEES GENERALES SUR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES	73
IV. L'INFORMATION EN TEMPS REEL DANS LES POLES D'ECHANGES : UN OUTIL POUR DIMINUER LA VULNERABILITE ?	77
CONCLUSION	96
BIBLIOGRAPHIE.....	98
TABLE DES SIGLES.....	103
TABLE DES ILLUSTRATIONS	104
TABLE DES MATIERES.....	105

INTRODUCTION

Durant les cinquante dernières années, l'évolution de l'espace a été caractérisée en Europe par une concentration des hommes dans les grandes agglomérations, un étalement urbain et une spécialisation croissante de l'espace, à l'origine d'une très forte croissance de la mobilité. D'autres phénomènes ont également joué un rôle plus ou moins important. Citons à titre d'exemple l'augmentation du niveau de vie, le développement d'axes de communication rapides, le besoin croissant de mobilité du personnel dans le secteur des services, etc. Ainsi, le nombre de kilomètres effectué par jour par personne en Europe est passé de 17 kilomètres par jour en 1970 à 35 kilomètres en 1998 [COMMISSION EUROPEENNE, 2001a, p.12]. Cette croissance a principalement profité à la route et en particulier à l'automobile, à tel point que le terme « hégémonie » est parfois employé pour désigner la prééminence de ce mode : « la croissance de la mobilité est largement le fait d'un mode de transport : l'automobile. Et cette croissance perdure malgré la volonté affichée de la juguler afin de réduire ses coûts environnementaux (qualité de l'air, bruit), économiques (encombrement), sociaux (disparition des espaces publics, exclusion) et humains (accidents de la route) » [LATTIS, 2001, p.10].

Ce déséquilibre modal est donc la source de nombreux problèmes. A l'heure où la mobilité est considérée comme un acquis, voire un droit, un enjeu important est le rééquilibrage entre les différents modes de transport, tant pour le fret que pour les voyageurs. Ainsi, « le Conseil européen de Göteborg a placé le rééquilibrage entre les modes de transport au cœur de la stratégie de développement durable » [COMMISSION EUROPEENNE, 2001a, p.15]. De nombreuses initiatives allant dans ce sens ont été prises à différents niveaux (ex : Plans de Déplacements Urbains dans de nombreuses agglomérations françaises). La mise en place d'un système de transport durable est de plus en plus prônée mais dans les faits, les nuisances liées aux transports ne cessent de s'accroître. Le problème à résoudre est en effet extrêmement complexe en raison de la difficulté pour les transports publics d'atteindre un degré de performance égalant celui des véhicules individuels : « d'une part, les discontinuités dans les déplacements en transport public (attentes à l'arrêt, changements de lignes, changement de mode), sont généralement mal vécues par les usagers, et d'autre part, la non-utilisation des transports publics est liée à des préjugés tenaces concernant leurs performances et la pénibilité des ruptures de charge que leur usage nécessite » [LATTIS, 2001, p.9]. L'automobile offre une disponibilité et une souplesse spatio-temporelle plus importante : « l'automobile, de par la maîtrise étendue de l'espace-temps qu'elle permet multiplie les opportunités d'associer des activités à de la mobilité pour une plus grande accessibilité. Les transports publics permettent beaucoup moins ce type de chaînage, ce qui les rend moins attractifs car d'un usage moins flexible » [LATTIS, 2001, p.11].

De nombreuses mesures, dans différents domaines, et à de multiples niveaux d'intervention sont nécessaires si l'on veut parvenir à un report modal : tarification, revitalisation des modes de transport alternatifs à la voiture, politiques de recherche, politiques d'aménagement du territoire et urbanisme, etc. L'importance d'une combinaison et d'une coordination de ces mesures est de plus en plus reconnue : "One measure on its own is unlikely to be successful, no matter how stringent : best practice is invariably a combination or "package" of traffic bans, public transport improvements, supporting land use policies, and consistent price signals" [BUTTON & HENSHER, 2001, p.31].

Champ d'intervention parmi d'autres, l'amélioration de la qualité de service des transports en commun constitue néanmoins un élément décisif du report modal des voyageurs. L'exigence des usagers est très importante et porte notamment sur les aspects liés au confort des véhicules, aux ruptures de charge, à la disponibilité du mode de transport, à la rapidité, à la fiabilité et à la sécurité¹. Les questions liées à la fiabilité et à la sécurité revêtent un enjeu stratégique majeur, en partie imputable à la nature contractuelle des transports en commun. Pour tout trajet programmé, le voyageur doit avoir l'assurance qu'il sera mené à terme dans les conditions de sécurité et de confort requises. En contrepartie, il a l'obligation de ne pas dégrader les éléments du transport, aggraver les autres voyageurs, ou perturber la bonne marche des transports en commun. Par conséquent, les systèmes de transport en commun se doivent d'être peu vulnérables aux différents aléas potentiels dans le but d'éviter de trop grandes fluctuations dans le temps de la qualité de service fournie aux voyageurs.

Or les questions liées à la vulnérabilité des transports en commun sont rarement abordées dans leur globalité et l'intégration de ce paramètre dans la mesure de la qualité de service d'un système de transport en commun est peu souvent effective, hormis si l'on excepte les problèmes liés à la fiabilité technique, à la sécurité des voyageurs ou du personnel. De plus, « les exigences de ponctualité et la complexification croissante des systèmes d'offre de transport devraient rendre dans le futur les systèmes de transport de plus en plus sensibles aux perturbations pouvant attenter à leur disponibilité, étant observé que les perturbations peuvent venir de défauts de la fiabilité des systèmes eux-mêmes ou de problèmes de vulnérabilité relativement à des événements extérieurs »². La fiabilité et la vulnérabilité des transports en commun constituent donc un champ d'étude et d'action pertinent pour les années à venir.

Notre recherche se place dans ce contexte et se divise en trois parties principales. Au cours de la première d'entre elles, le système de transports en commun étudié est défini et le vocabulaire lié au risque et au transport clairement explicité. Ensuite, la vulnérabilité de notre système est envisagée de manière globale, en tenant compte des moyens dont dispose celui-ci pour limiter ou éliminer les perturbations. Enfin, au cours de la troisième et dernière partie, la recherche se concentre plus précisément sur le rôle joué par l'information des voyageurs dans les pôles d'échanges multimodaux lors de situations perturbées. Les raisons expliquant ce « resserrement » du sujet auront été présentées au cours des deux parties précédentes, permettant ainsi au lecteur de comprendre le raisonnement ayant abouti à ce choix.

¹ Ces critères sont ici donnés sans ordre d'importance

² www.equipement.gouv.fr/recherche/incitatif/predit/reflexion_apres_predit.htm

I CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE

Cette partie a pour but de déterminer le contexte théorique dans lequel se situe cette recherche. Elle se basera principalement sur des définitions, s'intégrant dans deux champs différents. Tout d'abord seront définis et explicités les termes relatifs au domaine des transports, et en particulier au cas spécifique des transports en commun. Ceci nous permettra de définir le système de transports en commun à étudier. Ensuite, le vocabulaire spécifique au risque, dont la vulnérabilité est une composante, sera présenté. Une mesure de la vulnérabilité du système de transports en commun pourra alors être proposée.

I. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AUX TRANSPORTS

Il convient de donner quelques définitions référant au domaine des transports afin que les termes utilisés par la suite ne prêtent pas à confusion. Ces définitions s'appuieront principalement sur les travaux réalisés au sein du laboratoire du CESA et en particulier sur les thèses de Hervé Baptiste et de Laurent Chapelon.

1. LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

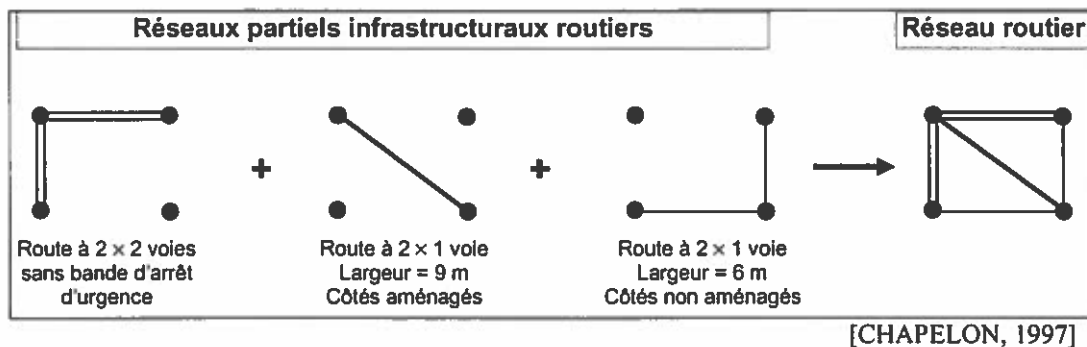
Tout d'abord, on entendra par infrastructures de transport « les installations réalisées au sol ou en souterrain à l'usage du transport de personnes ou de marchandises » [BAPTISTE, 1999]. Deux types d'infrastructures peuvent être distinguées. Tout d'abord, les « extrémités » correspondent aux infrastructures nodales, autorisant une redistribution des flux. Entrent par exemple dans cette catégorie les ports, les aéroports, les gares ferroviaires ainsi que les échangeurs autoroutiers. Ces infrastructures constituent généralement des points d'entrée et de sortie sur le réseau, et jouent alors le rôle d'interface entre plusieurs systèmes (système urbain et de transport par exemple). Selon l'échelle envisagée, elles sont amenées à jouer un rôle organisationnel plus ou moins important, en offrant la possibilité de choisir parmi plusieurs destinations, plusieurs moyens de transport, plusieurs horaires de départ, etc. Les exemples les plus significatifs sont donnés par le transport aérien et, dans une moindre mesure, maritime, pour lesquels l'aspect infrastructurel se limite aux nœuds.

Les infrastructures linéaires tels que les voies ferrées, les infrastructures routières, autoroutières ou les canaux, constituent quant à elles « le trait d'union entre deux « extrémités » » [BAPTISTE, 1999]. Elles servent donc de support aux déplacements des individus ou à l'acheminement des marchandises, soit directement (individus en situation de marche), soit par l'intermédiaire d'un moyen de transport spécifique.

2. LES RESEAUX DE TRANSPORT

Les infrastructures nodales et linéaires sont les deux composantes d'un réseau de transport, lequel peut être défini comme « un ensemble d'infrastructures de transport de même nature, matérialisé dans l'espace géographique et utilisé pour le déplacement de personnes ou de marchandises entre deux points de cet espace » [BAPTISTE, 1999]. Le terme « de même nature » nous permet de distinguer le réseau ferroviaire à grande vitesse, le réseau ferroviaire classique, ainsi que les réseaux routier et autoroutier dont les caractéristiques linéaires et nodales sont différentes. De plus, chacun de ces réseaux de transport résulte lui-même de la juxtaposition d'un ensemble de réseaux partiels infrastructureux dont le nombre varie en fonction du niveau de précision retenu pour les distinguer.

Figure 1 : Exemple d'une juxtaposition de réseaux routiers partiels



Ces remarques nous conduisent à évoquer les deux premières dimensions d'un réseau, à savoir la topologie et la cinétique.

La **topologie** du réseau correspond à son architecture. De nombreux outils issus de la théorie des graphes permettent de la caractériser.

La dimension **cinétique** du réseau est liée au temps de parcours : « le réseau définit en même temps l'espace et le temps. Il établit entre eux un nouveau rapport fondé sur la circulation, le flux, la vitesse » [DUPUY, 1991, p.88]. Cette dimension est déterminante en aménagement du territoire et urbanisme dans la mesure où le choix de nombreux acteurs est guidé par la recherche de faibles temps de parcours. En 1971, Jacques Riboud écrivait déjà à ce sujet : « c'est le temps de parcours qui compte et non la distance » [DUPUY, 1991, p.90]. On parle alors communément de « distance-temps » pour évoquer la prise en compte et bien souvent la prééminence de ce paramètre. Cependant, la dimension cinétique du réseau n'apparaît qu'avec l'utilisation des réseaux par des véhicules techniquement adaptés et selon certaines règles particulières. On peut alors introduire, selon la formule d'Alain L'Hostis la notion de « binôme fonctionnel » qui « associe à un type de véhicule et un réseau partiel infrastructurel donnés, une vitesse de circulation distincte » [L'HOSTIS, 1997, p.61].

G. Dupuy, se plaçant dans une vision systémique, ajoute à ces deux dimensions l'adaptativité du réseau, à laquelle il attribue une grande importance : « un réseau capable de s'adapter dans le temps, d'évoluer en facilitant les liaisons nécessaires par la volonté des acteurs et des modifications de l'environnement du système urbain : tel est l'idéal, écran sur lequel se projette la vision moderne du réseau » [DUPUY, 1991, p.91]. Cette adaptation peut se réaliser à plusieurs échelles temporelles. A court terme, il s'agit de fournir l'usage du maximum de relations à chaque instant. A long terme, le réseau doit être en mesure de tolérer des adaptations morphologiques majeures par la création de supports nouveaux pour de nouvelles liaisons, par l'inscription dans l'espace de nouveaux points susceptibles d'être reliés. Hervé Baptiste distingue quant à lui l'adaptativité passive et active d'un réseau¹. Par adaptativité passive, il entend la réaction à la saturation des réseaux par la construction de nouvelles infrastructures. En revanche, un réseau peut s'adapter de manière active : sa modification procède alors d'une anticipation liée à la notion de risque [BAPTISTE, 1999]. Cette dimension est fondamentale dans les questions liées à la vulnérabilité d'un réseau car ce dernier doit pouvoir s'adapter rapidement à des conditions « extérieures » fluctuantes s'il veut demeurer fiable et compétitif.

Les réseaux entretiennent de fortes relations avec l'espace dans lequel ils se situent. Tout d'abord, le réseau permet un formatage de la mobilité sur un territoire. Il a en effet pour objet d'introduire des régularités permettant de transformer l'ensemble diffus de la mobilité en un ensemble réglé dénommé circulation. Par ailleurs, la mise en place d'un réseau est source d'anisotropies spatiales. En effet, certains points sont mieux desservis que d'autres et on peut ainsi observer une ségrégation spatiale favorisant certaines zones par rapport à d'autres. Certains nœuds du réseau, s'ils sont bien connectés, peuvent devenir des lieux de centralité territoriale. N. Stathopoulos considère qu'un point-de-réseau acquiert un caractère central s'il est perçu comme une centralité importante du réseau, si la valorisation des directions de mouvement (l'offre déployée) à partir de ce point est significative à l'échelle des destinations possibles pour les voyageurs qui y accèdent et enfin si la morphologie du lieu s'harmonise avec la fonctionnalité attendue [STATHOPOULOS, 1997, p.20]. Il remarque également qu'« à notre époque, caractérisée comme civilisation rationnelle, la délimitation territoriale s'opère de plus en plus à travers les réseaux » [STATHOPOULOS, 1997, p.17]. L'influence des réseaux de transport rapides sur l'espace a été étudié par A. L'Hostis [L'HOSTIS, 1997].

Ajoutons à ceci que G. Dupuy considère que le réseau a une réalité territoriale propre, réticulaire. Celle-ci est constituée par une multitude d'acteurs rendus solidaires par des réseaux techniques infrastructurels. Le réseau efface alors l'espace géographique hors des nœuds et des liaisons et crée l'espace particulier du réseau [DUPUY, 1991]. Enfin, selon Philippe Mathis, les différents niveaux des réseaux de transport possèdent même une dimension fractale : « les réseaux de routes nationales et départementales sont globalement des graphes planaires saturés, à maille triangulaire sans possibilité de rajouter un arc sans que celui ci en coupe un autre. L'homothétie interne est donc parfaitement réelle, seule la position des sommets change et globalement cela implique une variation quasi aléatoire. La succession à divers niveaux de graphes planaires (département, région, France et Europe), constitue donc une véritable structure fractale car non seulement les graphes sont de même nature, mais les

¹ Hervé Baptiste discute ce point particulier en envisageant cette question au niveau du système de transport et non du réseau. Toutefois, l'idée sous-jacente est la même et c'est pourquoi il a été jugé opportun de le mentionner ici.

villes principales sont les mêmes aux quatre niveaux. Par contre, lorsque l'on descend d'un niveau, et que l'échelle s'agrandit, de nouvelles villes, sommets du graphe, apparaissent ainsi que de nouveaux arcs » [MATHIS, 2003]. La propriété d'autosimilarité est respectée. A ce sujet, Cyrille Genregrandpierre calcule dans sa thèse la dimension fractale des réseaux à la suite des travaux initiateurs de Pierre Frankhauser¹.

3. TYPOLOGIE DES MODES DE TRANSPORT

Un mode (ou moyen) de transport peut se définir comme « un mode de locomotion permettant de déplacer les personnes ou les marchandises » [*Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, 1988, p.512].

Nous intéressant dans ce mémoire exclusivement aux transports de personnes les modes de transport peuvent être l'automobile, le train, l'avion, le bateau, l'autobus, le métro, le tramway, le vélo, etc. Il est bon de noter que certains de ces modes peuvent également être utilisés pour transporter des marchandises, parfois même simultanément (exemple des cargos mixtes).

Une distinction entre les moyens de transport existants peut s'effectuer en considérant les modes de transport urbains (autobus, tramway, métro) ou interurbains (autocars, avion, etc.). Cependant, « cette dichotomie ne sous-entend pas que les moyens de transport pour l'une ou l'autre de ces catégories soient nécessairement différents : pour exemple, l'automobile ou le train » [BAPTISTE, 1999].

Il est par ailleurs possible de distinguer les modes de transport individuels, propriété d'une personne qui se réserve le choix de l'utilisation (automobile, bicyclette, etc.) et les modes de transport collectifs, comme l'autocar, le train, etc.

Une différenciation peut encore s'effectuer en distinguant les modes de transport partageant une infrastructure de transport de ceux ne le faisant pas. Le train est par exemple un moyen de transport en site propre qui utilise de façon exclusive l'infrastructure. Lorsqu'une infrastructure est ainsi réservée à un mode particulier, celui-ci est toujours un mode de transport collectif. En milieu urbain, de tels infrastructures donnent la priorité à ces modes et permettent d'éviter les perturbations liées à la circulation routière, dans le but d'améliorer la qualité de service fournie aux usagers. Une autre solution consiste à allouer une portion d'infrastructure à un moyen de transport, qui évolue alors sur un « site réservé ». A contrario coexistent en site banal plusieurs modes : l'automobile, le camion, l'autobus, la motocyclette, etc.

Enfin, les moyens de transport peuvent être classifiés selon le milieu utilisé : modes de transport aériens, sur l'eau (ferry, péniches, etc.) et terrestres, de loin les plus nombreux.

¹ Voir à ce sujet [FRANKHAUSER, 1994] et [GENREGRANDPIERRE, 2000]

4. LA NOTION DE SYSTEME DE TRANSPORT

Selon les termes de Michel Chesnais, « un système de transport est constitué d'un ensemble de moyens, dont la finalité fondamentale est de satisfaire un besoin de déplacement ou de transfert, ou plus généralement de communication, entre des lieux géographiques distincts » [CHESNAIS, 1980, p.12]. Il est possible de diviser un système de transport en plusieurs sous-systèmes (transport routier, ferroviaire, etc) mais aucun d'entre eux ne peut réellement être considéré indépendamment. Au cours de ce mémoire, nous serons amenés à définir un système de transports en commun, qui pourra être envisagé comme un sous-système de ce « système de transport ».

Le système de transport est lui-même en relation avec d'autres systèmes (politique, économique, etc.) et selon Hervé Baptiste, « la caractéristique fondamentale sur laquelle s'appuie la notion de système de transport est [...] liée aux interconnexions s'établissant avec l'extérieur du système » [BAPTISTE, 1999]. En effet, le besoin de déplacement est déterminé par l'environnement du système de transport, qui constitue ainsi sa raison d'être. Le système de transport n'est créé que parce qu'il répond à une finalité, la demande, qui émane des systèmes constitutifs de l'environnement. « Il devient un processeur permettant d'assurer le déplacement des objets processés que sont les personnes ou les marchandises » [BAPTISTE, 1999].

Les multiples relations qu'entretient le système avec son environnement impliquent une interdépendance entre plusieurs systèmes. Ainsi, le système de transport peut subir des perturbations liées à d'autres systèmes, comme par exemple, le blocage d'autoroutes suite à des mouvements sociaux. Inversement, les perturbations liées au système de transport peuvent se propager à d'autres systèmes : « le système de transport participe au métabolisme urbain et tout dysfonctionnement de sa part, accidentel ou chronique, se répercute sur l'activité de la ville » [MENERAULT & BARRE, 2001, p.69]. Les transports en commun ne dérogent pas à la règle. Des millions de personnes les utilisent quotidiennement et leur arrêt provisoire ou leurs perturbations ont des conséquences importantes comme par exemple l'absentéisme important sur les lieux de travail ou la saturation du trafic routier dans les grandes agglomérations.

II. DEFINITION DU SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN A ETUDIER

1. DIFFERENTES TYPOLOGIES RELATIVES AUX TRANSPORTS EN COMMUN

Le terme typologie peut être défini comme l'« étude des traits caractéristiques d'un ensemble de données en vue d'y déterminer des ensembles, des systèmes » [XOUILLOT, 1995, p.11]. Dans la mesure où nous cherchons à définir de façon rigoureuse le système de transports en commun à étudier, il est utile de débiter par la recherche de différentes classifications car une fois des ensembles déterminés, il nous sera plus aisé de définir l'objet de notre étude. Les différentes catégories reprennent en partie celles définies plus haut pour les modes de transport mais sont adaptées au cas spécifique des transports en commun.

a) Transports en commun guidés ou non guidés

Contrairement aux modes de transport individuel, tel que le vélo ou la voiture, les transports en commun peuvent être guidés. Les trains, les métros, ou encore les tramways entrent dans cette catégorie. Ils ne sont donc pas dépendants des conditions de circulation routière, contrairement aux autobus, appartenant à la classe des systèmes de transport non guidés. Cette caractéristique confère néanmoins à ces derniers d'autres avantages comme par exemple une plus grande souplesse et un coût d'exploitation moins important. Enfin, certains systèmes sont qualifiés d'« hybrides », traduisant leur possibilité de circuler à la fois en site propre et sur une chaussée traditionnelle.

b) Transports collectifs urbains et non urbains

En France, la distinction légale entre transports collectifs urbains et non urbains est fondée sur l'acte de déclaration d'existence d'un Périmètre de Transports Urbains (PTU). Selon cette définition, les transports urbains sont mis en place à l'intérieur d'un PTU dont le périmètre correspond à une ou plusieurs communes, ou encore aux limites territoriales d'un établissement public [TRANSDEV, 1998, p.106]. Les transports non urbains assurent, quant à eux des dessertes :

- réalisées en partie dans un PTU et en partie sur un ou plusieurs communes non membres d'un PTU ;
- reliant plusieurs communes n'appartenant pas à un PTU ou reliant entre eux deux PTU, distincts même contigus.

Cette distinction ne rend pas compte de façon pertinente des limites réelles de l'urbanisation car l'instauration d'un Périmètre de Transports Urbains est un acte de nature politique et administrative. Par la suite, notre différenciation se devra d'être basée sur les limites de l'urbanisation. Les transports urbains correspondront ainsi aux déplacements internes à une agglomération et les transports interurbains aux déplacements entre deux agglomérations ou entre une agglomération et la campagne environnante.

c) Transports publics et privés

Les services de transport en commun peuvent être gérés de diverses manières par des acteurs privés et publics. Le terme « transports publics » est souvent utilisé pour désigner les transports collectifs dans la mesure où ils correspondent la plupart du temps à un investissement d'acteurs publics. Toutefois, certains services de transports en commun sont entièrement privés (ex : compagnies d'autocars).

d) Typologie selon les segments de marché

Il est également possible de se baser sur les segments de marché des transports en commun. Nous pouvons ainsi distinguer [TEC n°161, sept.oct.2000, p.14] :

- les services de transport interrégional (par autocar, ferroviaires, aériens, maritimes) ;
- les services de transport départemental et régional (par autocar, ferroviaires) ;
- les services de transport urbain (par bus, par métro, ferroviaire, par tramway...) ;
- les services de transport collectif privé (ex : transport de personnel) ;
- les services de desserte scolaire et autres services spécifiques ;
- les services de desserte d'aéroport ;
- les services associés (service bagages, agences commerciales, information à distance, services de contrôle).

Le terme « transports en commun » regroupe donc des modes de transports très différents, aux finalités diverses et opérant à des échelles d'action variées. Par conséquent, il conviendra de définir ce que l'on entend précisément par « système de transports en commun ». Ce choix devra être basé sur les caractéristiques propres aux transports en commun, afin que l'objet d'étude de ce travail soit pertinent.

2. CARACTERISTIQUES SPECIFIQUES AUX TRANSPORTS EN COMMUN

Nous avons au cours de la partie I présenté les caractéristiques générales d'un système de transport et introduit le fait qu'un système de transport en commun pouvait être envisagé comme un sous-système de celui-ci. Néanmoins, les transports en commun possèdent des spécificités qui méritent notre attention dans la mesure où elles influenceront grandement sur la définition de l'objet d'étude proprement dit.

a) La présence d'un opérateur

Tout système de transports en commun possède un opérateur, responsable de son fonctionnement et de sa régulation : « la confusion entre réseau et système fait implicitement référence à la nécessité d'une constitution ad hoc de l'opérateur en tant que système de régulation interne au réseau » [STATHOPOULOS, 1997, p.40].

L'opérateur possède des moyens humains, matériels et financiers pour assurer le fonctionnement du système. Plusieurs logiques sous-tendent son action : il doit satisfaire un ensemble de besoins révélés, tout en tenant compte des impératifs économiques et des contraintes techniques. La logique de rentabilité est souvent tempérée par une logique politique (obligation de service public) mais il n'est pas toujours économiquement possible pour un opérateur d'assurer des liaisons sur des lignes peu rentables. Ainsi, contrairement au réseau virtuel qui correspond à un réseau où tous les points sont liés deux à deux, le réseau réel est "le résultat des négociations et des compromis successifs, conscients ou non, entre opérateurs et acteurs du territoire" [STATHOPOULOS, 1997, p.30].

b) Le multimodalisme et l'intermodalité

Le multimodalisme peut être défini comme l'utilisation combinée de plusieurs modes pour accomplir la totalité d'un déplacement [TROIN, 1995]. Si l'on intègre la marche à pied, tous les déplacements sont alors multimodaux. En effet, même si l'on utilise par exemple sa voiture depuis le parking situé à côté de chez soi jusqu'à son lieu de travail, des déplacements pédestres restent nécessaires pour effectuer l'ensemble du trajet.

Toutefois, si l'on exclue la marche à pied dans la définition du « multimodalisme », on constate alors que seuls les modes de transports individuels (ex : voiture, vélo, moto) sont capables d'offrir un déplacement de porte à porte pour l'utilisateur. Si l'on inclut au contraire la marche à pied, on remarque que les transports en commun peuvent de plus engendrer des déplacements pédestres relativement importants : dans le cas du TGV, la simple sortie de la gare peut prendre quinze minutes, soit le quart du temps de trajet entre Paris et Tours.

Par conséquent, les pratiques afférant aux transports en commun sont la plupart du temps plus multimodales que celles relatives aux modes de transports individuels car il n'est pas toujours possible d'effectuer l'ensemble du trajet sans changer de mode de transport, ce qui peut par ailleurs engendrer des déplacements pédestres supplémentaires. Le multimodalisme prend tout son intérêt lorsque le gain de temps procuré par le ou les modes

les plus rapides est suffisamment important pour que les pertes et contraintes dues aux connexions et aux trajets initiaux et terminaux ne rendent pas les déplacements "monomodaux" routiers plus intéressants.

Ainsi, en concurrence croissante avec la voiture particulière, l'intermodalité consiste à déployer une conception intégrée du produit transport public. C'est la performance globale des réseaux qui importe, plus que la performance de chacun d'entre eux.

Le développement du multimodalisme dépend donc étroitement de l'amélioration des mécanismes d'interface que sont les connexions inter, mais également intra-modales et des performances des trajets initiaux et terminaux.

c) L'importance des connexions nodales

Les connexions nodales relatives aux transports en commun doivent s'envisager tant au niveau spatial que temporel. Ainsi, les correspondances sont spécifiques aux transports en commun et renvoient à une dimension organisationnelle de l'offre de transport, intégrant des données temporelles. Issues de la logique ferroviaire, elles renvoyaient originellement à une « coordination des horaires entre deux trains de manière à optimiser le temps d'attente en gare tout en tenant compte du temps nécessaire au transbordement » [CHAPELON, 1997]. En les étendant à l'ensemble des systèmes de transport en commun, Laurent Chapelon les définit plus globalement comme « tout changement de véhicule nécessaire à l'accomplissement de la suite du trajet en cours, et ce, si possible dans une logique de coordination des horaires lorsqu'elles font intervenir un seul opérateur ou, plus rarement, lorsqu'une concertation a pu être menée entre plusieurs opérateurs » [CHAPELON, 1997].

De façon plus générale, les connexions peuvent être définies comme tout processus qui induit une modification des conditions de déplacement suite à un changement de réseau partiel et/ou de véhicule au cours d'un déplacement [CHAPELON, 1997]. Un changement de véhicule implique nécessairement une rupture dans le processus de transport alors que le seul changement de réseau partiel traduit une simple adaptation du mode de transport utilisé à de nouvelles conditions de déplacement. Lorsqu'une connexion s'opère au sein du même réseau de transport, il est possible de parler d'intra-connexion et lorsqu'elle implique deux réseaux distincts d'inter-connexion [CHAPELON, 1997]. Enfin, la connexion peut être considérée comme directe lorsqu'il n'y a pas de changement de véhicule et indirecte dans le cas contraire.

Figure 2 : Typologie des connexions

	Changement de réseau	Changement de véhicule	Changement de réseau partiel
Intra-connexion indirecte	NON	OUI	OUI ou NON
Intra-connexion directe	NON	NON	OUI
Inter-connexion indirecte	OUI	OUI	OUI
Inter-connexion directe	OUI	NON	OUI

[CHAPELON, 1997]

Selon cette typologie, nous pouvons remarquer que les connexions indirectes sont spécifiques aux transports en commun. Selon Laurent Chapelon, elles sont amenées à prendre une importance sans cesse croissante avec le développement des pratiques multi-systèmes, notamment dues au développement des modes de transport collectifs rapides comme l'avion ou le TGV. Leur optimisation revêt un caractère stratégique déterminant dans le développement des transports en commun et peut s'effectuer tant par l'amélioration de la qualité infrastructurelle des nœuds, que par la coordination entre les différents opérateurs concernés.

Elles ne possèdent cependant pas toutes les même enjeux car agissent à différents niveaux. Laurent Chapelon distingue ainsi les connexions de premier niveau concernant exclusivement la partie principale du trajet (celle effectuée par les systèmes les plus rapides de la chaîne), les connexions de deuxième niveau effectuées entre ces systèmes rapides et les systèmes nécessaires à l'accomplissement de tout ou partie du trajet initial ou terminal et enfin, les connexions de troisième niveau au sein même de ce trajet initial ou terminal [CHAPELON, 1997].

Suite au développement de modes de transport collectifs rapides, le poids temporel relatif des connexions indirectes de premier niveau a augmenté de façon importante, « allant parfois, lorsqu'elles sont mal organisées, jusqu'à annuler les gains obtenus sur les trajets interurbains par les systèmes à grande vitesse » [CHAPELON, 1997]. De surcroît, elles constituent une contrainte, une rupture dans la continuité d'un déplacement et leurs effets psychologiques, en particulier sur certains types de population tels les personnes âgées, ne sont pas à négliger. Les gains obtenus sur les trajets interurbains par les transports en commun devant subir un minimum d'altérations, la valorisation des connexions nodales indirectes est donc très importante et nécessite « une réorganisation judicieuse des systèmes dans une logique de complémentarité entre les niveaux d'organisation concernés (locaux, départementaux, régionaux, nationaux voire internationaux) » [CHAPELON, 1997].

Par ailleurs, il est fondamental de se positionner dans une logique de transport de type porte à porte donc d'étudier l'intégralité de la chaîne de transport, incluant les trajets initiaux et terminaux.

d) Les trajets initiaux et terminaux

L'autre conséquence de l'accroissement des vitesses de transport est en effet le rôle plus important joué par les trajets initiaux et terminaux dans la chaîne complète de déplacement. Ces trajets renvoient aux déplacements effectués avant et après l'utilisation du réseau le plus rapide de la chaîne et peuvent être effectués à pied, en voiture particulière ou en transports en commun. Dans tous les cas, ils sont de grands consommateurs de temps et ceci se fait d'autant plus ressentir que le gain de temps offert par les réseaux rapides est important et que le trajet sur le réseau principal est court. Si les réseaux de transport rapides impliquent une contraction spatio-temporelle, les trajets initiaux et terminaux, si leur vitesse moyenne est peu élevée, produisent l'effet inverse, à savoir une dilatation spatio-temporelle. En effet, « le lien entre le temps que l'on met pour accéder à un lieu et la distance à ce lieu introduit une dimension dynamique. On peut observer des phénomènes de rapprochement et d'éloignement qui induisent l'idée d'un « espace élastique » » [L'HOSTIS, 1997]. A ce niveau, la saturation grandissante des réseaux urbains dans les grandes agglomérations provoque la dilatation de l'espace-temps. Celle-ci s'ajoute à la dilatation spatiale des aires urbaines et la combinaison de ces deux phénomènes s'oppose à la contraction relative des zones rurales [L'HOSTIS, 1997]. Les cartes ci-contre issues de la thèse de Alain L'Hostis mettent bien en évidence ce phénomène.

Le gain de temps procuré par les modes de transport rapide au cours des dernières décennies a donc donné une importance accrue aux interconnexions et aux trajets initiaux et terminaux. Cette remarque nous conduit naturellement à évoquer la nécessité de la prise en compte de la totalité de la chaîne de déplacements dans la définition de notre système.

Par conséquent, notre système de transports en commun sera basé sur des modes de transport interurbains et urbains, en n'omettant pas de considérer leur connexion au niveau des pôles d'échanges. Ceci nous permet de prendre en compte des chaînes de déplacements (ex : tramway-train-métro-bus).

Nous nous concentrerons pour les trajets interurbains sur les relations ferroviaires. Ce choix est dû à la présence d'enjeux environnementaux importants pour le transport ferroviaire. Le point de départ de notre recherche partait en effet d'un constat, à savoir les nuisances environnementales liées à l'hégémonie du transport sur route et la nécessité de favoriser un report modal de la voiture vers des moyens de transport moins polluants.

Ainsi, la connexion entre les modes de transport urbain et interurbain se fera au niveau des gares.

III. DESCRIPTION DE NOTRE SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN

1. DONNEES THEORIQUES SUR L'APPROCHE SYSTEMIQUE

Née au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, l'approche systémique, appartient aujourd'hui au courant scientifique qui envisage les éléments de processus complexes comme composants d'un ensemble où ils sont en relation de dépendance réciproque.

De nombreuses définitions du terme « système » peuvent se trouver dans des domaines divers et variés. Ainsi, à titre d'exemple, de Saussure définit le système comme une « totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité » [DURAND, 1979, p.7]. Jean-Louis Le Moigne définit quant à lui ainsi un système comme « un objet qui, dans un environnement, doté de finalités, exerce une activité [i.e. une fonction] et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique » [LE MOIGNE, 1977].

a) Quatre concepts fondamentaux

Quatre concepts fondamentaux caractérisent un système.

Tout d'abord, l'**interaction** entre les éléments d'un système est « l'action réciproque modifiant le comportement ou la nature de ces éléments » [DURAND, 1979, p.9]. De nombreux types d'interactions entre deux éléments d'un système peuvent être distingués :

- la relation de cause à effet ;
- la relation temporelle dans laquelle un événement A est suivi avec un certain décalage d'un événement B ;
- la relation dite de rétroaction, ou de feed-back, dans laquelle une action de B sur A suit une première action de A sur B. Cette relation peut être amplificatrice, ou au contraire compensatrice ou régulatrice ;
- l'interaction indirecte dans laquelle une action partie de A et passée par plusieurs éléments revient sur A, créant ainsi une boucle ou un cycle plus ou moins long et compliqué.

La **totalité** d'un système est liée au fait que ce dernier constitue un tout non réductible à ses parties. Déjà au XVI^{ème} siècle, Pascal écrivait : « je tiens pour impossible de connaître les parties sans le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties » Le tout « implique l'apparition de qualités émergentes que ne possédaient pas les parties » [DURAND, 1979, p.10]. Ceci nous conduit au troisième concept fondamental : l'organisation.

L'**organisation**, concept central de la systémique, est « un agencement de relations entre composants ou individus qui produit une nouvelle unité possédant des qualités que n'ont pas ses composants » [DURAND, 1979, p.10]. L'organisation revêt deux aspects : un aspect structurel et un aspect fonctionnel.

Enfin, le degré de **complexité** d'un système dépend à la fois du nombre de ses éléments et du nombre et des types de relations qui lient ces éléments entre eux.

b) Description sommaire d'un système

Après avoir présenté les quatre concepts fondamentaux de l'approche systémique, il paraît souhaitable de donner une description sommaire d'un système. Celle-ci nous permettra dans une étape ultérieure de pouvoir décrire notre système de transports en commun. Cette description se base sur les deux aspects de l'organisation d'un système évoqués plus haut, à savoir les dimensions structurelle et fonctionnelle.

Quatre composants caractérisent l'aspect structurel d'un système :

- une **frontière**, plus ou moins perméable, le séparant de son environnement ;
- des **éléments** pouvant être identifiés, dénombrés et classés ;
- un **réseau de transport ou de communication** véhiculant des matières solides, liquides ou gazeuses, de l'énergie, ou encore de l'information ;
- des **réservoirs**, dans lesquels sont stockés des matières, de l'énergie, des produits, de l'information, de l'argent, etc. Leur existence évite l'emballement ou le blocage du système. La présence de stocks dans ces réservoirs permet une redondance des éléments constitutifs des systèmes, facilitant les opérations de régulation, comme nous le verrons par la suite.

Nous intéressant maintenant à l'aspect fonctionnel, nous pouvons distinguer :

- des **flux** de nature diverse, circulant dans les divers réseaux et transitant dans les réservoirs du système ;
- des **centres de décision et de régulation** recevant les informations et les transformant en actions, en agissant par exemple sur les débits des différents flux ;
- des **boucles de rétroaction** qui ont pour objet d'informer les décideurs de ce qui se passe en aval et donc de leur permettre de prendre leurs décisions en connaissance de conséquence ; Il est à signaler que certaines boucles, comme le feed-back par exemple, sont des rétroactions automatiques.
- des **délais**, permettant de procéder aux ajustements dans le temps nécessaires à la bonne marche du système.

2. DESCRIPTION DE NOTRE SYSTEME

L'approche systémique permet de schématiser des ensembles complexes, dont fait partie notre système de transports en commun. Ceci implique nécessairement une simplification du réel. Par conséquent, la description du système ne sera pas réalisée dans un but d'exhaustivité mais afin de mieux appréhender par la suite notre objet d'étude. Quelques propos de J.L Le Moigne nous confortent dans ce choix : « le percevoir d'abord globalement, dans sa relation fonctionnelle avec son environnement sans se soucier outre mesure d'établir une image fidèle de sa structure interne, dont l'existence et l'unicité ne seront jamais tenues pour acquises », « interpréter l'objet non pas en lui-même, mais par son comportement », « exclure l'illusoire objectivité d'un recensement exhaustif des éléments à considérer » [LE MOIGNE, 1977, p.43].

a) Les éléments constitutifs

Michel Chesnais distingue quatre éléments en interaction directe au sein d'un système de transport : les infrastructures, les véhicules, les agents commerciaux et les agents techniques chargés de l'organisation du mouvement. Tous ces éléments sont « soumis conjointement à une fonction de régulation qui traite l'information, tant de l'extérieur que de l'intérieur du système de transport, et ajuste les décisions » [CHESNAIS, 1980]. Selon P.Menerault et A. Barré, « le système de transports collectifs se compose des infrastructures, du matériel roulant et des services aux usagers, mais il implique également la gestion de flux d'informations dénommée infostructure » [MENERAULT & BARRE, 2001, p.69].

Pour la modélisation de ce système et donc l'identification des éléments constitutifs, nous pouvons nous appuyer sur les propos de J.L Le Moigne pour qui « tout modèle systémique s'organise par la mise en correspondance d'un système opérant (SO) et d'un système de décision (SD) par l'intermédiaire d'un système d'information (SI) » [LE MOIGNE, 1977, p.148]. Cette distinction entre trois systèmes est bien adapté aux transports en commun, contrairement aux modes de transports individuels dont le fonctionnement peut être modélisé sans prendre en compte un système de décision.

Ainsi, il est possible de distinguer différents éléments dans notre système.

Le **système opérant** est tout d'abord composé des infrastructures nodales et linéaires constitutives du réseau : infrastructures ferroviaires, divers équipements dans les gares, voirie en milieu urbain, équipements divers aux points d'arrêt. Les véhicules introduisent une dimension fonctionnelle. Ils sont techniquement adaptés à l'utilisation des réseaux et suivent certaines règles (ex : circulation routière, horaires de départ et d'arrivée, vitesse maximale, etc). Lorsque les véhicules ne sont pas utilisés, ils sont stockés dans des « réservoirs », correspondant à différents parcs de stationnement. Le personnel d'exploitation et de maintenance entre également dans cette catégorie.

Le **système de décision** permet de coordonner le système par des actions de régulation, et de favoriser son évolution. Les décisions se font par l'expérience antérieure des éléments constitutifs mais également grâce aux informations disponibles.

Le **système d'information** capitalise des données provenant du système opérant (ex : trafic à différents moments de la journée) pouvant ensuite être réutilisées par le système de décision (rôle de mémoire). Il joue également un rôle en temps réel en fournissant par exemple au système de décision des renseignements sur la situation des véhicules. Il effectue une fonction d'interface entre le système opérant et le système de décision : il fournit des « informations-représentations » au système de décision qui peut ensuite délivrer des « informations-décisions » au système opérant.

Dans la mesure où plusieurs opérateurs co-existent, le système peut être qualifié de complexe (ou à décideurs multiples) selon la classification de Jean Lesourne [DURAND, 1979, p.27]. Les différents systèmes de transports en commun urbains et interurbains, intégrés à ce système, peuvent être envisagés comme des sous-systèmes disposant chacun de leur système opérant, de décision et d'information. Le système est donc caractérisé par divers systèmes opérants, de décision et d'information dont la finalité est de faire circuler des flux de passagers.

b) Les flux transitant dans le système

Le but du système est de faire transiter des flux de passagers¹ : les passagers passent successivement des infrastructures nodales aux véhicules et réciproquement. Ils entrent et sortent grâce à des « portes », spécialement prévues à cet effet et situées au niveau des frontières entre le système et son environnement.

Cependant, les flux de passagers ne doivent pas être considérés comme passifs. Ils réagissent de diverses manières à différentes sollicitations et participent par leurs comportements respectifs à la plus ou moins bonne marche du système. Les passagers sont en effet en interaction réciproque et également avec les différents éléments du système. Ils peuvent aggraver un employé, dégrader un véhicule...

c) Les interfaces et les frontières du système

L'accès pour les usagers au système de transport en commun est discontinu : il se fait en certains points, au niveau des infrastructures nodales. Les nœuds ont ainsi une double appartenance : point-de-réseau et point-de-territoire et une double fonctionnalité : articulation entre le système et son environnement et connexion interne au système. Ils jouent ainsi un rôle d'interface entre différents modes de transport et entre ceux-ci et le système urbain. Les nœuds présentent des caractéristiques différentes selon leur localisation (ex : centrale ou périphérique dans une agglomération), le volume des flux qu'ils traitent et les modes de transport connectés.

¹ D'autres flux transitent dans ce système (ex : énergie) mais leur prise en compte dépasse le cadre de ce travail.

Toutefois, ces points particuliers ne correspondent qu'à une partie des frontières du système avec son environnement. En effet, « les frontières sont partout sur le réseau, et avec elles, se multiplient les points de vulnérabilité du bien public pour les usagers et du plan de travail commun pour les agents de base » [JOSEPH, 1999, p.8].

d) Les relations du système avec son environnement

Le système de transports en commun peut être envisagé comme un sous-système s'intégrant dans un cadre plus large : « l'urbanisation croissante, la multiplication et la densification des réseaux, l'augmentation des déplacements, la diversité des flux d'informations, d'énergie...nous font entrevoir le système-ville comme un ensemble de sous-systèmes interconnectés et interdépendants entre eux » [CHENIER, 1996, p.11].

Ainsi, un tel système peut être considéré, ainsi que signalé plus haut, comme un « processeur » répondant à une demande extérieure. En effet, « le besoin de déplacement s'exprime [...] à travers l'environnement du système de transport, notamment constitué des systèmes politique, d'activité socio-économique ou spatiale et qui constituent la raison même de ce dernier » [BAPTISTE, 1999]. Le système doit donc s'adapter au cours du temps à des évolutions de la demande de transport. Cependant, Hervé Baptiste émet l'hypothèse qu'un système de transport « n'est pas seulement un processeur répondant « passivement » à une demande émanant du système socio-économique, mais que ses caractéristiques ont la capacité d'induire « activement » des modifications au sein des autres systèmes constitutifs de son environnement » [BAPTISTE, 1999].

Cette partie nous a donc permis de décrire notre objet d'étude, en empruntant des concepts issus de la théorie des systèmes, afin de mieux évaluer par la suite la vulnérabilité qui pourra l'affecter. Plus celle-ci est importante, plus la circulation des flux de passagers sera susceptible d'être altérée par des événements perturbateurs. Il s'agit maintenant de définir différents termes relatifs au risque, notion dans laquelle la vulnérabilité s'insère.

IV. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AU RISQUE

1. L'ALEA ET LA VULNERABILITE : LES DEUX COMPOSANTES DU RISQUE

Le vocabulaire associé à la notion de risque est souvent issu du langage courant et peut prêter à confusion. Il ne fait pas l'objet d'un consensus et doit généralement être redéfini dans le contexte propre à chaque étude. Nous allons ici l'aborder à travers les deux composantes du risque : l'aléa et la vulnérabilité.

Le risque peut se définir « comme la possibilité de conjonction (d'occurrence) d'un phénomène réputé dangereux avec l'existence d'enjeux pouvant subir des dommages » [XOUILLOT, 1995, p.6]. Le phénomène mentionné dans la définition correspond à l'aléa et les enjeux (économiques, humains, politiques, etc) peuvent subir des dommages en raison de leur vulnérabilité à cet aléa. C'est pourquoi le risque se définit dans la plupart des études comme l'espérance des dommages déplorés suite à un événement considéré selon la formule :

$\text{Risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilité}^1$

a) Définition de l'aléa

Selon A. Dauphiné, l'aléa correspond à « une probabilité qui prend en compte deux caractéristiques : l'occurrence et l'intensité du phénomène » [DAUPHINE, 2001, p.18]. Sa mesure est très délicate et fait souvent intervenir de nombreuses approximations. En effet, même si une longue série statistique à propos de cet aléa est disponible et exploitable, la distribution statistique n'est pas toujours stable : elle peut par exemple évoluer au cours du temps ou dépendre de nombreux facteurs, eux-mêmes de nature probabiliste. En l'absence d'une série statistique, le calcul doit être réalisé de façon indirecte à partir des causes pouvant conduire à l'aléa.

La mesure de l'aléa est donc le résultat d'un calcul complexe, établi sur la base d'une connaissance toujours partielle du phénomène. Nous pouvons également évoquer la notion d'aléa majeur, lequel correspond à un « événement imprévisible quant à sa survenance et irrésistible quant à ses effets » [BLANCHER, 1998, p.71]. Sa prise en compte dépasse néanmoins le cadre de notre recherche.

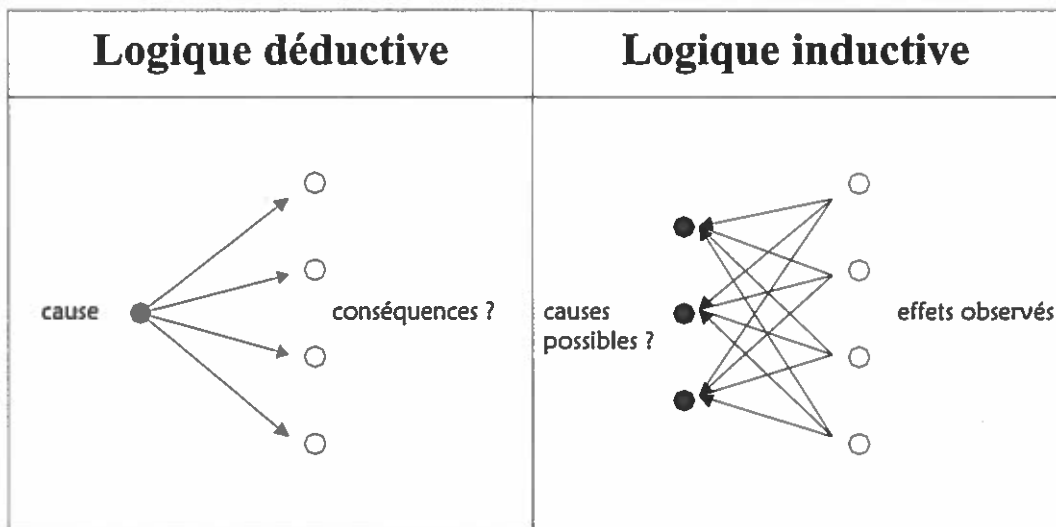
¹ Bulletin d'information de l'IGN n°72 (2001/3), Jean-François Gleyze, pp.69-85

b) Les définitions de la vulnérabilité

Idéalement, la mesure de la vulnérabilité associée à un phénomène est la résultante d'une démarche déterministe car elle ne prend pas en compte la probabilité de survenance de l'événement : « l'aspect aléatoire est théoriquement absent dans l'analyse de la vulnérabilité : de fait, le phénomène considéré, même s'il est physiquement bien caractérisé, est un scénario dont la réalisation n'entre pas en ligne de jeu » [Bulletin, 2001, p.74]. Les impacts liés à la vulnérabilité peuvent être de divers ordres : physiques, économiques, politiques, psychologiques, etc.

Deux modes de raisonnement (inductifs et déductifs) se retrouvent dans les modélisations d'accidents de systèmes arborescents et donc dans l'évaluation de leur vulnérabilité. Le principe de base repose sur le théorème de Lusser selon lequel « la probabilité de succès d'une chaîne de composants est égale au produit des probabilités de succès pour chacun de ses éléments » [Bulletin, 2001, p.72]. Il est ainsi courant, dans le cadre de systèmes simples à décomposer, d'utiliser la méthode des arbres consistant à étudier la succession de séquences d'actions sous forme arborescente déductive (arbres des défaillances ou des défauts) ou inductive (arbres d'événements).

Figure 3 : Deux principes de traitement des incertitudes dans l'étude de risques



[Bulletin, 2001, p.72]

De plus, l'évaluation de la vulnérabilité peut être effectuée de deux manières, issues de démarches différentes : « il n'est pas rare de constater que le terme de « vulnérabilité » corresponde tantôt à une mesure de l'endommagement ou du préjudice potentiel des entités menacées par une catastrophe, tantôt à un facteur aggravant de l'aléa comme une mesure de la propension à être endommagé » [Bulletin, 2001, p.74]. La première correspond à une démarche analytique alors que la seconde est plus de nature systémique.

- La démarche analytique

Selon cette démarche, les enjeux, correspondant aux domaines affectés par le risque sont décomposés. La vulnérabilité exprime alors « le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux » [DAUPHINE, 2001, p.19]. Ce type de démarche offre l'avantage d'être opératoire, mais il demeure empirique et largement subordonné aux pondérations effectuées. Ainsi, de nombreuses techniques multicritères permettent de combiner des informations variées, mesurées dans des échelles différentes, le plus souvent pour produire un indice d'évaluation unique. Chaque critère est standardisé, puis pondéré en fonction de son importance supposée. La mesure de la vulnérabilité peut également être unifiée par une évaluation financière ou encore par la mesure d'une durée de retour.

- La démarche synthétique

La démarche synthétique, de nature systémique, a émergé depuis le début des années 90 et est de nature fondamentalement différente : « à l'approche classique de la vulnérabilité qui mesure un endommagement potentiel des biens et des personnes et ses répercussions sur l'environnement économique semble s'opposer celle qui considère la vulnérabilité des sociétés à travers leur capacité de réponse à des crises potentielles » [DAUPHINE, 2001, p.19].

La fragilité du système, ainsi que sa capacité à surmonter la crise provoquée par un aléa, est considérée dans son ensemble. Plus un système est apte à se rétablir après un aléa, moins il est vulnérable.

Ainsi, la somme de la résistance à un aléa et de la résilience (traduisant la capacité à absorber le changement) est égale à l'inverse de la vulnérabilité. La résilience peut être mesurée de différentes manières. Une méthode consiste à comparer, grâce à des outils issus de la théorie des graphes, le nombre et l'intensité des interactions avant et après la catastrophe. Il est également possible de calculer la durée de retour pour un système à son état initial. Les méthodes varient bien évidemment selon les systèmes et les aléas considérés.

Cette seconde démarche semble dans de nombreux domaines prendre de plus en plus le pas sur la première. On considère de plus en plus que la vulnérabilité traduit la fragilité d'un système dans son ensemble face au risque. Son évaluation a alors pour objectif de mesurer la propension de ce système à subir des dommages en cas de survenance d'un événement, ou à mesurer sa faculté à résister aux impacts. On peut par exemple étudier la fiabilité des différents éléments constitutifs et la vulnérabilité au niveau du système quand certains de ces éléments connaissent des dysfonctionnements [HUBERT & LEDOUX, 1999]. Il est plus aisé selon cette démarche de mettre en place une stratégie de réduction de la vulnérabilité et donc des dommages potentiels.

- La définition retenue pour cette recherche

Comme nous venons tout juste de le souligner, il existe deux façons d'appréhender la notion de vulnérabilité. Plutôt que de se baser de manière exclusive sur l'une ou l'autre de ces deux démarches, nous préférons nous baser sur la définition suivante :

« la vulnérabilité peut être définie comme une variable qui exprime les impacts potentiels d'un phénomène par rapport :

- aux paramètres de l'aléa ;
- aux enjeux, c'est-à-dire la quantité et la nature des biens, activités...exposés à cet aléa, ainsi que leur fragilité par rapport à celui-ci ;
- aux ressources mobilisables pour limiter les impacts » [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.45].

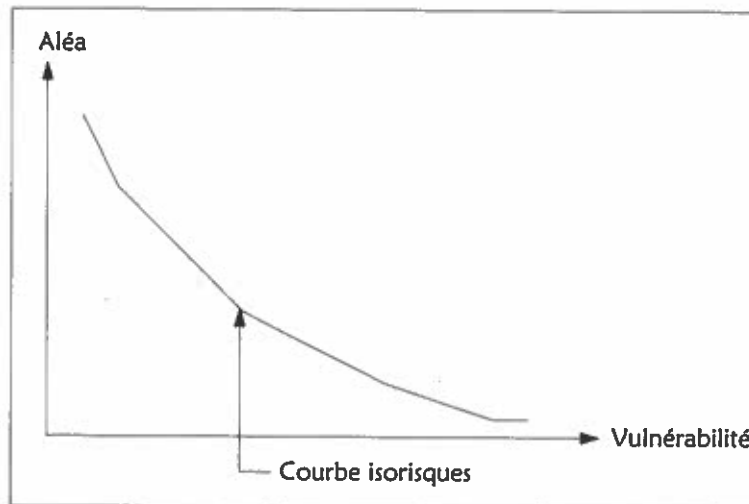
En considérant les « ressources mobilisables » pour limiter les impacts dans un sens large, elles pourront être assimilées à la capacité du système à réagir suite à une perturbation et à prévenir celle-ci. Cette définition a l'avantage de prendre en considération des idées issues des deux démarches. En effet, la mesure exprime aussi bien « le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène sur les enjeux » (démarche analytique) que la capacité de réponse du système face à des crises potentielles (démarche synthétique).

Ainsi, un système sera considéré comme fiable par rapport à un événement si ce dernier n'entraîne aucune perturbation, aucun dommage. Dans le cas contraire, il sera plus ou moins vulnérable selon le niveau de perturbation enregistré.

c) Les courbes isorisques : le croisement aléa-vulnérabilité

La composante aléatoire du risque est généralement inversement proportionnelle aux dommages provoqués. Les courbes isorisques permettent de croiser l'aléa et la vulnérabilité et chacune d'entre elles représente des niveaux de risque identiques.

Figure 4 : Schéma d'une courbe isorisques



[DAUPHINE, 2001]

Une des courbes isorisques trace la frontière entre le risque acceptable et le risque non acceptable. Mais cette frontière fait intervenir une part importante de subjectivité. En effet, le risque est inégalement perçu selon les époques, le lieu, la culture, etc.

d) La perception du risque

De nombreuses acceptations ou refus du risque sont déconnectés de l'intensité de celui-ci. Même si la sécurité augmente, le sentiment de risque peut rester stable ou même croître : « depuis les années 1950, malgré le développement de sociétés à haut-niveau de sécurité en raison des innovations techniques, l'ensemble de la population considère les risques globalement plus importants aujourd'hui que par le passé » [XOUILLOT, 1995, p.7].

Selon la culture, l'époque de vie, ou encore la sensibilité propre de chacun, la perception et l'acceptation d'un risque peuvent grandement varier. Ainsi, dans le domaine des transports qui nous intéresse ici, le risque lié à l'usage de l'automobile est globalement beaucoup mieux accepté que celui lié à l'usage des transports en commun.

2. L'EVALUATION PRATIQUE DE LA VULNERABILITE

En premier lieu, rappelons que nous avons choisi de définir la vulnérabilité comme une fonction exprimant les impacts potentiels d'un phénomène par rapport :

- aux paramètres de l'aléa ;
- aux enjeux, c'est-à-dire la quantité et la nature des biens, activités...exposés à cet aléa, ainsi que leur fragilité par rapport à celui-ci ;
- aux ressources mobilisables pour limiter les impacts ;

Selon cette définition, l'évaluation de la vulnérabilité repose sur la recherche d'indicateurs d'impacts, qualitatifs et/ou quantitatifs associés aux enjeux. Ainsi, l'évaluation de la vulnérabilité passe par plusieurs étapes : la détermination des aléas potentiels, la caractérisation des enjeux, l'identification des ressources mobilisables pour limiter les impacts. Ces trois étapes doivent en dernier lieu aboutir à une mesure des dommages potentiels selon les paramètres des aléas.

a) La détermination des aléas

Les aléas et leurs conséquences peuvent être abordés selon une typologie distinguant les aléas naturels, technologiques, et humains, sans négliger les interactions pouvant exister entre ceux-ci. Seuls les aléas susceptibles de véritablement perturber le fonctionnement de notre système seront étudiés. En effet, les autres aléas ne sont pas source de vulnérabilité car la fiabilité du système n'est pas atteinte.

De plus, les aléas internes et externes au système seront considérés. En effet, il convient de ne pas se limiter aux phénomènes extérieurs car un aléa d'origine interne peut être plus ou moins lié à des causes externes : par exemple, dans notre système de transports en commun, une grève peut être liée à une agression préalable d'un employé par un usager.

b) La caractérisation des enjeux

L'explicitation des enjeux a pour objectif d'appréhender de manière globale les différents éléments exposés à un événement ou concernés par celui-ci, et donc de mettre en évidence une vulnérabilité potentielle. Celle-ci passe tout d'abord par une phase de caractérisation des enjeux à l'aide d'indicateurs, puis par une phase de quantification, qui consiste à attribuer une valeur physique, économique, ou financière à ces mêmes indicateurs. En effet, « l'enjeu correspond à une caractérisation physique, économique ou financière des éléments (biens, activités, personnes) exposés à un événement donné ou concernés par celui-ci » [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.27]. Les éléments exposés peuvent être plus ou moins nombreux selon le degré de précision souhaité et la prise en compte ou non des enjeux indirects.

Pour notre système de transports en commun, les éléments à caractériser potentiellement en termes d'enjeux correspondent à ceux définis lors de la description du système et s'intégrant dans le système opérant, à savoir :

- les différentes infrastructures (nodales et linéaires) constitutives du réseau ;
- les véhicules ;
- le personnel.

Le choix est en effet fait de ne pas considérer dans cette recherche la vulnérabilité pouvant intervenir au niveau du système d'information et de décision. Leur rôle sera uniquement envisagé par rapport à la régulation qu'ils peuvent apporter au système.

Par contre, les usagers seront pris en compte. La qualité de service qui leur est fournie est un enjeu important car elle constitue l'une des finalités du système.

c) L'identification des ressources mobilisables pour la réduction de la vulnérabilité

Plusieurs types d'action participent à la réduction de la vulnérabilité d'un système. La prévention, issue du principe de précaution, consiste à diminuer la probabilité d'occurrence de l'événement considéré ou à mettre en place des systèmes visant à en réduire les conséquences, ce qui correspond à un travail à long terme. Les instruments de prévision, outils probabilistes, peuvent également s'avérer très utiles : « la prévision du risque tente d'anticiper la réalisation effective du risque par des procédés scientifiques, afin d'en optimiser la gestion avant et pendant la crise » [Bulletin, 2001, p.71]. Par ailleurs, il est possible de développer des outils de réaction permettant une bonne gestion d'un événement perturbateur pendant et après la crise. Enfin, il est souhaitable de favoriser une prise de conscience du risque par les personnes concernées.

Il conviendra de distinguer les dispositifs permettant d'agir sur des parties spécifiques du système en réduisant leur vulnérabilité par rapport à l'aléa de ceux qui ont une influence plus globale sur le système et permettent une régulation de celui-ci.

d) La mesure des dommages

Enfin, après ces étapes, il convient d'évaluer la mesure des dommages potentiels suite à un événement, ce qui équivaut selon notre définition à une évaluation de la vulnérabilité. Le dommage est bien souvent « une valeur anthropocentrique qui traduit la conséquence économique défavorable [d'un événement] sur les biens, les activités et les personnes » [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.27]. La mesure des dommages est fortement liée à la prédétermination des enjeux. Plusieurs types de dommages peuvent être considérés : dommages directs ou indirects, tangibles ou intangibles.

- Dommmages directs et indirects

Les dommages directs sont directement imputables à l'action du phénomène. Ils correspondent aux pertes liées à l'impact physique d'un événement, occasionnant une destruction matérielle ou corporelle. Les dommages directs aux réseaux correspondent à leurs dégradations physiques et leur évaluation peut être réalisée par le biais d'une estimation des coûts de réparation, de remise en fonctionnement ou de renouvellement.

Les dommages indirects traduisent les « dégâts et perturbations engendrés par le phénomène par l'intermédiaire des dommages directs » [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.75]. Les impacts indirects primaires surviennent dans la zone où le phénomène s'est produit et les impacts indirects secondaires se manifestent à l'extérieur de cette même zone. Pour les réseaux, les dommages indirects concernent les pertes d'exploitation, les frais de nettoyage et les effets, immédiats ou différés, dus à un arrêt de fonctionnement ou à un fonctionnement en mode dégradé (temps perdu pour les usagers, conséquences économiques de la non-fourniture du service, etc).

- Dommmages tangibles et intangibles

Outre la distinction entre les impacts directs et indirects, les dommages peuvent être de nature tangible ou intangible. Les dommages tangibles peuvent faire l'objet d'une évaluation monétaire. Il s'agit donc classiquement des dégâts matériels sur les biens et activités dont la valeur est connue ou facilement évaluable par expertise.

Les dommages intangibles sont eux difficilement chiffrables : vies humaines, problèmes de santé à court et moyen terme, pertes de biens privés irremplaçables, etc.

Afin d'illustrer nos propos, le tableau ci-dessous a pour but de présenter quelques dommages pouvant affecter les transports en commun et leur classification selon les deux typologies présentées ci-dessus.

Figure 5 : Classification de quelques dommages pouvant affecter les transports en commun

DOMMAGES TANGIBLES		DOMMAGES INTANGIBLES	
Directs	Indirects	Directs	Indirects
-Dégradation ou destruction du patrimoine	-Coût de l'interruption de fonctionnement pour l'opérateur -temps perdu par les usagers	-pertes de vies humaines -angoisse d'un usager suite à une agression	-baisse du confort pour les usagers

e) La difficulté de la mesure

Comme nous l'avons mentionné précédemment, une évaluation des impacts d'un aléa nécessite d'identifier clairement tous les types d'enjeux en présence et de pouvoir les caractériser séparément les uns des autres¹. Lorsque le risque est appréhendé sous ses formes économiques, la vulnérabilité est explicitement exprimée sous forme de coûts. Cependant, cette opération est très délicate car les enjeux et les dommages « présentent des effets combinés et en chaîne qui peuvent être immédiats ou différés et qui peuvent s'exprimer à différentes échelles spatiales » [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.26].

Par ailleurs, les dommages intangibles et les dommages indirects sont difficiles à identifier précisément, à quantifier et même à comparer proportionnellement à l'ensemble des dégâts. Cela peut nuire de façon dramatique à la précision des mesures car le montant des effets indirects peut être dans le même ordre de grandeur que celui lié aux effets directs.

En outre, la mesure des dommages aux réseaux est elle-même de nature plus complexe. En effet, outre les typologies présentées ci-dessus, on distingue également généralement les dommages surfaciques, que l'on peut rattacher directement à un type d'occupation des sols de manière proportionnelle, et les dommages non surfaciques, pour lesquels on ne peut évaluer le dommage en proportion d'une surface. Les réseaux entrent typiquement dans la seconde catégorie. En effet, il n'y a pas de relation directe entre un point de coupure et le dommage car ce dernier dépend par exemple fortement de la structure du réseau (maillage, interconnexions, etc). L'extension du dommage s'étend bien au-delà du point de coupure, ce qui crée une difficulté supplémentaire d'évaluation. Il s'avère alors difficile d'intégrer à un outil de calcul automatique l'évaluation de ces dommages (comme on peut le faire pour des dommages surfaciques). Le développement d'algorithmes spécifiques permet toutefois de définir tous les points en aval et amont affectés par un événement, ce qui permet une première évaluation².

Afin de compléter notre discours, nous pouvons faire référence aux propos de A. Dauphiné qui distingue trois origines de la complexité de l'évaluation d'un risque à savoir la présence d'un grand nombre de composants et d'impacts, les possibles comportements irréguliers et imprévisibles d'un système simple, et enfin l'imbrication de niveaux d'organisation et d'échelles [DAUPHINE, 2001].

¹ Ceci est à rapprocher de la démarche analytique, présentée plus haut.

² Voir à ce sujet les travaux réalisés dans le cadre du rapport ESPON, par exemple les conséquences de coupures routières sur l'axe Bayonne-Irun, ou au niveau du tunnel de Fréjus.

3. DEFINITION DE LA MESURE DE LA VULNERABILITE ADOPTEE DANS CETTE RECHERCHE

En raison de la complexité de la mesure de la vulnérabilité d'un système face à des phénomènes internes ou externes, une évaluation complète de la vulnérabilité de notre système de transports en commun est impossible dans le cadre de ce travail. J.F Gleyze affirme à ce sujet qu'« une évaluation exhaustive de la vulnérabilité intégrant dommages et nuisances directs, indirects, tangibles et intangibles est irréaliste » [*Bulletin*, 2001, p.75]. Nous allons donc aborder de manière partielle la vulnérabilité de notre système.

Nous concentrerons notre analyse sur les enjeux relatifs aux usagers des transports en commun et seront donc exclus par exemple les coûts de réparation supportés par le transporteur suite à un événement particulier.

Nous prendrons comme mesure de la vulnérabilité du système la baisse potentielle de la qualité de service fournie aux usagers suite à un événement perturbateur. Cette approche partielle de la vulnérabilité s'inscrit bien dans la problématique générale, à savoir la vulnérabilité en tant que composante de la qualité de service.

Les dommages subis par les usagers pourront être tangibles ou intangibles, directs ou indirects. Ainsi, les atteintes aux réseaux, au matériel roulant... devront être pris en compte dans la mesure où elles entraînent une diminution de la baisse de la qualité de service fournie aux usagers (retards, manque de confort, sentiment d'insécurité, etc).

Quels sont les facteurs de vulnérabilité du système ? Quels sont les moyens disponibles pour « lutter » contre ces facteurs et réguler les perturbations ?

II FACTEURS DE VULNERABILITE ET OUTILS DE PROTECTION DU SYSTEME

Le système de transports en commun peut subir des perturbations d'origine interne ou externe pouvant altérer son fonctionnement. Celles-ci peuvent être de nature variée. Par exemple, une rupture d'approvisionnement, des pannes ou des grèves peuvent provoquer un arrêt du « réseau-service » sans rupture du « réseau-support ». Un sous-dimensionnement du réseau par rapport au travail qu'il doit effectuer peut être à l'origine d'une saturation et donc de perturbations. Le « réseau-support » peut également être dégradé, suite à une erreur technique de conception, un composant défectueux, une erreur dans la conduite, du vandalisme, du terrorisme ou encore une catastrophe naturelle. Les préjudices ne sont pas toujours de nature booléenne. En effet, un aléa peut par exemple engendrer une perte de capacité ou une vitesse moins élevée. Les perturbations peuvent ensuite se propager au sein du système par des effets en chaîne. Cependant, celui-ci peut se protéger face aux aléas potentiels par des actions spécifiques et limiter la propagation des dysfonctionnements par des mesures de régulation.

Au cours de cette partie, nous allons tout d'abord présenter les différents facteurs internes et externes pouvant être source de perturbations ou faciliter leur propagation au sein du système. Nous nous attacherons ensuite à présenter les ressources utilisables par le système pour « lutter » contre ces facteurs ou pour réguler les perturbations.

I. LES FACTEURS DE VULNERABILITE DU SYSTEME

1. APPROCHE TYPOLOGIQUE DES ALEAS

La typologie permet de prendre en compte les différents risques susceptibles de menacer un système. Nous allons nous baser sur une typologie classique des aléas en distinguant les phénomènes d'origine naturelle, technique, sociale ou politique.

a) Les aléas naturels

Les risques naturels correspondent aux risques non directement occasionnés par l'homme. La France ne fait pas partie des pays les plus menacés par les aléas naturels mais ces derniers peuvent néanmoins être à l'origine de perturbations plus ou moins graves pour la société et pour les systèmes de transport.

Une classification au sein même des aléas naturels peut être réalisée en distinguant les aléas climatiques et les aléas géologiques.

Les aléas climatiques correspondent à la pluie (et aux inondations pouvant en résulter), à la neige, au gel, au vent, aux tempêtes, à la foudre, au soleil. Parmi ceux-ci, les inondations représentent le risque faisant le plus de victimes et de dégâts à travers le monde. En France, 4 % du territoire métropolitain est directement exposé et environ 2 millions de personnes sont concernés [HUBERT, LEDOUX, 1999]. Les inondations peuvent être dues au débordement des cours d'eau, au ruissellement de surface, ou aux inondations maritimes des plaines

côtières. Outre le dommage direct dû à l'interruption du service, les inondations entraînent également une corrosion importante des équipements.

La canicule de l'été 2003 a montré que le soleil pouvait également être considéré comme un aléa d'importance car les températures au sol, proches de 60°C, ont entraîné une dilatation des rails, le déclenchement d'alarmes stoppant les trains, ou encore des problèmes de climatisation dans les véhicules.

Les aléas géologiques englobent quant à eux les séismes et autres mouvements du sol, les glissements de terrain (parfois lié à des aléas climatiques), les éruptions volcaniques (absentes en France métropolitaine), ainsi que divers phénomènes liés au relief (ex : chute de pierre). Le relief peut également être une cause indirecte de perturbations car il induit souvent la construction de tunnels, constituant un facteur de risque important pour les systèmes de transport.

La probabilité d'occurrence de tels aléas, très difficile à évaluer, est fonction du type de milieu. Les milieux littoraux et montagnards sont ainsi le théâtre d'aléas plus fréquents et plus intenses. Par ailleurs, la vulnérabilité par rapport à ces phénomènes évolue rapidement (ex : développement de technologies adaptées comme les mesures antisismiques, mise en place d'outils de prévention).

b) Les aléas techniques

Les incidents techniques sont de nature très variée : rupture d'un élément, incendie, explosion, pannes diverses, etc. Ils peuvent d'être d'origine interne (ex : panne de matériel) ou externe (ex : coupure d'électricité). Il ne s'agit pas ici de les aborder de façon exhaustive mais de donner quelques éléments de réflexion.

Tout d'abord, force est de constater que ces aléas sont de moins en moins acceptés par la société. On peut remarquer en effet depuis quelques dizaines d'années un accroissement de la valeur attribuée à la sécurité dans le fonctionnement des systèmes de transport. Les médias jouent un rôle important dans la mesure où ils rapportent avec beaucoup de détails les circonstances d'accidents à caractère spectaculaire, ce qui provoque une forte prise de conscience de la population. Les technologies sont de plus en plus perçues comme des outils permettant de faire face à tous les événements dangereux. Les causes des incidents et accidents sont par conséquent mal comprises et provoquent la colère et l'indignation de la population et des usagers.

Le rôle des pouvoirs publics dans ce domaine est très important. En France, les exigences sont très fortes en matière de sécurité et l'Etat en est le garant. Ainsi, selon l'article 9 de la LOTI¹, « l'Etat définit les règles de sécurité applicables aux transports, veille à leur mise en application et en contrôle l'exécution ».

En Angleterre, la privatisation des entreprises ferroviaires a entraîné une diminution des investissements, susceptible de porter atteinte à la sécurité.

¹ Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs

Enfin, il est à souligner que « les accidents et catastrophes d'origine technique ont toujours pour fondement l'action humaine » [DAUPHINE, 2001, p.57]. Les conditions et chemins aboutissant à ces accidents sont extrêmement variés car l'influence de l'homme s'inscrit à de multiples niveaux : conception, réalisation, fonctionnement, maintenance ou encore régulation.

c) Les aléas humains, sociaux et politiques

Les aléas sociaux et politiques affectant le fonctionnement des transports en commun traduisent bien l'interdépendance entre de nombreux systèmes, parmi lesquels les systèmes de transport. Les guerres¹, le terrorisme, les grèves, les actes de malveillance mais aussi les grandes manifestations entrent dans cette catégorie.

Le terrorisme est une forme de violence affectant la société depuis de longs siècles. Il peut être défini comme un « ensemble d'actes de violence commis par une organisation pour créer un climat d'insécurité ou renverser le gouvernement établi » [XOUILLOT, 1995, p.29]. Drainant des flux de population importants, les transports en commun constituent naturellement des lieux potentiels d'un point de vue stratégique pour ces actions terroristes : les attentats des métros de Paris et de Tokyo en 1995 le montrent bien. On voit ici combien notre système de transports en commun s'insère dans un système plus vaste. Il constitue un élément de ce système pouvant être frappé pour désorganiser, affecter ce système.

Les grèves, qui peuvent être qualifiées d'aléas internes, sont très mal ressenties par les usagers et nuisent de façon dramatique à l'image des transporteurs. En France, la SNCF est fortement touchée par ce phénomène. En Janvier 1999, Louis Gallois déclarait : « avec moins de 1 % de la population active (174 000 agents), rien ne justifie que la SNCF produise 20 à 30 % voire 40 % des grèves du pays » [LE RAIL n°75, 1999, p.40]. Dans une agglomération, l'immobilisation par fait de grève des transports en commun est d'autant plus cruellement ressentie que l'organisation des déplacements et des transports a misé sur le bon fonctionnement des transports publics en leur accordant une part majeure du marché des déplacements. De plus, certains usagers sont fortement dépendants des transports en commun. Certaines grèves sont parfois la conséquence d'événements d'origine externe que constituent les actes d'agression contre le personnel.

Cette remarque nous conduit à évoquer le problème de l'insécurité dans les transports en commun qui résulte plus généralement des problèmes contemporains de notre société : « les problèmes de sécurité du métro sont davantage importés de la ville que créés en son sein » [STATHOPOULOS, 1997, p.21]. Néanmoins, les déplacements contraints (domicile-travail) dans des conditions de foule, d'attente, de fatigue, d'inconfort, peuvent générer une indifférence « incivile » aux autres, un comportement « sans-gêne » voire une agressivité liée au stress de la vie urbaine qui peut générer des altercations. Par ailleurs, les individus ne sont pas toujours solidaires dans les espaces collectifs. L'un d'entre eux peut être agressé sans que les autres n'osent réagir. Les transports en commun deviennent de ce fait des lieux

¹ Cet aléa ne sera pas évoqué ici dans la mesure où il correspond à une situation exceptionnelle à bien des égards.

« d'opportunités délinquantes ». Les incivilités entrent pour beaucoup dans le sentiment d'insécurité : murs souillés par les tags, vandalisme, vitres brisées, etc. Les actes de violence à l'encontre des usagers peuvent rendre plus difficile l'usage des transports en commun, notamment le soir, alors que les objectifs recherchés de planification vont vers un large accès de ceux-ci. Les actes de violence vis-à-vis du personnel ont des effets encore plus perturbateurs, ~~de~~ par le déclenchement des grèves qu'ils suscitent, en paralysant des secteurs entiers du système de transport.

L'évaluation de cette insécurité est difficile car elle dépend des indicateurs utilisés :

- **nomenclature pénale** : comptabilité des informations, crimes et délits relevés par la police ;
- **enquêtes effectuées** par les syndicats de transporteurs : décompte des agressions commises à l'encontre du personnel et des voyageurs et rapportées par l'entreprise de transport.

De plus, l'insécurité correspond largement à un phénomène subjectif. Néanmoins, une enquête réalisée en 1998 par le STIF (Syndicat des Transports d'Ile de France) révèle que l'attente principale de 69 % des personnes interrogées concernant les transports en commun est la sécurité [IAURIF, 2002]. De nos jours, l'insécurité dans les transports collectifs est un frein grave à leur fréquentation : un nombre notable de personnes n'utilisent pas les transports en commun à cause de l'insécurité réelle ou supposée. Les tendances actuelles ne vont malheureusement pas dans le sens d'une amélioration de cette situation : « il ne fait pas de doute que les évolutions actuelles vont dans le sens d'une recrudescence de ces actes qui sont à l'origine de perturbations importantes et qui peuvent mettre en péril le fonctionnement même des systèmes de transport. Ces évolutions sont très préoccupantes pour les gestionnaires des systèmes de transport »¹.

Les grandes affluences peuvent également être source de perturbations ponctuelles. La demande en transport auquel doit répondre de façon performante notre système fluctue de façon importante dans le temps. Ainsi dans la journée, des heures de pointe alternent avec des périodes creuses et les périodes de début ou de fin vacances constituent des périodes de grandes affluences. Par ailleurs, des manifestations ponctuelles (concerts, match de football, etc) entraînent également des demandes de transport plus importantes qu'en temps normal. Outre l'influence que de tels événements peuvent avoir sur la sécurité des voyageurs, les transporteurs peuvent parfois se trouver débordés par de telles situations. Par exemple, en 1995, la SNCF n'avait pas prévu l'affluence tardive entraînée par le concert parisien de James Brown. La foule était telle que le dernier train à destination de Sarcelles ne pouvait partir, pour des raisons de sécurité, car trop chargé [Equipements, 1996]. L'obligation des opérateurs de prévoir les capacités au plus juste peut donc avoir pour conséquence de rendre le système plus vulnérable aux fluctuations de la demande dans le temps. Une surcapacité structurelle s'impose mais la capacité des réseaux est souvent difficile à augmenter.

Enfin, d'autres types d'aléas pouvant altérer le fonctionnement de notre système de transports en commun entrent dans cette catégorie : suicide dans une station de métro,

¹ www.equipement.gouv.fr/recherche/incitatif/predit/reflexion_apres_predit.htm

collision au niveau d'un passage à niveau, embouteillages entraînant des retards dans les bus, défaillance d'un conducteur...

d) Les liens entre ces aléas

Les aléas ne sont pas indépendants les uns des autres. Ainsi, T. Xouillot [XOUILLOT, 1995] met en évidence les liens existant entre les différents aléas, de la même famille ou non. Il signale par exemple que dans la famille des aléas naturels, les aléas climatiques semblent jouer un rôle d'initiateurs d'aléas puisque capables d'engendrer à eux seuls des avalanches, des inondations et des mouvements de terrains. Les aléas « mouvements de terrains » peuvent être considérés comme des aléas relais puisque sensibles aux aléas climatiques, à l'inondation, au volcanisme et au séisme et donc participer à la mise en place d'effets en chaîne.

De façon générale, les aléas naturels peuvent être considérés comme générateurs d'autres aléas alors que les aléas techniques constituent un champ d'action privilégié des deux autres. En effet, des inondations peuvent être source de corrosion du matériel, des actes terroristes peuvent entraîner des défaillances techniques...

Les arbres d'événements, déjà évoqués précédemment permettent d'illustrer les liens potentiels entre différents aléas. Heureusement, ces liens ne sont pas systématiques car notre système serait alors dans l'impossibilité de lutter contre ceux-ci et par conséquent de conserver son intégrité.

2. LA PROPAGATION DES PERTURBATIONS

Des causes internes ou externes sont donc à l'origine de dysfonctionnements de notre système. Les perturbations peuvent ensuite se propager en raison du caractère réticulaire de notre système : « le réseau sur lequel se déplace l'incident apparaît pour ce qu'il est toujours, dans ses formes sociales ou techniques, une machine épidémique qui progresse de proche en proche, un dispositif qui se joue des frontières et des limites » [JOSEPH, 1999, p.8]. Lors d'un incident sur le réseau, l'usage subit par exemple un accroissement de la durée de déplacement et un inconfort accru du fait de la distribution déséquilibrée des charges entre les véhicules. De plus, l'instabilité de fonctionnement entraîne une perte de capacité, pouvant être à l'origine d'une augmentation des perturbations [GRRT, 2001]. La topologie du réseau joue un rôle déterminant dans la propagation de ces effets négatifs¹. Par ailleurs, les effets varient de façon importante suivant la charge du réseau : si le réseau est proche de sa capacité maximale, les perturbations se propagent de façon plus importante. Comme nous le verrons par la suite, la régulation permet de limiter ces effets en chaîne.

De plus, notre système entretient de nombreuses interactions avec d'autres systèmes comme nous l'avons souligné au préalable. S'il peut subir une dépendance fonctionnelle par rapport à ceux-ci, il peut à l'inverse entraîner des perturbations en leur sein, par exemple au niveau du « métabolisme urbain ». Comme tout réseau, il constitue un élément puissant de diffusion des sinistres à l'ensemble de l'espace urbain en diffusant et en amplifiant l'impact

¹ cf partie suivante

de l'aléa [BLANCHER, 1998]. Par exemple, le non-fonctionnement de notre système, suite à une grève, peut engendrer des embouteillages et provoquer ainsi le ralentissement des secours. Il existe également des boucles de propagation des perturbations passant d'un système à l'autre et dont les effets peuvent s'aggraver.

Ainsi, dans un contexte général de gestion des risques qui dépasse le cadre de notre simple système, J. Theys et J-L.Fabiani soulignent que l'analyse de la vulnérabilité revient à mesurer la capacité de systèmes interdépendants à fonctionner sans accroc en absorbant les perturbations extérieures, même les plus imprévisibles [HUBERT & LEDOUX, 1999, p.45].

La topologie du réseau joue un rôle déterminant dans la propagation des perturbations et mérite d'être développée plus en détail.

3. ANALYSE TOPOLOGIQUE

a) Un degré de centralisation important des réseaux

Les réseaux de transport en commun sont souvent caractérisés, notamment en France, par un degré de centralisation important qui n'est pas sans rappeler l'architecture « Hub and spokes » du secteur aérien¹. Le fondement de cette configuration est la massification de flux par l'intermédiaire de plates-formes, noeuds techniques occupant une position topologique souvent centrale et où s'opèrent les processus de concentration et d'éclatement des flux. Par rapport au réseau maillé, la structure en étoile représente pour les transporteurs la possibilité de réduire le nombre de liaisons et de véhicules en circulation, et en même temps d'accroître le remplissage des véhicules du fait de la massification des flux sur le « hub ». [TEC, n°151, jan-févr.1999, p.20].

Les flux sont donc rabattus vers les « hubs », puis réorientés à travers les « spokes », au détriment des liaisons directes moins performantes. Cette logique de massification des flux se retrouve à toutes les échelles spatiales [BAPTISTE, 1999]. Ainsi en France, à l'échelle intra-urbaine, le réseau converge vers le centre-ville et même vers l'hypercentre en empruntant des radiales. Au niveau régional, il converge vers la ville centre, ses zones d'emplois et de services et à l'échelle nationale, les réseaux se dirigent vers la capitale.

¹ Quelques contre-exemples existent comme le métro parisien, dont le maillage est relativement fin et homogène.

b) Etude de la vulnérabilité d'un réseau par la théorie des graphes¹

L'étude du comportement des réseaux, dont certains de leurs composants ont des défaillances aléatoires, est habituellement traitée par la théorie de la fiabilité. L'analyste construit un modèle autour du concept de graphe et inclut les informations statistiques disponibles sur des propriétés dépendantes à la fois des composants (les nœuds et les canaux) et du service que doit fournir le réseau (par exemple la charge du réseau). L'ensemble de ces données et la structure du réseau conduisent à la définition des mesures de fiabilité et au développement d'algorithmes pour les calculer. La mesure de la fiabilité la plus communément utilisée dans ce contexte est la probabilité, à un instant donné, que deux sites puissent communiquer entre eux dans un réseau bidirectionnel où les centres sont supposés parfaits, et où seuls les canaux sont sujets à des défaillances aléatoires et indépendantes. Dans un réseau de transport, « chaque ligne du réseau a une certaine capacité qui limite la quantité du flot qu'elle peut transmettre » [BULTEAU, 1997, p.16]. On considère que le réseau est en état de bon fonctionnement s'il est possible d'établir un flot entre un nœud source et un nœud terminal dépassant une valeur seuil. Ainsi :

- la fiabilité élémentaire d'un canal exprime la probabilité de fonctionnement normal de celui-ci ;
- la fiabilité source-terminal mesure la probabilité pour que le réseau fonctionne.

Il faut veiller à ne pas oublier de tenir compte de l'impact du travail demandé au réseau car une forte charge peut entraîner une augmentation des défaillances. Si on prend en compte les contraintes de capacité, de délai..., l'état des composants n'est plus binaire mais multi-valué.

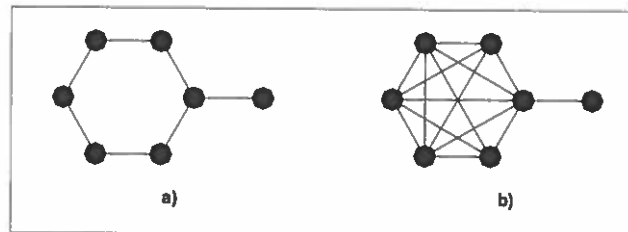
Dans sa thèse de doctorat, S. Bulteau propose une mesure de la vulnérabilité d'un réseau. Selon lui, les méthodes basées sur la vulnérabilité peuvent traiter des problèmes où la fiabilité classique n'est plus adaptée. Elles permettent d'évaluer la capacité d'un réseau de communication à supporter l'éventuelle défaillance de certains de ses composants en l'absence de toute donnée statistique sur le comportement de ces derniers (cadre déterministe). Le réseau est modélisé par un graphe où seules les arêtes peuvent être défaillantes. Le problème est alors d'évaluer la « solidité » de la topologie, c'est à dire sa capacité à rester connexe après destruction ou défaillance d'arêtes. « Intuitivement, un réseau est vulnérable s'il est facile de déconnecter deux nœuds *s* et *t*. C'est à dire si la défaillance de peu de composants entraîne la défaillance de tout chemin *s* et *t* » [BULTEAU, 1997, p.18].

¹ cf [BULTEAU, 1997]

La mesure de vulnérabilité proposée par S. Bulteau doit satisfaire plusieurs propriétés élémentaires :

- **la globalité** : la mesure doit être assez globale pour pouvoir distinguer deux réseaux possédant des caractéristiques très différentes et reconnaître quel est le plus vulnérable.
- **l'ordre** : il doit être possible de comparer la vulnérabilité de deux topologies différentes afin de pouvoir classer les graphes ;
- **la monotonie** : si on note $G + e$ le réseau obtenu en ajoutant l'arête e au réseau G et si $V(G)$ est la mesure de vulnérabilité considérée, on doit avoir $V(G+e) < V(G)$;

Figure 6 : Graphe test pour la propriété de globalité



[BULTEAU, 1997]

Sur le schéma ci-dessus, même si les deux réseaux ont une « faiblesse » similaire au niveau d'une arête, d'après la propriété de monotonie, la mesure doit indiquer que le réseau b) est moins vulnérable que le réseau a).

c) L'influence de la centralisation d'un réseau sur sa vulnérabilité

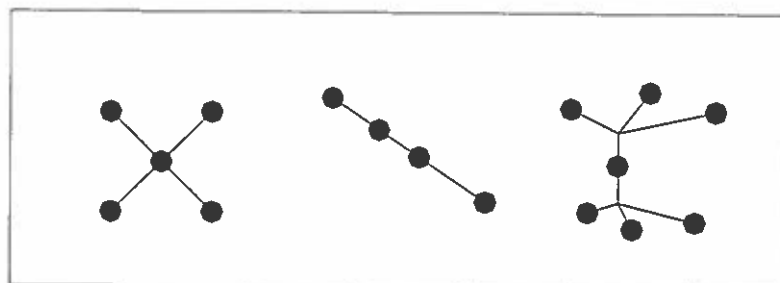
La mesure de vulnérabilité proposée par S. Bulteau nous permet de démontrer que la centralisation d'un réseau implique une augmentation de sa vulnérabilité. En se basant sur la propriété de « monotonie », nous pouvons en effet écrire :

si on note $G - e$ le réseau obtenu en enlevant l'arête e au réseau G et si $V(G)$ est la mesure de vulnérabilité considérée, on doit avoir $V(G-e) > V(G)$.

Ainsi, lorsqu'un réseau se voit amputé de l'un de ses arcs, sa vulnérabilité augmente. Or, pour le même nombre de nœuds, un réseau centralisé possède moins d'arcs qu'un réseau maillé. Pour être plus précis, la desserte directe de n points par un réseau maillé implique la présence de $n(n-1)/2$ liaisons contre seulement $(n-1)$ sur un réseau fonctionnant selon l'architecture « Hub and Spokes » [TEC, n°151, jan-févr.1999, p.20].

Les schémas ci-dessous présentent quelques réseaux particulièrement « vulnérables ». En effet, même si tout réseau possède une vulnérabilité, certaines topologies présentent une fragilité plus importante, si l'on se base sur la mesure proposée par Stéphane Bulteau..

Figure 7 : Exemples de réseaux particulièrement « vulnérables »



[DAUPHINE, 2001]

Dans notre système, il existe des modes de transport guidés et non guidés. Les premiers sont potentiellement plus vulnérables à des coupures dans le réseau car il est plus difficile de « contourner » ces coupures. Les transports non guidés, comme les autobus en milieu urbain, peuvent plus facilement s'adapter (ex : contourner une rue en travaux) mais rappelons qu'ils peuvent être perturbés par la circulation routière.

Laurent Chapelon dans la même voie que celle utilisée pour l'étude de la vulnérabilité des réseaux européens dans le rapport ESPON précité vient de mettre au point une évaluation systématique de chaque arc d'un graphe par suppression de celui-ci et évaluation des conséquences en temps, coût et capacité.

d) La prise en compte de la vulnérabilité au niveau des nœuds grâce à la décomposition sommitale¹

La théorie des graphes ne permet pas dans son état actuel une description suffisamment précise des réseaux notamment aux niveaux des nœuds, des sommets du graphe. Or, les nœuds jouent un rôle déterminant dans le bon fonctionnement d'un réseau de transport, comme nous l'avons souligné plus haut. Ils permettent en effet de passer d'un arc à un autre. Dans le cas spécifique des transports en commun, il peut s'agir en outre de correspondances entre modes.

Or dans la théorie des graphes, rien ne définit ce passage : « on peut implicitement passer d'un arc à n'importe quel autre arc incident au sommet sans aucune contrainte si ce n'est celles qui sont explicitement précisées ou celles que l'on peut aisément déduire de la définition des caractéristiques des sommets et /ou des arcs lorsqu'elles existent. Ces cas sont simples et les plus importants sont déterminés par des considérations, de capacités d'arcs, de chemins optimaux... » [MATHIS, 2003].

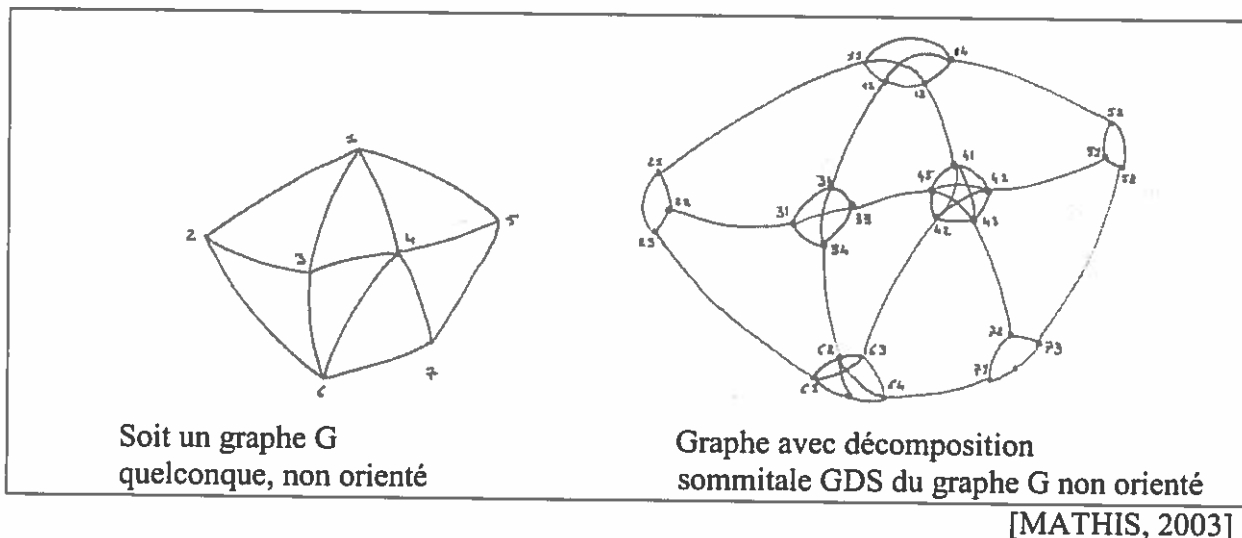
¹ cf [MATHIS, 2003]

Envisager la vulnérabilité d'un réseau uniquement au niveau des arcs est insuffisant. Les nœuds peuvent eux-mêmes être plus ou moins vulnérables. De plus, d'après Philippe Mathis, « le problème de la capacité maximale dans un graphe décrivant un réseau physique ne nous apparaît pas lié à celles des arcs mais plus précisément à celle des nœuds » [MATHIS, 2003]. En effet, considérons le cas le plus simple : le croisement de deux axes en sens interdit.

Si la capacité physique maximale d'une file de voitures est de 2000 véhicules-heure (v/h), et que l'on suppose que nos arcs n'en possèdent qu'une et que nous sommes quasiment au niveau de la saturation, il est clair que le problème se reportera immédiatement au niveau du croisement et qu'il est impossible de faire l'hypothèse d'une capacité de croisement réaliste de 4000 v/h ce qui serait déjà le double du maximum admis pour une file sur un arc à écoulement fluide. Dans le cas considéré, la capacité du carrefour, capacité maximale théorique, serait au plus égale à la demie somme des deux flux si l'imbrication s'effectuait sans aucun ralentissement, ce qui est encore une hypothèse irréaliste [MATHIS, 2003]. Cet exemple illustre bien la nécessaire prise en compte des nœuds dans l'étude de la vulnérabilité d'un réseau car la capacité de celui-ci influe sur sa vulnérabilité.

Ceci pourrait être possible grâce au principe de décomposition sommitale, développé au sein du Laboratoire du CESA :

Figure 8 : Le principe de décomposition sommitale



La décomposition sommitale permet de mieux appréhender le fonctionnement interne des nœuds constitutifs du réseau. De plus, les propriétés du graphe en termes de cheminement restent inchangées : « le graphe apparaît alors dans sa version étendue mais ses propriétés sont identiques au précédent en termes de cheminement si ce n'est que l'adjacence entre deux arcs qui dans le premier graphe s'effectuait par l'intermédiaire d'un sommet s'effectue dans le second par l'intermédiaire d'un nouvel arc et de deux sommets, la 1-adjacence a été transformée en 2-adjacence » [MATHIS, 2002]. La décomposition sommitale peut être plus difficile à réaliser dans le cas de graphes orientés¹.

Par conséquent, si la mesure de vulnérabilité d'un réseau proposée par Stéphane Bulteau fournit des éléments intéressants, elle reste insuffisante. Pour évaluer la vulnérabilité d'un

¹ voir [MATHIS, 2003] pour le cas des demi-échangeurs autoroutiers

réseau, il est nécessaire de prendre en compte les nœuds grâce au principe de décomposition sommitale.

II. LES MOYENS DE PROTECTION DU SYSTEME

Notre système de transports en commun est donc la cible de nombreux aléas, entraînant des perturbations qui peuvent ensuite se propager aisément en raison de sa nature réticulaire. Cependant, le système n'est pas passif face à ces risques et des mesures peuvent être prises pour limiter sa vulnérabilité. Celles-ci interviennent à deux niveaux : au niveau de la résistance par rapport aux aléas et au niveau de la limitation de la propagation des perturbations.

Le premier niveau correspond en grande partie à la recherche d'une fiabilité du système (celui-ci doit pouvoir fonctionner sans heurt) par les dispositifs de régulation les plus simples : « le plus aisé et le plus simple utilise l'élimination des perturbations par des absorbeurs de chocs, des tampons, des boucliers, des isolateurs... » [LE MOIGNE, 1977, p.200]. Ces dispositifs seront ici considérés en tant qu'actions spécifiques sur le système.

Le deuxième concerne plus la diminution de sa vulnérabilité et s'effectue à un niveau plus global. Le maintien d'un niveau de qualité de service satisfaisant d'un système de transports en commun nécessite de limiter l'incidence des perturbations de manière à offrir à la clientèle un service satisfaisant ses exigences. A ce niveau, l'adaptation du système à différentes situations est facilitée par une redondance des éléments constitutifs permettant une variété de configurations pour le système.

1. LES ACTIONS SPECIFIQUES : AMELIORER LA RESISTANCE FACE AUX ALEAS

De nombreuses mesures spécifiques peuvent aider le système à se protéger des aléas évoqués. Celles-ci ne sont pas présentées ici dans un souci d'exhaustivité mais afin de donner quelques exemples caractéristiques. De plus, les outils de résistance face aux aléas naturels ne sont pas présentés car ils correspondent la plupart du temps à des mesures très précises et rarement spécifiques aux transports en commun.

a) L'augmentation de la Sûreté de Fonctionnement du système : la réduction des aléas techniques

La Sûreté de Fonctionnement est relative à une dimension technique, à savoir la faculté de notre système à éviter l'occurrence d'aléas techniques. Ceci correspond à la fiabilité de notre système. Elle fait également référence à la sécurité pour les personnes concernées : même en cas de dysfonctionnement, les situations dangereuses doivent être évitées. L'approche « Sûreté de Fonctionnement » repose ainsi sur quatre principes majeurs :

la fiabilité, la sécurité, la maintenabilité et la disponibilité pour les voyageurs¹. Selon Guy Planchette, « aujourd'hui, la culture, les méthodes et outils de la Sûreté de Fonctionnement imprègnent l'univers aussi bien du monde ferroviaire que celui des bus, tant pour approcher les aspects du transport en lui-même que ceux des lieux d'accueil que sont les gares routières, les stations de métro et les gares du RER » [HOSTYN, 2000, p.28].

Pierre Desfray distingue quatre approches pour la définition d'objectifs en matière de sécurité [HOSTYN, 2000, p.10-11] :

- **interne** : les objectifs de sécurité doivent être d'un ordre de grandeur comparable aux performances de sécurité déjà observées dans les systèmes précédents (principe GAMAB : Globalement Au Moins Aussi Bon) ;
- **médiatique** : les risques d'accidents graves doivent être du même ordre de grandeur que les probabilités d'apparition des graves catastrophes naturelles imprévisibles ;
- **externe** : le transport constitue une partie du risque ambiant et ne doit pas faire augmenter celui-ci de manière importante ;
- **exploitant** : l'approche exploitant met en œuvre des lois de probabilité. Tout système possède une certaine probabilité de provoquer un accident, probabilité fixée par ses composants et son architecture de sécurité. La méthode permet de déterminer quelles sont les chances pour que cet accident se produise durant la vie du système. Il est cependant difficile pour l'exploitant d'avoir des objectifs quantifiés de sécurité. Tout d'abord pour des questions de recueil de données mais aussi parce que fixer des taux de défaillances ou de probabilité d'incidents revient à tolérer un nombre annuel de victimes. Une telle approche est délicate à gérer médiatiquement.

La mise en sécurité d'un équipement peut reposer sur plusieurs concepts [HOSTYN, 2000]. Un élément relevant du principe de **sécurité intrinsèque** réalise la fonction souhaitée dans un environnement donné, telle que l'apparition d'une ou plusieurs défaillances de ses constituants conduit le système dans un état connu ne se traduisant pas par une situation plus permissive, ou n'entraînant pas de conséquences plus dangereuses que celles qui auraient existé sans défaillance. Un équipement est dit de **sécurité contrôlée** vis-à-vis de certains défauts ou pannes, dès lors que les conséquences catastrophiques dues à ces défauts ou pannes sont inhibées par un autre équipement indépendant qui les détecte et commande un état restrictif. Dans une telle chaîne, le dernier maillon doit être de sécurité intrinsèque. Un équipement est dit de **sécurité probabiliste** lorsque l'ensemble des scénarii à conséquence dangereuse n'a pas été éliminé. Dans ce cas, il est nécessaire de démontrer que la probabilité d'apparition de ces scénarii est inférieure à un seuil défini à l'avance.

Malgré tous les efforts pouvant être entrepris, le risque zéro n'existe pas et des événements pouvant engager la sécurité peuvent se produire. Le risque de collision frontale entre deux trains est de nos jours quasiment infime, grâce notamment aux systèmes de contrôle de vitesse, de contrôle de franchissement des signaux, et de contrôle de vigilance des

¹ A la RATP, une ligne doit présenter un taux de disponibilité supérieure ou égale à 98 %

conducteurs. Néanmoins, les passages à niveau demeurent des lieux à risque et les actes de malveillance sont toujours possibles. Dans ce cadre, « la sécurité passive consiste à prendre en compte les événements accidentels dans le dimensionnement de la structure de caisse des véhicules et de prévoir des dispositifs afin de réduire les conséquences des collisions » [HOSTYN, 2000, p.37]. Ces actions permettent donc de minimiser la gravité des accidents ne pouvant être évités par des dispositifs ou des mesures de « sécurité active ».

L'introduction des systèmes de conduite automatisée entraîne une augmentation de capacité et de sécurité des réseaux. Néanmoins, l'homme joue et jouera toujours, comme nous l'avons souligné au préalable, un rôle important dans l'occurrence de tels aléas : « aucun système ne fonctionne de manière satisfaisante si la place de l'homme et les interfaces homme-machine n'ont pas été étudiées suffisamment tôt ni avec suffisamment de rigueur » [HOSTYN, 2000, p.12].

b) La lutte contre l'insécurité et les actes de malveillance

La lutte contre l'insécurité et les actes de malveillance peut se faire de diverses manières complémentaires. Tout d'abord, des mesures techniques peuvent être mises en place : accroissement du personnel de contrôle et d'accueil, équipements des stations en systèmes automatiques de surveillance, installation de dispositifs anti-agression, sensibilisation et formation du personnel à la sécurité et à la gestion d'une situation de crise, agents de médiation sociale, adaptation de la longueur des trains suivant l'affluence, etc.

L'implication de l'ensemble des acteurs concernés est déterminante car les problèmes de sécurité dans les transports relèvent de problèmes sociaux plus complexes ne se limitant pas à ce secteur particulier. De plus, la communication et la coopération avec les médias permettent de renseigner les usagers sur le comportement à adopter, et d'appeler à la participation à la sécurité.

L'objectif pour le transporteur est de parvenir à une maîtrise des lieux : les règles s'appliquant sur tous les lieux de transport doivent être fixées clairement. En effet, « si on laisse des interstices, les facteurs de trouble vont s'y engouffrer et l'insécurité retentira sur toute la chaîne de transport » [DESCOURS, 1997, p.42]. A ce niveau, la présence humaine joue un rôle déterminant car elle permet à la fois de sécuriser les déplacements et de lutter contre la fraude. Toutefois, la multiplication du nombre d'acteurs concernés (agents d'ambiance, contrôleurs, police...) au sein même du système peut être source de confusion et pose le problème de la responsabilité de chacun d'entre eux.

Présentons maintenant à titre d'illustration une action originale et récente : les Contrats Départementaux de la Sécurité dans les Transports (CDST) [IAURIF, 2002]. Ces contrats, dont le premier a été signé en Essonne en 1999, permettent la mise en place d'un dispositif de coordination pouvant associer les services de police et de sécurité compétents, le Procureur de la République, la RATP, la SNCF, le président du STIF, l'Inspecteur d'Académie, les dirigeants des compagnies de transports privés et le Président du Conseil

Général. Le Préfet assure la plupart du temps le pilotage du contrat. Des échanges réguliers d'information et une plus grande rapidité d'intervention sont ainsi facilités.

Neuf contrats ont à ce jour été signés en Ile-de-France. Ils prévoient notamment un plan d'action, structuré autour d'axes prioritaires. Neuf familles d'action peuvent être distinguées : renforcement de la présence humaine et lutte contre le sentiment d'insécurité ; actions d'information et de médiation ciblées sur les publics concernés ; partenariats institutionnels divers ; aménagements sécuritaires techniques (radiolocalisation, aménagement des terminaux, cabines anti-agression...) ; aménagement, requalification et reconquête de l'espace ; formation du personnel et des emplois-jeunes à la gestion des risques ; développement de mesures judiciaires alternatives ; aide aux victimes ; prise en compte de la sécurité routière.

Il est encore trop tôt pour tirer un bilan du fonctionnement de ce dispositif. Cependant, plusieurs points tendent à présager de son utilité :

- leur nature départementale, permettant une coordination des actions ;
- les animateurs du contrat, notamment le Préfet ;
- le partenariat entre grands transporteurs et services de l'Etat préexistant à la mise en place de ces contrats.

c) La bonne gestion du personnel : diminuer la fréquence des grèves

Les grèves constituent également des aléas dont la fréquence et l'ampleur peuvent être diminuées. Ainsi, la RATP a mis en place en 1996 une « alarme sociale », c'est-à-dire un système axé sur la prévention des conflits. En 2001, un nouveau protocole d'accord relatif au droit syndical et à l'amélioration du dialogue social à la RATP a été signé. L'article 14 de celui-ci précise comment formaliser l'accord et le désaccord au sein de l'entreprise [LA GAZETTE DES COMMUNES, 2002]. La Direction et les syndicats peuvent signer un contrat de désaccord. Ensuite, les syndicats déclenchent l'alarme sociale et envoient un courrier à la Direction en présentant le motif du conflit. Celle-ci a alors cinq jours pour réunir les partenaires concernés et travailler sur le point de désaccord.

Ce système a sans doute en partie contribué à diminuer la fréquence des grèves à la RATP : le nombre de journées perdues par agent en raison des grèves était de 0,26 en 2002 contre 1 à la fin des années 80. Toutefois, la SNCF, qui ne connaît pas un tel système, obtient de meilleurs résultats, avec un taux de 0,21 journée en 2002 [LE MONDE DIPLOMATIQUE, 2003].

Selon certains syndicats, quels que soient les structures de concertation dans l'entreprise et le niveau des prises de décision, le problème persiste dès lors qu'il s'agit d'une question de moyens (salaires ou effectifs, par exemple).

D'après Michel Cornil, président de l'Union des Transports Publics, il faut assurer une continuité du service public et concilier droit de grève et droit au transport : « pour concilier droit de grève et droit de transport, nous devons ouvrir un nouvel espace de dialogue social et favoriser une large concertation entre clients, salariés, syndicats et employeurs » [LA GAZETTE DES COMMUNES, 2002].

Les actions spécifiques peuvent donc elles-mêmes intervenir à deux niveaux. Tout d'abord, elles permettent de lutter contre la réalisation même des aléas. Un exemple est le système d'alarme sociale de la RATP pour éviter les grèves. Mais elles permettent également de lutter de façon « passive » contre les aléas, en renforçant la résistance du système par rapport à ces derniers. Il s'agit par exemple du renforcement de la résistance des véhicules au vandalisme, à la dégradation, à la résistance aux chocs frontaux. Cette remarque nous fait entrevoir l'absence de frontière nette entre aléa et vulnérabilité, déjà évoquée lors de la première partie.

2. LES ACTIONS A UN NIVEAU GLOBAL : LA REGULATION DES PERTURBATIONS

a) Approche théorique sur la régulation d'un système

- **La cybernétique.**

L'invention du concept de cybernétique est en grande partie due au mathématicien américain Norbert Wiener (1894-1964) qui utilisa le terme de cybernétique en 1947 pour nommer la science traitant de la commande et de la communication chez les animaux et les machines. La cybernétique vient du grec *kubernesis* qui signifie « l'action de manœuvrer un navire ». Les concepts fondamentaux sont la rétroaction et la mémoire. Il s'agit de poursuivre une finalité, c'est-à-dire d'évoluer vers un état à atteindre ou de maintenir un comportement malgré les perturbations dues au milieu extérieur. La rétroaction, autrement dit action en retour (feed-back) modifie le comportement du système par des mesures et des ajustements. La mémoire a pour but de profiter de stratégies antérieures qui se sont révélées avantageuses. L'information joue un rôle important dans les processus de rétroaction cybernétiques. Différents termes sont liés au concept de cybernétique : régulation, adaptation, équilibration.

- **Régulation, adaptation et équilibration**

Le système doit réguler les différentes perturbations qu'il peut subir mais également évoluer tout en maintenant ses finalités : il est alors en équilibration [LE MOIGNE, 1977, p.209]. En effet, « c'est [...] par rapport aux projets du système et non par rapport à une stabilité observable que régulation, adaptation et plus généralement équilibration peuvent être interprétables. La stabilité visible n'intéresse le modélisateur que dans la mesure où elle témoigne de la satisfaction, même fugace, de l'une au moins des finalités qu'il a attribuées à l'objet considéré. Il fera alors l'hypothèse que l'objet lui aussi définit ainsi son idéal de stabilité : non par l'invariance de la structure, mais par la satisfaction permanente de ses projets » [LE MOIGNE, 1977, p.209].

La régulation, l'adaptation et l'équilibration sont fortement dépendantes de la variété de comportements que le système peut adopter.

- Le besoin de variété du système

La variété d'un système peut être définie comme « le nombre de configurations ou d'états que ce système peut revêtir » [DURAND, 1979, p.20]. Celle-ci provient de deux sources (du système lui-même ou de l'environnement actif du système) et constitue le réservoir dans lequel il puise pour assurer son équilibre et une certaine marge d'adaptation. Il est ainsi nécessaire pour un système de disposer d'une variété plus élevée que celle qui serait nécessaire à son strict maintien, afin de pouvoir, en cas de défaillance d'un élément ou de circuits vitaux, en utiliser d'autres. La variété permet ainsi de trouver des réponses adaptées aux perturbations en provenance de l'environnement et d'apprendre de nouveaux comportements ou d'innover. La variété du système peut ainsi définir le nombre et la nature des stratégies nécessaires que le système peut acquérir par adaptation ou autoadaptation.

De plus, un système doit pouvoir être contrôlé par un niveau hiérarchique supérieur. En 1968, le cybernéticien R. Ashby a exprimé à ce sujet une loi célèbre, celle dite de la variété requise : « pour qu'un système (de pilotage) S1 puisse coordonner complètement un autre système S2, il faut que sa variété V1 soit supérieure à celle V2 du système S2 » [LE MOIGNE, 1977, p.247]. Le système de décision, s'il veut contrôler le système opérant, doit avoir une variété supérieure lui permettant de proposer des solutions pour les différents types d'états du système opérant.

La variété d'un système est liée à la redondance de ces éléments : « pour pouvoir tirer parti de l'événement (non programmé), pour transformer cette expérience en programme, et donc pour enrichir sa variété (son degré d'organisation) il importe que le système dispose d'une réserve initiale de redondances (et le cas échéant, qu'il soit en mesure de la reconstituer) » [LE MOIGNE, 1977, p.229].

- L'importance de la redondance

Il est nécessaire de prendre en compte la redondance du système en cas de défaillances. Elle autorise une disponibilité des éléments constitutifs du système. La disponibilité est l'état d'une chose, d'une personne ou d'un bien dont on peut disposer parce qu'ils constituent des ressources activables dans l'environnement d'une activité. Tant qu'elles ne le sont pas, elles demeurent libres et susceptibles de modification ou même passives.

Pour notre système, la redondance peut tout d'abord s'envisager au niveau topologique. En effet, la densité et le nombre de connexions jouent un rôle important en cas d'occurrence d'une perturbation et facilitent la maîtrise de la diffusion de cette dernière : « les possibilités de maîtrise de la diffusion existent et la forte connectivité, traduisant des possibilités de relations alternatives, est [...] un moyen de réduire les vulnérabilités » [BLANCHER, 1998, p.22]. Les conséquences sont ainsi moins importantes que sur un réseau peu maillé où la défaillance d'une seule liaison est susceptible d'entraîner des perturbations très graves sur le réseau. Cependant, cette affirmation n'est valide que dans la mesure où les autres liaisons possèdent une capacité suffisante pour absorber les flux supplémentaires induits. Par conséquent, « il s'agit de concevoir un réseau constitué de nombreux éléments, avec une interconnexion des différents composants du réseau permettant que la défaillance d'un seul élément soit facilement compensée par une légère surcharge des éléments restants » [BLANCHER, 1998, p.78].

La redondance en ressources techniques et humaines a également un caractère stratégique important. Ainsi, dans un système de transports en commun urbains, on prévoit en règle générale, pour faciliter l'exploitation en temps réel, des ressources complémentaires à celles prévues au tableau de marche de base, qui permettront de faire face à des indisponibilités du personnel ou du matériel. Il est en effet fondamental que les ressources disponibles du système soient supérieures à celles effectivement utilisées en temps réel. Un agent de conduite absent, un véhicule en panne sont des problèmes courants qui doivent être résolus rapidement. Ceci n'est possible que par la disponibilité de ressources complémentaires permettant au système de s'adapter grâce à une variété de configurations possibles.

b) La régulation dans les systèmes de transport

- ***La notion de Système de Transport Intelligent***

La notion de « Système de Transport Intelligent » (STI) est de plus en plus usitée, en particulier pour exprimer l'adaptation d'un système de transport à des situations variées grâce au rôle joué par l'information. Elle est liée au développement d'outils technologiques adaptés au domaine des transports, autorisant la diffusion d'une information dynamique et personnalisée : « Intelligent transport systems are a complex of technologies that are derived from information and computer technology and applied to transport infrastructure and vehicles » [STOUGH, 2001, p.1].

Cette notion, bien que non spécifique aux transports en commun, met en évidence par un exemple concret l'importance de l'information dans les mécanismes de régulation. Le terme « intelligent » traduit la connaissance supplémentaire des voyageurs et des opérateurs, grâce à l'information, et permettant l'occurrence d'une régulation du système.

Deux catégories de systèmes s'intégrant dans les STI peuvent être distinguées [BUTTON & HENSHER, 2001] :

- Les « Advanced Traffic Management Systems » (ATMS) utilisés par les opérateurs, dont le but est de faciliter la fluidité du trafic. Ils regroupent différents outils tels que la signalisation ou les systèmes de régulation en cas d'accident.

- Les « Advanced Traveler Information Systems » (ATIS), dirigés vers les voyageurs et leur permettant d'avoir un comportement actif par rapport à la situation, notamment en cas de perturbations. Ils revêtent un caractère stratégique décisif : “in the end it is the behaviour of people who use, influence, or are influenced by transportation technology that will ultimately determine how successfully ITSs¹ achieve their intended objectives” [STOUGH, 2001, p.209]. Il s'agit par exemple d'une information en temps réel sur le trafic, sur les travaux pouvant avoir un impact sur la circulation. La diffusion des messages s'opère au moyen de nombreux canaux (ex : radio, téléphone portable, télévision...). L'utilisation de tels systèmes devrait améliorer les relations entre l'infrastructure, les véhicules, les utilisateurs, afin que les

¹ Intelligent Transport Systems

différents composants fonctionnent comme un tout et de façon plus efficiente. Bien que non quantifiables à l'heure actuelle, de nombreux bénéfices sont escomptés par rapport à une information traditionnelle (statique et dirigée vers tous les usagers) : meilleure utilisation des infrastructures, amélioration du trafic, meilleure utilisation du transport public et développement de l'intermodalité, amélioration de la sécurité, réduction des impacts environnementaux... [BUTTON, 2001. p.461]. Ceux-ci peuvent être atteints par une combinaison de technologies travaillant ensemble vers le même objectif : rendre plus performants les systèmes de transport.

- La régulation dans les systèmes de transports en commun

Le service dans les transports en commun s'effectue en mode normal ou perturbé. En mode normal, « il s'agit de respecter le service théorique (les tableaux de marche). Par construction, ce dernier doit être par nature celui qui, à moyens donnés (matériels et humains) et à coût donné, offre la plus large satisfaction à la clientèle et donc la meilleure gestion du flux de passagers » [GRRT, 2001].

Mais lorsque le service normal (théorique) n'est plus respecté, des mesures de régulation doivent être mises en œuvre pour limiter l'effet des perturbations. Celles-ci ont un caractère provisoire et un effet limité dans le temps, l'objectif étant de retrouver le plus rapidement possible le service théorique limiter la gêne des usagers. En effet, « la défaillance d'un réseau est ressentie par les usagers comme une atteinte plus ou moins grave selon la durée, l'importance et la fréquence des contraintes qu'elle induit » [BLANCHER, 1998, p.37].

Les régulateurs ont donc pour mission de réaliser les modifications de l'offre initiale nécessaires à la résolution de la perturbation rencontrée. La régulation peut se faire à priori lors d'une perturbation connue à l'avance, en temps réel, ou peut correspondre à une adaptation sur le long terme du système à des modifications, le but étant que le système retrouve au plus vite un état d'équilibration.

La **régulation à priori** s'effectue en amont et intervient en particulier lors de mouvements de grève annoncés ou de travaux sur le réseau. Ainsi, le CNO (Centre National des Opérations) voyageurs de la SNCF peut être appelé en cas d'événements annoncés, mouvements de grève par exemple, à modifier son plan de transport initial. Classiquement, une perturbation est dite prévue si elle est connue plus de 24h à l'avance.

La **régulation en temps réel** correspond à la nécessité d'adapter en continu le système en raison des perturbations qu'il subit. L'objectif majeur est d'éviter une propagation des dysfonctionnements sur le réseau et d'acheminer le trafic en fonction des différentes priorités de circulation retenues, tout en essayant de parvenir au plus vite à un retour à la normale. A ce niveau, le travail du régulateur peut être découpé en plusieurs phases. Tout d'abord, la phase d'acquisition d'informations est à la base de toute régulation. Ainsi, en milieu urbain, les deux sources d'information principales sont : le Système d'Aide à l'Exploitation (SAE) qui fournit une information basique (position des bus et leur retard), et la radio pour des informations plus précises sur l'état du trafic, les causes des perturbations.

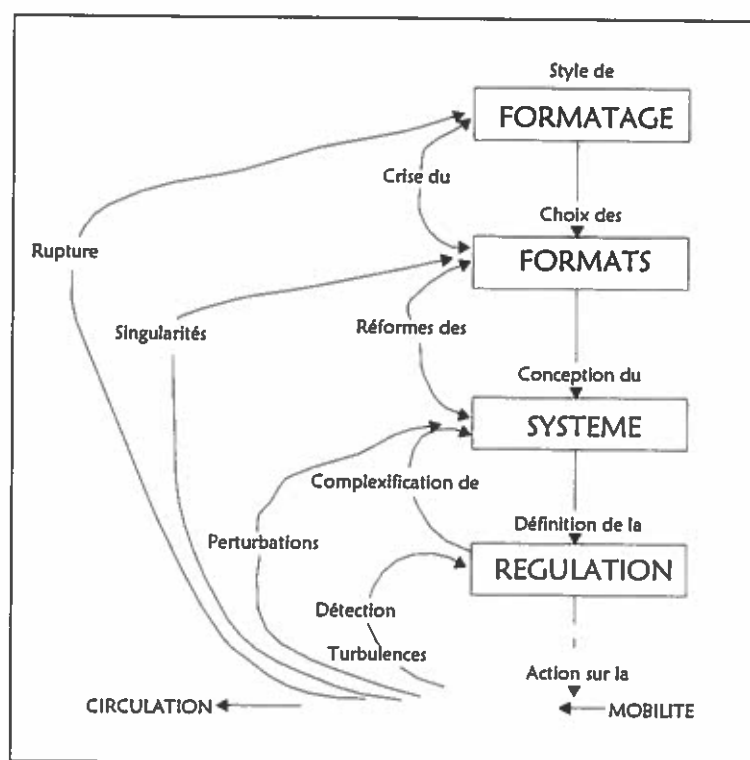
Le développement de l'informatique et des moyens de communication a permis d'améliorer la collecte des informations et leur mise en forme, en temps réel, pour le régulateur. Les régulateurs de la SNCF disposent ainsi de nombreux logiciels (Excalibur, Bréhat, Colt...) [VIE DU RAIL, n° 214]. La localisation automatique des véhicules a apporté de nombreux bénéfices : ralentissement ou accélération des véhicules pour se conformer aux horaires, messages d'alerte en cas d'agression et d'accident, gestion des temps d'attente des trains et des bus afin d'optimiser les correspondances. Les échanges d'informations doivent être nombreux afin de pouvoir dresser un tableau complet de la situation : stationnement en gare ou en rase campagne des trains impliqués, état d'esprit des voyageurs, nombre de voyageurs impliqués, etc.

Ensuite, lors de l'analyse de ces informations, le régulateur ne tient compte que des informations les plus pertinentes, selon les conséquences sur le réseau. Vient ensuite la phase de décision qui permet au régulateur de choisir les manœuvres à employer pour résorber l'incident. La prise de décision doit être rapide pour être pleinement efficace : « une caractéristique essentielle du travail de régulateur est la nécessité d'anticiper l'évolution des perturbations et leurs conséquences sur le fonctionnement de la ligne. En effet, plus le régulateur agit tôt, mieux il peut prévenir la dégradation du système qui tend à s'éloigner de l'optimum » [GRRT, 2001]. Le régulateur peut élaborer une stratégie de régulation en fonction des informations recueillies, des objectifs à atteindre et de son expérience. L'intervention doit être modulée en fonction de la gravité de la perturbation. En milieu urbain, Fadoua Chihaib distingue quatre logiques de régulation : l'enlèvement de la charge, la régularité, la ponctualité et la correspondance [GRRT, 2001]. Ces différentes stratégies sont nécessairement tributaires de contraintes dont le régulateur doit tenir compte.

Le principe du formatage récursif, modèle relevant de l'analyse systémique, permet de bien comprendre la **régulation sur le long terme** par l'adaptation du système sur une échelle de temps plus importante. Le processus de formatage de la mobilité, auquel participent les transports en commun, révèle inévitablement à son observateur des éléments n'entrant pas dans les cadres et les formats définis : ces éléments constituent des « singularités » (spatiales, temporelles, humaines). Si celles-ci deviennent suffisamment répétitives et stables, elles acquièrent le statut de « régularités » et sont susceptibles d'entraîner des boucles de rétroaction qui vont modifier la nature du système de circulation et ses rapports à l'environnement. La logique développée par G. Amar [MENERAULT & BARRE, 2001, p.77] est celle d'un processus continu, en boucles, fait de régularités et de singularités, agissant à des niveaux de complexification croissants. La récursivité du modèle est examinée à quatre niveaux :

- le premier niveau correspond aux régulations appartenant aux capacités du système ;
- le deuxième niveau traduit l'enrichissement du système sans remise en cause de ses formats ;
- le troisième niveau est la transformation des formats élémentaires qui composent le système ;
- le quatrième et dernier niveau correspond à une crise du style de formatage du système.

Figure 9 : Les quatre niveaux d'action sur le système



[MENERAULT & BARRE, 2001, p.78]

Le système doit donc s'adapter, se réguler à différentes échelles temporelles mais également aux différents niveaux de son organisation. Plus qu'une simple régulation, la prise en compte de singularités temporelles, d'événements culturels, sportifs, peut conduire à modifier l'offre de transport. L'apparition de singularités humaines peut également entraîner des changements profonds sur le long terme. Ainsi, l'évolution de la clientèle du réseau ferré en gare de Lille, repérée à travers deux enquêtes menées en 1985 et 1993, a été caractérisée par une féminisation, une forte augmentation de la clientèle étudiante, un renforcement de la part des usagers à Villeneuve-d'Ascq, une diminution des déplacements pour des motifs obligés, un renforcement du VAL comme mode d'accès à la gare : « autant d'éléments qui, ancrés dans la durée, sont susceptibles de devenir des « régularités » et de faire évoluer les formats du réseau » [MENERAULT & BARRE, 2001, p.78].

On remarque à nouveau ici que l'information joue un rôle important. Le retour d'expérience permet d'obtenir des informations pertinentes dans le but d'adapter le système aux nouvelles « régularités ». Par exemple, le Centre National des Opérations de la SNCF peut fournir des éléments chiffrés sur les principales causes des retards au Comité national de la régularité afin d'identifier les points faibles du réseau ferroviaire et de mieux évaluer les retards et leurs causes. Il facilite donc l'amélioration de la qualité du système à long terme, en aidant à prendre des décisions d'investissements pertinentes [VIE DU RAIL n°214, 2002].

La circulation de l'information est fondamentale dans la régulation d'un système et permet donc de diminuer sa vulnérabilité. Nous avons notamment souligné le rôle que jouait l'information interne aux opérateurs, circulant entre le système d'information et de décision.

Il apparaît intéressant de s'attacher plus particulièrement à évaluer rôle que peut jouer l'information fournie aux voyageurs dans cette régulation. Nous considérons alors les usagers des transports en commun en tant que composants actifs du système pouvant participer à sa régulation.

Par ailleurs, nous avons souligné dans la première partie l'importance des connexions dans le bon fonctionnement de notre système.

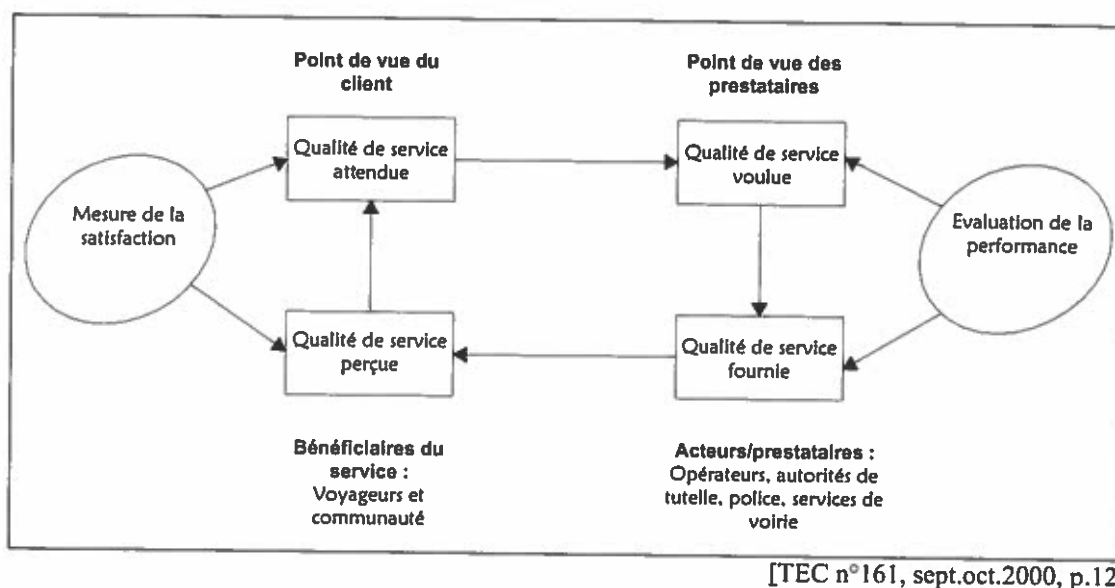
A l'articulation entre système de transport urbain et interurbain, entre système de transport et système urbain, les pôles d'échanges jouent un rôle important à de nombreuses échelles.

En couplant ces deux observations, il semble pertinent d'étudier l'influence de l'information fournie aux voyageurs dans les pôles d'échanges dans la régulation des perturbations affectant le système de transports en commun.

Il s'agit donc de répondre à la question suivante : **en quoi l'information fournie aux voyageurs dans les pôles d'échanges permet-elle de réguler les dysfonctionnements et perturbations affectant les transports en commun ?**

Nous avons, lors de la première partie, défini une mesure de vulnérabilité de notre système basée sur la baisse de la qualité de service fournie aux usagers suite à un événement particulier. Afin de préciser ce que l'on entend par « qualité de service », nous pouvons nous appuyer sur la norme XP 50-805, révisée en février 2000. Celle-ci s'attache à mesurer la performance du service du point de vue du voyageur. Elle s'appuie sur les concepts du « cycle de la qualité ».

Figure 10 : Le cycle de qualité



Les enquêtes de satisfaction permettent de mesurer les écarts entre la qualité attendue et la qualité perçue par les voyageurs. L'évaluation de la performance de l'entreprise prend plus ou moins en compte les attentes des voyageurs, en pondérant les indicateurs de mesure par le nombre de personnes gênées ou satisfaites au cours de leur voyage. C'est cette performance qui est certifiée par la norme. Celle-ci mesure donc la qualité de service fournie aux usagers des transports en commun.

La norme s'appuie sur huit familles de critères de qualité qui doivent faire l'objet de mesures par des indicateurs précis. A chacun des critères est associée la description d'un service de référence, d'un niveau d'exigence et la description d'une, ou plusieurs situations inacceptables (cf page suivante).

Figure 11 : Norme XP 50-805 : critères de qualité

INDICATEURS	CONTENU
Offre de service	Description du service offert en termes de zone géographique desservie, d'horaires, de fréquence et de mode de transport.
Accessibilité	Accessibilité au système de transport en commun y compris l'interface avec d'autres modes de transport.
Information aux voyageurs	Mise à disposition systématique de tous les renseignements concernant le système de transport en commun nécessaires aux voyageurs pour programmer et effectuer leurs déplacements
Temps/durée	Aspects relatifs aux temps nécessaires pour programmer et effectuer les déplacements.
Attention portée au client	Eléments de service introduits pour assurer la meilleure adéquation possible entre le service de référence et les attentes de chaque client.
Confort	Eléments de service introduits dans le but de rendre les déplacements en transports en commun relaxants et agréables.
Sécurité	Sentiment de sécurité ressenti individuellement par chaque client, procuré par les moyens effectivement mis en œuvre et par la communication faite.
Impact environnemental	Effet sur l'environnement de la fourniture d'un service de transports en commun

[TEC n°161, sept.oct.2000]

L'« offre de service », l'« accessibilité » et l'« impact environnemental » ne sont pas susceptibles d'être modifiées par l'information fournie aux voyageurs. Par conséquent, les indicateurs apparaissant pertinents dans le cadre de ce travail sont :

- Temps/Durée
- Attention portée au client
- Confort
- Sécurité

Il conviendra donc d'évaluer au cours de la troisième et dernière partie l'influence de l'information diffusée dans les pôles d'échanges au cours d'une situation perturbée à partir de ces différents critères.

III LA REGULATION PAR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES

Nous allons au cours de cette troisième et dernière partie étudier le rôle de l'information diffusée dans les pôles d'échanges lors de situations perturbées. Pour ce faire, les caractéristiques majeures des pôles d'échanges seront exposées dans un premier temps afin d'entrevoir les principaux problèmes auxquels ils sont confrontés. Dans un deuxième temps, des données générales seront fournies sur l'information dans les transports en commun. Enfin, l'information dans les pôles d'échanges sera étudiée, afin d'évaluer l'influence sur la qualité de service de l'information fournie aux voyageurs dans les pôles d'échanges, en situation perturbée.

I. PERTURBATIONS ET DYSFONCTIONNEMENTS AU NIVEAU DES POLES D'ECHANGES

En 1996, la Direction Grandes lignes de la SNCF affirmait : « les gares sont les éléments de la chaîne du voyage dans lequel le client se sent particulièrement fragilisé » [JOSEPH, 1999, p.30]. En effet, les pôles d'échanges, interfaces en système de transport et système urbain, sont soumis à de nombreuses tensions. Celles-ci peuvent à la fois venir du système de transport ou de la ville.

1. LE SYSTEME CONSIDERE

Le système « pôle d'échanges » à étudier correspond à un sous-système de notre système de transports en commun sur lequel nous avons décidé d'opérer un « zoom ». Par conséquent, il s'agira de tenir compte de cette donnée car la vulnérabilité est envisagée au niveau du système englobant.

Un pôle d'échanges, sorte de « machine » urbaine à gérer les flux « apparaît comme un système différent selon le point de vue que l'on privilégie : faire partir des trains, informer le voyageur, gérer le personnel du transporteur, veiller à la sécurité, etc » [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.62].

Nous intéressant aux dysfonctionnements subis par les usagers et aux régulations menées par les opérateurs, notre système se définira comme :

- **L'ensemble des éléments que rencontre le voyageur durant son passage dans le pôle d'échanges** : espaces de circulation, signalétique, guichets, automates de ventes de billets, portes...

Plusieurs types d'objets peuvent être distingués :

- le mobilier urbain traditionnel (bancs, sièges, éclairage, barrières, poubelles) ;
- les dispositifs interactifs (automates, bornes, téléphones, distributeurs, péages) ;
- les services et commerces présents : alimentation, presse, photomats, etc ;
- les équipements d'accès : arrêts de bus et de tramway, ascenseurs, escaliers, parkings voiture et vélo... ;
- les véhicules (trains, métros, tramways, bus) ;
- les infrastructures linéaires de transport : voies ferrées, voirie traditionnelle.

Nous pouvons y ajouter les agents de l'opérateur (personnel) pouvant être rencontrés par l'utilisateur : personnel d'information, de maintenance, ou encore de vente de billets.

▪ **Toute l'organisation humaine et technique se trouvant derrière ces éléments.** L'utilisateur ne voit pas tous ces éléments, lesquels permettent d'agir sur le système et de le réguler. Il s'agit par exemple des instruments de communication entre les exploitants : téléphones, consoles, tableaux de contrôle optique, ou encore moniteurs vidéo.

Enfin, signalons que notre pôle d'échanges se compose d'entités distinctes : gare ferroviaire, station des bus et tramways, station de métro. La gare ferroviaire constitue le pivot autour duquel se sont développées progressivement les autres entités.

2. L'EVOLUTION DES POLES D'ECHANGES AU COURS DE L'HISTOIRE

Afin d'appréhender de façon pertinente la nature de notre pôle d'échanges et les problèmes qu'il rencontre à l'heure actuelle, une approche historique s'avère nécessaire. Nous nous baserons sur l'évolution de la gare, objet tout d'abord simple né de la nécessité d'un lieu permettant l'accès aux trains, et qui a subi au cours du temps « un processus (paradoxal) d'adaptation d'un lieu immobile à la multiplication et à l'accélération de mouvements aux rythmes spasmodiques, en 3D dans la plupart des cas, qu'il faut accueillir, abriter, orienter, répartir, canaliser, faire repartir » [JONAS, 1997, p.37]. Les gares peuvent ainsi être considérées comme des créations en continuel devenir [FLUX, 1999].

a) Distinction des différentes périodes

Pour bien cerner la nature de cette évolution, nous allons nous baser sur les propos de Georges Ribeill qui distingue trois périodes majeures [JOSEPH, 1999].

Tout d'abord, **jusqu'à la première guerre mondiale**, la gare est selon ses termes un « bastion défensif ». Le problème du contrôle des flux aux points de passage obligés suscite dès l'origine une organisation fondée sur le modèle militaire avec des rôles distribués, une forte hiérarchisation du personnel, des uniformes. L'ordonnance du 18 juillet 1845 stipule que l'Etat est le gendarme des chemins de fer. L'objectif majeur est alors la préservation du

domaine public (emprises) et la sûreté de l'exploitation. Cette mesure est suivie de l'ordonnance du 15 novembre 1846 dont les principes majeures sont les suivants :

- clôture externe et étanchéité interne afin de se protéger des dangers externes ;
- interdiction pour les voyageurs d'entrer dans des voitures sans billet, d'entrer ou sortir autrement que par la portière qui fait face au côté extérieur de la ligne, de passer d'une voiture à l'autre ;

Petit à petit émergent les premiers services commerciaux annexes dont les redevances apportent des ressources extraferroviaires. Mais on vérifie toujours au préalable que cela n'apporte pas une entrave dans le service de l'exploitation. Les circulaires ministérielles du 22 juin 1863 et du 22 décembre 1866 invitent les compagnies à autoriser les voyageurs à accéder aux quais sans passer par les salles d'attente. Toutefois cet usage sera entériné tardivement par l'arrêté ministériel du 10 janvier 1885.

Entre les deux guerres, la gare connaît des adaptations timides. Elle devient de plus en plus commerciale car la concurrence avec la voiture nécessite de rendre plus attractive cette vitrine du transport ferroviaire, laquelle constitue par ailleurs un centre de profit auxiliaire non négligeable. De plus, l'augmentation du trafic de banlieue oblige l'interconnexion du rail avec les autres transports urbains : la gare devient un véritable pôle d'échanges. « Devenue l'un des maillons ordinaires de la chaîne des transports migratoires quotidiens, l'interconnexion du rail avec les autres services de transports collectifs est une nouvelle obligation » [JOSEPH, 1999, p.17].

Précédées par le Décret de 1958 qui permet l'ouverture des enceintes ferroviaires¹, les années 70 marquent un tournant : la gare s'ouvre, est rénovée et achalandée. L'année 1978 voit la fin des contrôles manuels d'accès et de sortie des quais selon le principe ACCES (Accueil, Choix, Compostage, Entrée facilitée, Sortie libre), constituant un changement profond dans la nature même de la gare : « désormais, la gare idéale ne serait plus conçue autour des voies et des trains mais à partir des besoins des clients. Du paradigme natif de la gare, technique et sécuritaire, on passait à un nouveau paradigme, commercial et libéral » [JOSEPH, 1999, p.27].

On a ainsi vu la « conversion de l'ancienne gare fermée et labyrinthique en un nœud d'échanges intermodal et pôle de services ouvert » [JOSEPH, 1999, p.28]. L'arrivée du TGV a également parfois entraîné un réaménagement des gares. Sous l'influence de nouvelles organisations, de nouvelles découpes institutionnelles ou de nouvelles pratiques de réseau, les lieux d'échanges se sont complexifiés, passant de la seule fonction transport à celle de prestataire de services et commerces multiples relevant d'une fonction d'échange beaucoup plus générale. Ceci nous amène à considérer les tendances majeures de l'évolution de la gare.

¹ mesure facilitée par le développement de la traction électrique diminuant les nuisances

la gare UK → espace com.

b) Les tendances majeures de l'évolution de la gare

Tout d'abord, les gares se sont complexifiées de façon progressive et ont vu leurs dimensions croître de façon importante. L'augmentation du trafic de marchandises a entraîné la mobilisation de terrains à l'arrière des gares et le développement des liaisons avec la périphérie de la ville a rendu nécessaire la construction de nouvelles voies. Le nombre de modes de transport interconnectés a augmenté de façon importante s'accompagnant concomitamment d'une croissance des flux et d'une hétérogénéité croissante des populations. Cette démocratisation de la gare a obligé la mise en place de nouveaux lieux d'accueil. Petit à petit, l'offre de services s'est élargie : adjonction de services accessoires au transport ferroviaire, de services marchands périphériques au transport et de services d'aide aux voyageurs en difficulté. La gare est devenue un objet territorial s'inscrivant dans une pluralité d'échelles (régionale, nationale, internationale), soumis à une diversité d'usages et mettant en jeu des logiques d'acteurs multiples.

La gare a ainsi perdu son statut d'« extraterritorialité ». Elle est en effet un lieu localisé sur des réseaux de transport, mais aussi dans la ville. Elle constitue un lieu d'interface entre nœud de réseau d'infrastructures et nœud de réseau socio-économique [MENERAULT & BARRE, 2001]. Kevyn Linch a été l'un des premiers à remarquer qu'elle constituait un point nodal en termes sociaux, culturels et économiques [JOSEPH, 1999]. La gare, autrefois considérée comme porte de la ville entretient aujourd'hui « avec elle des rapports plus complexes, faits de porosité, de chevauchements, d'emboîtements de seuils et d'espaces de transition » [JONAS, 1997, p.23]. A. Barré utilise ainsi le terme d'**espace nodal** pour qualifier l'emprise dédiée aux correspondances intermodales qui se développe entre les deux gares centrales de Lille¹ et intégrant d'autres fonctions urbaines. « Avec la mise en service de Lille-Europe, on est passé du concept classique de point nodal à celui d'espace nodal, puisque le périmètre dans lequel s'effectuent les échanges entre modes s'est élargi, l'opération Eurallille ayant eu pour effet de donner à cet espace nodal d'autres fonctions que la simple correspondance entre modes de transport » [MENERAULT & BARRE, 2001, p.99].

L'ouverture de la gare et son interconnexion croissante avec la ville ont facilité l'émergence d'un espace public, intégrant des fonctions commerciales. I. Joseph distingue trois zones marchandes associables aux pôles d'échanges :

- la **zone primaire** qui propose les fonctions indispensables au voyageur (services d'accueil et d'orientation, kiosque, presse...) : elle se situe au niveau des flux de passagers ;
- la **zone complémentaire** qui dispose des fonctions facilitant le séjour du passager dans le pôle d'échanges ou optimisant le temps de passage (restauration, salon d'affaires) : elle peut se situer en dehors des grands flux mais doit être reliée au pôle d'échanges par différents moyens (signalétique, espaces de déambulation, etc) ;
- la **zone périphérique** qui possède des commerces non liés directement au transport.

¹ Lille-Europe et Lille-Flandres

On peut constater à ce sujet la multiplication des services automatisés. « La gare, les espaces de transit, ne font en cela qu'accueillir comme tout lieu public cette nouvelle forme d'offre » [Equipements, 1996, p.14].

Par ailleurs, l'augmentation croissante du trafic a favorisé la polarisation du territoire urbain environnant. Le quartier de gare reflète bien cette influence sur la ville et ses activités. En effet, il « résulte d'un fait urbain né spontanément et ne vient pas d'un projet urbain commun créé en concertation avec la participation du chemin de fer et de la ville » [JONAS, 1997, p.5]. Tout un quartier est profondément structuré par la gare entraînant la mise en place d'autres activités de transport et d'activités commerciales. Toutefois au lieu d'utiliser le terme de quartier de gare, « certains chercheurs préfèrent employer le terme de « quartier de la gare » signifiant par là que la gare, si elle demeure souvent le bâtiment le plus significatif de son quartier n'est plus, par contre, le point nodal autour duquel il se structure » [FLUX, 1999, p.45].

Les rapports du pôle d'échanges à la ville peuvent néanmoins être envisagés aujourd'hui en termes de centralité urbaine. En effet, « parler de pôle d'échanges, c'est bien envisager le point de réseau comme une des structures fortes de l'espace urbain » [JOSEPH, 1999, p.114] car par définition un pôle structure l'espace : c'est un point d'attraction et de rayonnement. Certains chercheurs s'interrogent ainsi sur le rapport entre centralité-transport et centralité urbaine : « le concept de centralité-transport est à confronter ou à conjuguer avec le concept de centralité urbaine, centralité territoriale de nature plus aréolaire.[...] La centralité-transport (qui a une réalité physique : une surface, une dimension, des distances entre correspondances) se superpose-t-elle à une centralité urbaine existante ? » [JONAS, 1997, p.37]. Nous ne nous attarderons pas sur la question mais force est de constater que la gare joue un rôle particulier dans le processus de formation des centralités urbaines, par l'importance des flux qu'elle draine naturellement.

3. LES PROBLEMES ACTUELS INTERNES

La gare s'est progressivement transformée en un pôle d'échanges public ouvert drainant des flux massifs et anonymes et doit sans cesse s'adapter à des exigences renouvelées : « un espace accessible est doté d'une forme plus ou moins affichée et d'un droit d'usage plus ou moins manifeste. C'est aussi un lieu-mouvement qui doit pouvoir s'adapter aux rythmes sociaux et à leurs modifications » [JONAS, 1997, p.22]. Nous allons maintenant nous attacher à étudier les dysfonctionnements susceptibles d'altérer la bonne marche de ce lieu si particulier.

a) Le manque de cohérence et de lisibilité

L'évolution de la gare est caractérisée par une complexification croissante avec des interconnexions de lignes et de modes de plus en plus nombreuses.

Le pôle d'échanges a ainsi été divisé en différents domaines correspondant à des sous-systèmes qu'il est difficile d'harmoniser. Cette situation peut poser des problèmes majeurs pour l'orientation des voyageurs : « un voyageur sortant d'un train grandes lignes et voulant

prendre le RER¹ passe d'un système de transport à l'autre tout en restant dans le même ensemble architectural de la Gare du Nord. De son point de vue, il a toujours affaire au même système, celui de la gare, et il ressent comme des ruptures, des discontinuités, les changements qui existent dans la signalétique, le mode d'affichage des trains, l'ambiance lorsqu'il passe d'un système de transport à l'autre » [MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.63]. De plus, la présence de multiples acteurs peut nuire à la cohérence de l'ensemble du système : « chaque transporteur peut agir dans son domaine, mais comment traiter les frontières et les transitions, comment coordonner des systèmes placés sous des responsabilités différentes et ayant des politiques différentes en matière de traitement et d'accueil du voyageur ? » [MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.63]. La Gare du Nord, avant son réaménagement, illustre bien ces différents problèmes : elle avait été construite par adjonctions et stratifications au fil de l'histoire, sans véritable plan d'ensemble, sans architecture rendant lisibles la localisation et l'organisation des différents modes de transport.

S'appuyant sur l'exemple de la Gare du Nord, Denis Bayart n'hésite pas à comparer la gare à un labyrinthe [MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, 1997]. S'appuyant sur la constatation suivante : l'essence même du labyrinthe est de circonscrire dans le plus petit espace possible l'enchevêtrement le plus complexe de sentiers et de retarder ainsi l'arrivée du voyageur au centre qu'il veut atteindre, il en déduit que la gare peut constituer un labyrinthe inintentionnel. Il souligne notamment que la gare tout comme un labyrinthe différencie les initiés des novices. Les difficultés sont en effet beaucoup plus importantes pour les voyageurs la fréquentant rarement. Une autre similitude réside dans l'association souvent faite entre labyrinthe et monde sous-terrain, lequel constitue de nos jours une partie importante des pôles d'échanges.

De plus, la complexité et le manque de coordination de la tarification ajoutent une dimension supplémentaire à ce labyrinthe et l'information fournie aux voyageurs peut parfois achever de le déstabiliser. En effet, le concepteur méprise parfois la somme d'informations qu'assemble le passant dans son itinéraire, en le traitant, pour chaque arrêt possible, comme un passant vierge de savoirs sur le lieu et même en l'obligeant à contrarier et à effacer les savoirs qu'il est en train de construire [La gare, 1996, p.17]. Ceci conduit Denis Bayart à la conclusion suivante : « c'est parce qu'il existe dans la gare plusieurs labyrinthes symboliques superposés et combinés avec le labyrinthe matériel que nous pouvons étendre la notion de labyrinthe au système de la gare, et pas seulement à son espace » [MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.69].

¹ Réseau Express Régional

b) Problèmes de capacité et de circulation des flux

Selon la formule de I. Joseph, « assurer la police d'un réseau, c'est [...] gérer des flux dans des espaces qui sont moins des places et des lieux de vie que des passages » [JOSEPH, 1999, p.8]. Or cette tâche est difficile car les pôles d'échanges peuvent concentrer des flux de passagers importants se comptant en dizaines, voire en centaines de millions par an.

Comme tous les espaces publics, les pôles d'échanges doivent être accessibles à tous¹. Huit catégories d'usagers de cet espace peuvent être identifiés : le citadin, le voyageur ne partant pas le jour même, le voyageur partant immédiatement, le voyageur en partance mais qui a du temps disponible, le voyageur en correspondance courte, longue, le voyageur arrivé et la personne venue accompagnée [JOSEPH, 1999]. La notion d'accessibilité comprend également la plus ou moins grande facilité d'accès à cet espace selon les différents modes empruntés. Ainsi, le cas de Strasbourg montre que l'accès à la gare a tout d'abord été facilité pour les tramways et les piétons, puis pour l'automobile [La gare, 1996]. Il peut y avoir une compétition pour l'accessibilité entre les différents modes et une saturation aux abords de la gare.

A l'intérieur de la gare, le voyageur est en permanence soumis à une dialectique passage-séjour. I. Joseph [JOSEPH, 1999] discute ainsi du rapport entre pôle d'échanges, intégrant des fonctions nécessaires au passage et place d'échanges qui de surcroît doit proposer des fonctions liées au séjour, à l'occupation de l'espace. Un pôle d'échanges, même si sa fonction première est d'assurer une bonne circulation des flux doit également être en mesure de proposer des fonctions permettant à l'usager en correspondance d'y effectuer un séjour agréable. La présence de commerces peut néanmoins devenir une source de problèmes par l'intégration dans un espace de circulation d'équipements qui tendent plutôt à favoriser le stationnement. En effet, toute offre de services est un encouragement au séjour, elle détourne ou interrompt une trajectoire. Selon Dominique Bouillier, « cette contradiction offre un terrain d'intervention privilégié à l'automate qui possède cette particularité de retraiter le service dans une logique de flux en limitant à l'extrême tout séjour » [Equipements, 1996, p.19].

La nature des objets présents et leur disposition peuvent également participer à une bonne circulation des flux. Les équipements sont en effet des opérateurs de transformation des mouvements pouvant contribuer à faciliter les déplacements et à éviter l'apparition de points sensibles, lesquels peuvent être définis comme des composites faites de personnes, de machines, de flux dont l'agencement peut poser problème [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997]. Ainsi, « il suffit qu'un APV refuse de céder le passage, que quelques voyageurs soient bloqués faute d'avoir acheté le bon ticket, que quelques personnes bouchent l'accès conduisant au métro pour qu'un ou des goulets d'étranglement se forment en quelques secondes » [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.42]. A contrario, l'aspect lisse et glissant de matériaux tels que le marbre, l'étroitesse du passage, l'absence d'objets ou d'inscriptions retenant le regard, ou encore un sol dépourvu d'obstacles sont autant de facteurs contribuant à un déplacement rapide dans cet espace car « le regard ne peut s'échapper qu'en se centrant sur l'issue de sortie, le pas du passant ne fait que répéter ce que l'œil a déjà accompli » [La gare, 1996, p.86].

¹ Le cas spécifique des personnes handicapées sera discuté plus loin

Néanmoins, l'accumulation des circulations dans un espace limité conduit, presque inévitablement, à une multiplication des tensions internes au système de transport (saturation des lignes, difficile gestion des correspondances entre modes, engorgement chronique des accès routiers) et entre celui-ci et la ville (conflits pour l'occupation du sol notamment). L'exemple de la gare de Lille-Flandres est à ce sujet illustratif de la saturation pouvant résulter de cette forte polarisation des flux : « il semble que Lille-Flandres soit soumise à une crise chronique de croissance : si la gare a connu des adaptations récentes pour rattraper un retard face à une situation d'engorgement consécutive à l'accueil du TGV et au développement de ses fréquences, les prémisses d'une nouvelle politique ferroviaire régionale volontariste montrent les limites d'un système de flux fortement polarisés » [MENERAULT & BARRE, 2001, p.76].

Par ailleurs, la diversification des usages¹ implique que les solutions aux problèmes de saturation ne soient pas seulement envisagés en termes fonctionnels, de circulation et de flux, mais également en termes d'aménagements, d'opportunités urbaines et d'interface entre ville et système de transport.

Des différences notables existent entre gare de passage (à l'origine d'une rupture dans l'espace) et gare-terminus² (élément de centralité participant aux activités en cœur de ville et plus proche du centre). En effet, la gare-terminus nécessite des rebroussements systématiques des trains, ce qui réduit la capacité de la gare et peut conduire plus facilement à une saturation des installations (ex : Lille-Flandres). Cependant, l'accès pour les voyageurs y est plus aisé. Cet exemple illustre bien les tensions que subit cet objet, qui doit trouver le meilleur compromis possible pour limiter au maximum les dysfonctionnements.

Enfin, « il semble exister un rapport optimum entre la taille de la gare ou du hall et la fréquentation de ces lieux, les usagers souhaitant que les gares soient des lieux animés sans toutefois présenter des situations d'encombrement et de bousculade » [LATTIS, 2001, p.101]. Pour des raisons de sécurité, il est préférable de trouver un compromis entre une foule trop nombreuse, entraînant des bousculements, des accrochages et un lieu trop peu fréquenté, où le voyageur ne se sent pas en sécurité. En effet, d'après Alain Walmetz, « selon la manière dont le trafic est organisé, la manière dont on accède aux quais, on assiste à des conflits de circulation qui accroissent le sentiment d'insécurité » [Equipements, 1996, p.37].

¹ 30% des gens viennent en gare pour une autre raison que pour y prendre un transport en commun (acheter un billet, accompagner, acheter un journal, traverser...) [Le rail n°73, févr.mars 1993]

² Exemples de Tours, Orléans, Lille-Flandres et des gares parisiennes

c) L'insécurité

Les problèmes liés à la sécurité ont déjà été abordés de façon détaillée au cours de la première partie. Toutefois, les pôles d'échanges présentent des caractéristiques suffisamment spécifiques pour que l'on s'y attache de nouveau ici.

La gare est aujourd'hui plus commerciale et accueillante mais aussi nettement plus perméable, ouverte à des activités et des flux indésirables, que ne contrôlent parfois plus les exploitants. La gare est ainsi devenue « un terreau favorable à l'éclosion ou à l'amplification de nouveaux faits sociaux, tels que la fraude, le vandalisme ou la délinquance » [LE RAIL, n°96, déc.96, p. 46]. De plus, les abords des gares sont susceptibles d'abriter des foyers de non-droit : prostitution, vol à la tire et commerces illicites s'y déploient. Le périmètre de marginalité s'est même accru avec l'ouverture des gares à tous [MENERAULT & BARRE, 2001, p.10].

C'est pourquoi les préoccupations sécuritaires sont de façon croissante sous-jacentes dans les débats sur la gestion des services des pôles d'échanges. L'un des écueils serait de tourner ces espaces publics vers l'intérieur au détriment des principes d'accessibilité et de libre circulation. La Suisse essaie de faire de ses gares des lieux de vie et d'animation, en ouvrant par exemple des magasins 18h/24 qui contribuent à la sécurisation des lieux.

L'aménagement intérieur de la gare, son architecture, influent sur le sentiment de sécurité ressenti par les usagers : « la possibilité de voir mais aussi d'être vu semble une composante essentielle du sentiment de sécurité et de ce fait de la qualité de ces interfaces, les usagers critiquant souvent les couloirs sombres, les arrêts de bus mal éclairés, les petites salles d'attente fermées et appréciant généralement à l'inverse la clarté des lieux, leur ouverture » [LATTIS, 2001, p.101].

d) Problèmes particuliers pour les personnes handicapées

La Loi du 30 juin 1975 a instauré l'obligation d'accessibilité pour les bâtiments ouverts au public et les logements collectifs neufs d'habitation ainsi que pour les transports aux personnes présentant un handicap [JOSEPH, 1999].

Néanmoins, selon le type de déficience (motrice, auditive, visuelle ou mentale), plusieurs types de problèmes peuvent être rencontrés dans les pôles d'échanges en raison de la présence de barrières physiques ou de faiblesses sensorielles pour l'utilisateur. L'accent est ainsi mis par chaque groupe sur des difficultés propres.

En plus de la structure complexe du lieu, les personnes handicapées ont des problèmes spécifiques à s'orienter au sein d'un pôle d'échanges. Une des difficultés inhérentes à l'intermodalité est de raccrocher la chaîne signalétique et une personne handicapée peut parfois avoir des problèmes pour capter l'information nécessaire et comprendre un message : « l'information, celle qui concerne l'objectif- c'est-à-dire le train, le RER, le métro ou le bus à prendre- ou celle qui concerne les horaires, les tarifs, ou même très simplement le cheminement à adopter- n'est pas également accessible à tous. Présentée sur des normes

réputées accessibles au voyageur moyen- ce qui reste à démontrer- , elle oublie la plupart du temps ceux pour lesquels une voie de communication est défaillante ; malgré les efforts faits pour diversifier les messages, beaucoup restent unimodaux ou relativement cachés, notamment en raison du risque qu'il y a à multiplier les informations sous plusieurs formes lorsque celles-ci doivent être fréquemment changées » [JOSEPH, 1999, p.281].

Pour les personnes en fauteuil roulant, il s'agit notamment des difficultés rencontrées pour voir les panneaux et les guichets situés trop hauts. Les handicapés visuels ont eux aussi toutes les peines du monde à lire les panneaux, trop petits et bien souvent peu contrastés. Se pose alors le problème des alternatives à l'information visuelle. Quant aux illettrés et handicapés mentaux, ils sont confrontés à une incompréhension des messages. Enfin, les personnes malentendantes ne saisissent pas les messages sonores ce qui peut leur poser des problèmes importants si ceux-ci sont diffusés lors de situations conjoncturelles pour lesquelles aucune information écrite n'est fournie. Lorsque la circulation est perturbée de façon inopinée, les voyageurs entrant dans les gares ne sont parfois prévenus que par des messages sonores et les personnes sourdes ou malentendantes peuvent donc se trouver totalement désorientées. Pour faire face à ce problème, un point fixe d'accueil identifié pour informer en langue des signes est installé depuis le 15 avril 2000 en Gare de l'Est [VIE DU RAIL n°134, 2000, p.37].

Certains obstacles peuvent également compliquer le mouvement des personnes handicapées. Pour les personnes handicapées moteur, il s'agit principalement de barrières physiques : volée de marches, écart trop important entre le quai ou le trottoir et l'entrée des véhicules, absence ou panne des ascenseurs, dangerosité des escalators pour certains, passage des péages, etc. Les personnes présentant des déficiences sensorielles ou connaissant des problèmes de décodage de l'espace en raison de problèmes cognitifs ont du mal à se mouvoir de façon satisfaisante étant donné la nature très particulière de ce lieu, où les flux de personnes anonymes se doublent, se croisent, se bousculent de manière peu ordinaire. Les handicapés mentaux peuvent eux avoir des problèmes d'équilibre sur les escalators et les tapis roulants.

Des situations variées sont donc susceptibles de se présenter conduisant à des difficultés de degrés divers. Parfois, la ressource (information essentielle ou barrière physique) n'est pas disponible directement mais la personne handicapée sait facilement où trouver des ressources alternatives sans recourir à une aide. La situation devient plus problématique lorsque l'absence ou l'inadéquation de certaines ressources ne peuvent être comblées sans l'intervention d'une aide. Une stratégie est alors nécessaire.

Le tableau suivant a pour but de présenter de manière synthétique les ressources souvent non disponibles à ce jour ou inadaptées pour le groupe en question.

Figure 12 : Les ressources manquantes ou inadaptées pour les personnes handicapées

	Handicap moteur	Handicap visuel	Handicap auditif	Handicap mental	Illettrés
Ressources manquantes	Ascenseurs, plans inclinés.	Repères clairs (ex : jeux de couleur).	Langage des signes.	Explications claires.	Pictogrammes connus.
Ressources inadaptées	Position des objets trop haute ou trop basse, marches trop hautes, escalators, péages.	Panneaux en général, et en particulier ceux qui ne sont pas à hauteur des gens, autres messages écrits.	Messages sonores.	Escalators, tapis roulants (si problème d'équilibre).	Panneaux divers, messages écrits.

Source : [Joseph, 1999]

e) Une obsolescence de la gare ?

En raison des différents problèmes évoqués, certains chercheurs considèrent que les gares héritées du XIX^{ème} siècle sont aujourd'hui obsolètes. L'obsolescence peut être définie comme la « désuétude qui caractérise une chose, une pratique qui est vieillie, abandonnée, par suite du défaut d'usage, de l'inadaptation aux méthodes, à la vie, aux choix contemporains actuels » [JONAS, 1997, p.193]. Celle-ci peut s'envisager à plusieurs niveaux.

L'**obsolescence technique** n'est pas directement liée à la gare en elle-même, mais plus à l'ensemble des installations du réseau ferré et à l'insuffisance de son taux de maintenance. L'**obsolescence économique** est le résultat d'un processus qui fait « passer de mode » un objet car il ne répond plus aux besoins des utilisateurs. Les gares, conçues au XIX^{ème} siècle, ont en effet du mal à s'adapter aux nouvelles exigences des usagers. Enfin, l'**obsolescence architecturale** serait due à « l'impression que laissent ces bâtiments pompeux, symbole de pouvoir de l'autorité politique et de la puissance des compagnies ferroviaires d'un autre temps. C'est la perdurance des styles, de la valeur même du style, qui est un facteur d'obsolescence » [JONAS, 1997, p.195].

En effet, de nombreux problèmes sont inhérents à ces édifices hérités du siècle dernier : difficile interpénétration spatiale en trois dimensions des modes de transport, signalisation pas toujours facile à comprendre et difficile à intégrer dans une architecture d'un autre style, problèmes liés à l'unidirectionnalité des bâtiments d'accueil des voyageurs par rapport à la ville, etc.

Les gares peuvent ainsi être considérées comme des objets d'aménagement imparfaits, toujours instables ou inachevés, en retard par rapport à des exigences sans cesse renouvelées. Même lorsque le réseau ne subit pas de perturbation, elles constituent des lieux de tension où des dysfonctionnements voient le jour. D'autre part, elles subissent les perturbations provenant des lignes lui étant adjacentes.

4. PERTURBATIONS PROVENANT DES LIGNES ADJACENTES

Un pôle d'échanges est caractérisé par l'interconnexion de divers moyens de transport. Ceux-ci sont organisés autour de lignes, lesquelles convergent vers le pôle permettant au voyageur de changer de véhicule.

Ces lignes sont susceptibles de connaître des dysfonctionnements en raison des aléas présentés lors de la deuxième partie. L'intensité de ces perturbations est variable [*Equipements*, 1996, p.165] :

- perturbation partielle sur un ligne (ex : retard, suppression d'un ou deux trains) ;
- perturbation prolongée sur une ligne : il faut instaurer une organisation spécifique temporaire ;
- perturbation étendue à plusieurs lignes (du fait de la structuration du réseau et de l'organisation de la circulation)
- perturbation massive : grève.

Ainsi, les caractéristiques du pôle d'échanges sont altérées par de telles situations. Les tensions se manifestant lors de situations normales peuvent ici être aggravées : perturbation de l'écoulement normal des flux, augmentation du sentiment de stress, diminution de la lisibilité de la gare pour les voyageurs. Dans de telles situations, « les régulateurs de trafic sont confrontés au déficit permanent de rétablir le fonctionnement normal du réseau de transport [...] L'impact de ce système sur les voyageurs est de minimiser leur temps d'attente, en mode dégradé, dans les pôles d'échanges et de leur assurer, dans la mesure du possible, la continuité de leurs déplacements dans ce réseau de transport multimodal. Il s'agit donc d'améliorer la qualité du service rendu aux voyageurs et de les maintenir informés » [GRRT, 2001].

Une des logiques fondamentales des systèmes de transports en commun étant le temps de parcours, le terme « situation perturbée » sera à présent utilisé pour décrire des perturbations au niveau des horaires, c'est-à-dire quand les lignes adjacentes au pôle subissent un dysfonctionnement. **L'information fournie aux voyageurs peut-elle influencer de manière positive sur le fonctionnement d'un pôle d'échanges lors de ces situations ?**

II. L'INFORMATION POUR LES VOYAGEURS DANS LES TRANSPORTS EN COMMUN

Cette partie a pour but de présenter l'information fournie aux voyageurs tout au long de la chaîne de transport et en amont de celle-ci afin de comprendre ensuite dans quel cadre s'inscrit l'information dans les pôles d'échanges.

L'information peut être fournie de diverses manières, en différents lieux et dans des situations variées ; son objectif principal est de réduire les incertitudes sur les itinéraires, la durée et le coût du déplacement, la fréquence des dessertes et d'orienter le choix du client avant et pendant son voyage. « Pour cela, l'information doit être à la fois complète, permanente, précise, évolutive, simple et réactive et ceci en toute circonstances » [ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES, 2001, p.25].

De multiples supports ou équipements existent et sont développés pour rendre plus efficace l'information des voyageurs : information papier, téléaffichage, annonces sonores, téléphone, Minitel et Internet. Ils sont plus ou moins adaptés selon le lieu de diffusion et le type de renseignement. Par ailleurs, des moyens humains peuvent être mis en place (ex : contact dans les gares, Points Information Banlieue). Les moyens humains et matériels doivent être bien coordonnés pour un résultat optimal : « il n'y a plus d'un côté le monde des objets, de l'autre le monde humain, mais des manières plus ou moins réussies de les conjuguer » [GRRT, 2001].

1. LES DIFFERENTS TYPES D'INFORMATION DIFFUSEES

Les moyens d'information peuvent être « spontanés » (ex : alerte par e-mail) ou à la demande (ex : appel d'un serveur vocal). De plus, l'information diffusée est de nature différente selon qu'elle correspond à des données théoriques générales ou qu'elle concerne des situations conjoncturelles, perturbées.

Les **informations permanentes** correspondent à des renseignements de base : horaires théoriques, tarifs, etc. Le client souhaite obtenir une information complète et précise, afin de maximiser la rationalité de son choix (avant le départ) et de pouvoir voyager paisiblement, avec une information riche au cours son déplacement. Un des souhaits des usagers est de pouvoir disposer d'une information multimodale.

Les **informations en situation perturbée** sont de nature différente. Tout d'abord, rappelons que deux types de situation perturbée peuvent être envisagées : les situations prévues (travaux, grèves) et non prévues (suite à un incident). L'utilisateur souhaite avoir accès à une information évolutive et réactive, lui permettant de comprendre ce qui se passe en cas de problème de circulation et de connaître les causes de la perturbation : « le client souhaite être renseigné sur l'évolution de la situation, et de façon claire sur les itinéraires éventuels de substitution, les retards prévisibles, les modifications de la desserte » [REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER, 2000]. Le voyageur admet les défaillances mais beaucoup moins

de ne pas être informé. Face au manque d'information, notamment en situation perturbée, il a le sentiment légitime d'être abandonné à son sort.

Cette information est toutefois difficile à diffuser. Par exemple, à la SNCF, les agents information en place dans les postes de contrôle régionaux doivent gérer simultanément l'information et la prise en charge des voyageurs, les modifications de desserte éventuelles, les contacts avec les agents des gares et des trains. Ils n'ont donc pas toujours la possibilité de diffuser une information complète et surtout de la modifier en fonction de l'évolution de la situation. [REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER, 2000]. Ainsi, l'information sur les perturbations du trafic est souvent un objet d'insatisfaction des usagers des transports collectifs. Ils reprochent régulièrement aux opérateurs de ne pas diffuser assez vite en situation de perturbation des informations relatives à l'étendue et à la durée prévisible des dérangements d'exploitation. Cette demande apparaît d'autant plus légitime que les perturbations relevées sur les réseaux sont extrêmement nombreuses et font donc partie du fonctionnement « normal » des systèmes de transport en commun [PACHE, 2002]. Pourtant, « seule l'adjonction d'informations « Real Time » [...] permettant d'informer des manquements, des travaux ou d'autres perturbations, offrira vraiment un lien performant entre l'information et la réalité sur le terrain » [RAIL INTERNATIONAL, 1999, p.57].

Ainsi, si l'information statique est souvent utile en situation normale, elle est insuffisante en situation perturbée. Une information dynamique, en temps réel doit alors être fournie aux usagers.

2. UNE INFORMATION TOUT AU LONG DE LA CHAÎNE DE TRANSPORT

Tout au long de la chaîne de transport et en amont de celle-ci, le voyageur souhaite être informé. Il est de plus favorable au principe d'un interlocuteur unique pour assurer son transport, par opposition à une multitude de prestataires. L'importance de l'information multimodale est donc de plus en plus reconnue : « une information ne doit pas s'arrêter aux limites d'une frontière ou d'une société. L'une des plus belles promotions que l'on puisse faire aux transports en commun est de les organiser et de les présenter de façon uni et solidaire » [RAIL INTERNATIONAL, 1999, p.57]. A ce niveau, le développement des technologies de l'information offre la possibilité d'assurer le lien complet entre tous les maillons d'une chaîne multimodale.

Tout d'abord, l'**information à emporter** est de nature particulière car elle est destinée à être consultée en tout lieu. Elle correspond à des données théoriques, à des situations perturbées prévues, ou à des documents d'information générale (renseignements sur les produits mis à sa disposition, les moyens de paiement, les équipements mis en place). Les supports écrits sont donc une source irremplaçable car ils permettent de transporter en permanence l'information sur soi. Des CD-Roms peuvent également être proposés, comme à la SNCF par exemple.

L'information à domicile est en plein développement. Des données horaires et tarifaires en constituent la base mais elle intègre de plus en plus la multimodalité et les informations conjoncturelles en situation perturbée. Plusieurs supports peuvent être proposés : Minitel, Internet ou serveur vocal.

L'information dans les véhicules peut être sonore ou visuelle. La sonorisation dans les véhicules s'est beaucoup développée dans les années 80. Elle s'est révélée extrêmement efficace car elle permet de transmettre très facilement des informations à l'ensemble des passagers d'un véhicule donné, d'une ligne ou même de l'ensemble d'un réseau. Dans le domaine de l'information sur les perturbations, l'intérêt de ce système est la simultanéité entre la connaissance de l'information au Poste de Commande Centralisé (PCC) et sa transmission aux usagers. Beaucoup d'opérateurs ont également développé des systèmes d'affichage embarqué permettant de diffuser à l'intérieur des véhicules leur direction et le nom du prochain arrêt. Enfin, rappelons que les conducteurs ou les contrôleurs peuvent également répondre aux interrogations des usagers et les tenir informés des modifications d'itinéraire du véhicule consécutives aux difficultés d'exploitation.

L'information au niveau des nœuds en général, et des pôles d'échanges en particulier, est de nature théorique ou conjoncturelle. En situation normale, elle permet de répondre à la question suivante : « à quelle heure arrive le train (ou bus, tramway...) allant dans ma direction desservant mon lieu de destination ? ». En situation perturbée, elle fournit aux voyageurs des renseignements sur les causes des dysfonctionnements, le temps d'attente prévu et éventuellement l'itinéraire de substitution. L'attente des voyageurs est forte : « tout au long d'un parcours de transport en commun, les points d'attente sont un lieu de tension où chaque voyageur est avide d'informations. Celles-ci doivent être pertinentes, instantanées et fiables » [ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES, 2001].

Enfin, l'utilisation du téléphone portable permet un accès et une diffusion en tout lieu (excepté les zones d'ombres, par exemple dans le métro) et dans presque toutes les circonstances. Les premières expérimentations dans ce domaine ont été réalisées en Suède, dans la ville de Göteborg. Ces services à la pointe de l'interactivité commencent à se répandre. On les retrouve par exemple à Londres ou encore à Bologne (programme HelloBus) [PACHE, 2002]. Il est à noter que certains opérateurs utilisent parfois le fax pour diffuser de manière spontanée des informations de perturbation à l'attention des entreprises et des établissements accueillant du public (notamment les établissements scolaires et universitaires). Cela leur permet d'informer les usagers directement sur leur lieu de travail et relativement à l'avance par rapport à leur besoin de déplacement [PACHE, 2002]. Cet outil reste toutefois marginal.

Figure 13 : Les moyens de diffusion de l'information dans les transports en commun

	A domicile	Véhicules roulants	Pôles d'échanges	Autres noeuds
Information théorique	Support papier, Internet, Minitel, téléphone	Messages sonores, messages visuels, pancartes, téléphone, moyens humains	Pancartes, support papier, messages sonores, messages visuels, moyens humains	Pancartes, messages visuels, téléphone, peu de messages sonores
Information conjoncturelle	Internet, téléphone, radio	messages sonores, messages visuels, téléphone, moyens humains	Messages sonores, messages visuels, téléphone, Internet, moyens humains	Messages visuels, téléphone, peu de messages sonores, téléphone, moyens humains

Les usagers des transports en commun ont donc besoin d'un grand nombre d'informations, à la fois pour l'organisation et pour la réalisation de leur voyage. Ce besoin varie fortement suivant le moment (avant ou pendant le voyage), le type d'utilisateur (ex : occasionnel ou régulier) et la situation (perturbée ou pas) [PACHE, 2002].

L'information sur les situations perturbées nécessite un traitement particulier, puisqu'elle est la plupart du temps non connue à l'avance, voire totalement imprévue, et que sa durée de vie est limitée dans le temps. L'information dynamique, en temps réel semble être particulièrement adaptée en ces circonstances.

Dans quelle mesure l'information fournie en temps réel aux voyageurs dans les pôles d'échanges permet-elle de réguler les dysfonctionnements et perturbations affectant les transports en commun ? Apporte-t-elle un bénéfice par rapport à une information traditionnelle, statique ?

III. DONNEES GENERALES SUR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES

Au niveau des pôles d'échanges, l'information peut être de nature commerciale (publicités, enseignes) et fournir des renseignements non liés au transport. « Ce qu'on entend par information voyageurs dans le domaine des transports est généralement assez vague et couvre une grande variété de situations, comprenant aussi bien l'orientation des voyageurs dans la gare, les annonces concernant le retard d'un train, voire les possibilités d'hébergement dans la ville, ou les manifestations commerciales dans la région » [Equipements, 1996, p.71]. Néanmoins, seule l'information relative au transport sera abordée ici.

1. LES INFORMATIONS VISUELLES

La signalétique et les différents dispositifs d'affichage ont tenté de s'adapter à la complexité croissante des pôles d'échanges, par un accroissement quantitatif des messages et par le recours à des technologies nouvelles. Les trois fonctions de la signalétique sont le repérage, l'identification et le guidage et ses trois principes la lisibilité, la cohérence et la simplicité [VIE DU RAIL n°57, 1998].

Pour les trains, les grands télépans donnent une vue d'ensemble des trains en partance, et ceux, plus petits et en face de chaque quai fournissent des renseignements plus détaillés. Des tableaux diffusent des messages plus spécialisés et divers pancartes et panneaux permettent de guider l'usager. Les informations visuelles sont en général plus indicatives que procédurales : numéros de train ou de bus, destination, horaires, numéro de voie.

La signalétique doit être cohérente d'un mode à l'autre et avec l'espace dans lequel elle s'inscrit. Toutefois, la coordination entre les différents messages diffusés est difficile à obtenir. De plus, « à supposer même que leur cohérence soit mieux assurée, leur principe d'efficacité correspond à un modèle du voyageur seulement partiellement avéré, celui d'un individu actif, mentalement concentré, visuellement doué, poursuivant des objectifs clairs et bien posés, à qui il suffit d'un soutien cognitif tout au long de son parcours » [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997]. Or, il existe des styles différents de voyageurs (voyageurs réguliers ou occasionnels, jeunes ou personnes âgées, étrangers, etc) et des facteurs circonstanciels de fatigue, d'urgence, de nouveauté peuvent provoquer chez le même individu des situations peu prévisibles.

De manière générale, la couleur joue un rôle clef pour la lisibilité et la cohérence de l'information. Ainsi, à Paris : chaque couleur est liée à un type d'indications bien précis : un fond bleu pour les sorties, un fond blanc pour le métro, un fond gris pour les messages de services, un fond marron pour les destinations culturelles et enfin un fond jaune pour les consignes de sécurité. L'architecture des lieux de transit est également déterminante et les espaces publicitaires ne doivent pas trop envahir les murs. Enfin, il convient de ne pas négliger l'influence qu'ont sur le cheminement des objets non prévus à cet effet (escaliers, escalators, etc.) et qui constituent des indices importants pour le voyageur.

Certaines techniques de modélisation permettent aujourd'hui d'évaluer à priori la qualité de la signalétique. Ainsi, avant l'ouverture de la gare parisienne de Magenta en 1999, à l'aide d'une modélisation par « réalité virtuelle », une centaine de clients cobayes ont pu tester, face à un écran de 2 fois 3 mètres, les indications portées sur les murs tout en se déplaçant virtuellement à l'intérieur de la gare. Certaines imperfections ont ainsi pu être corrigées avant que ne commencent les travaux [VIE DU RAIL n°57, 1998].

2. LES MESSAGES SONORES

Dans les pôles d'échanges, les annonces sonores peuvent être liées à des données concernant la circulation, la recherche de personnes, la sécurité, etc. Si l'information sonore est indispensable en cas d'urgence et de blocage informatique des canaux visuels, elle revêt également un caractère très important en situation perturbée car elle permet la diffusion de données précises sur la situation.

Il est par conséquent essentiel qu'elle soit de bonne qualité pour remplir pleinement son rôle : « l'intelligibilité est l'indicateur principal de l'efficacité d'une annonce sonore. Rendre intelligible une annonce, c'est la rendre audible, c'est la faire émerger du bruit ambiant » [VIE DU RAIL, n°228, 2002]. De nombreuses recherches sont ainsi menées afin d'adapter automatiquement, et en temps réel, le niveau de diffusion des annonces aux fluctuations du bruit ambiant. L'amélioration de tous les maillons de la chaîne de sonorisation ainsi que la qualité de l'acoustique des espaces sont de plus en plus pris en compte. Dans les cas les plus difficiles, l'étude peut même s'appuyer sur une modélisation informatique c'est-à-dire une maquette en trois dimensions de l'espace à traiter (exemple de la gare de Nantes et de la gare de Lille-Flandres par exemple).

3. LES LOCAUX D'INFORMATION ET LES AGENTS D'ACCUEIL ITINERANTS

Cette offre, au contraire des informations visuelles sonores classiques, est adaptée à des demandes précises des voyageurs et permet de donner des réponses personnalisées. Elle est essentielle en situation perturbée du fait de la diversité des situations des voyageurs.

Les locaux d'information reposent sur un volontarisme des voyageurs. Le voyageur doit en effet pendre l'initiative d'aller chercher l'information qui lui manque. Leur emplacement est fonction des flux et de l'espace et plusieurs logiques sont possibles : « logique d'entrée » quand la gare comporte une entrée principale ou plusieurs entrées bien repérées ou « logique de centralité » plus adaptée aux grands complexes d'échanges.

Les agents d'accueil itinérants correspondent eux à un accueil non focalisé, protéiforme, errant. Leur intervention est essentielle car elle autorise une souplesse et une forte interactivité entre l'usager et le système de transport. Cette caractéristique peut par ailleurs faciliter par la suite l'obtention d'informations très utiles à propos des difficultés rencontrées par les voyageurs.

Au cours de sa tournée, les activités d'un agent sont multiples (maintenance, interactions avec les voyageurs, contacts avec les autres agents du transporteur, renforcement de la sécurité par la présence d'employés, etc.). Sa principale tâche est cependant d'aller au niveau des points sensibles et de s'exposer aux interactions avec les voyageurs. Il doit aller à la rencontre des problèmes, les résoudre sur place au moment où ils surgissent, avant qu'ils ne dégénèrent, et travailler au plus proche du public. L'expérience de l'agent est fondamentale car « cette interaction aux multiples habiletés n'est réussie que sur la base d'un savoir puisque l'élément déterminant est la capacité de l'agent à répondre vite aux demandes successives » [MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, 1997]. Outre les connaissances sur les comportements des voyageurs, les savoirs de l'agent sont aussi bien d'ordre géographique (sur la gare, ses alentours, les liaisons avec les autres modes de transport) qu'organisationnel (services proposés, tarifs, types de billets, incident, etc.). L'agent doit par conséquent sans cesse remettre à jour ses connaissances s'il veut apporter des réponses rapides et pertinentes. Son aide est vraiment utile pour l'usager car il a une vision globale (le système n'est pas un labyrinthe pour lui) et peut donc fournir des informations essentielles.

Au-delà de l'aide en temps réel aux voyageurs, l'agent itinérant a une vision originale sur le système, sur les problèmes de circulation, d'information... car il noue de nombreux contacts avec les usagers. Il pourrait ainsi participer à une régulation du système à plus long terme : « les connaissances qu'il produit paraissent efficaces et adéquates pour une action sur le système » [MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, 1997]. Ces observations sont en concordance avec le concept du contrôle de qualité développé par Deming qui repose sur l'idée que pour gérer la qualité, il faut construire des instruments de connaissance des performances du système de production et que les résultats des observations sont à réinjecter dans la gestion de celui-ci. La connaissance obtenue peut servir à améliorer le système en agissant à la fois sur son pilotage (variables de commande) et sur sa constitution (équipements, structure...). Il serait sans doute envisageable de faciliter l'amélioration de certains points noirs rencontrés par les voyageurs en se fondant sur les connaissances des agents d'accueil itinérants,

4. LES LIENS ENTRE CES DISPOSITIFS ET LE COUPLAGE AVEC D'AUTRES FONCTIONS

Les différents dispositifs présentés sont complémentaires. La signalétique est le dispositif le plus général, le plus fondamental pour gérer de façon efficace les flux de voyageurs. Les annonces sonores participent également à une bonne gestion des flux et revêtent un caractère stratégique dans la diffusion d'informations conjoncturelles. Enfin, les locaux d'information et les agents itinérants répondent quant à eux à des demandes plus personnalisées et complètent les annonces sonores et visuelles. L'harmonie entre les différents modes de présentation de l'information (ex : déclarative sur les télépans, procédurale par hauts-parleurs) est par conséquent fondamentale.

De plus, l'information peut être conjuguée avec la vente, l'aide aux voyageurs et les opérations de contrôle ou de surveillance, en particulier pour l'agent itinérant. L'information est parfois associée à une aide à l'usager car « nombreux sont les cas mixtes, où le renseignement ne servirait à rien sans la clé qui permet de réparer le cab ou le passe qui ouvre le chemin » [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997, p.57]. La surveillance est fondamentale lorsque croissent la complexité d'un site, sa fréquentation, son degré d'automatisation, générateurs de pannes et d'incidents techniques. « La fonction informative, qu'il est essentiel d'autonomiser au plan organisationnel général pour en penser les variantes et les synergies, retrouve ici une vertu à être désautonomisée et conjuguée avec d'autres fonctions comme l'aide et la surveillance. C'est un des aspects qui distingue l'agent au local de l'agent itinérant » [MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1997]. En revanche, le contrôle par des agents d'information est loin de faire l'unanimité. Ces derniers sont réticents car les voyageurs seraient plus méfiants à leur égard et leur rôle d'informateur pourrait ainsi en souffrir.

Outre ces dispositifs, les bornes Internet et l'utilisation d'un téléphone portable ou d'une radio permettent aussi d'obtenir des informations.

IV. L'INFORMATION EN TEMPS REEL DANS LES POLES D'ECHANGES : UN OUTIL POUR DIMINUER LA VULNERABILITE ?

1. PRESENTATION DE QUELQUES INITIATIVES

Nous allons tout d'abord présenter quelques initiatives d'information en temps réel des voyageurs au niveau des nœuds de transports en commun. Il a été difficile de trouver des exemples illustrant de façon optimale notre travail. Les résultats d'enquêtes n'étaient pas toujours disponibles ou les initiatives concernaient plus des dispositifs mis en place au niveau de points d'attente moins complexes que les pôles d'échanges envisagés ici. Toutefois, ces quelques exemples fournissent des éléments de réflexion intéressants pouvant être complétés ultérieurement.

a) Les Bornes d'Information Voyageurs (BIV)¹

Une enquête effectuée en 2002 par le département commercial de la RATP concernant l'usage de ses BIV bus est suffisamment intéressante pour que l'on puisse faire état ici de ses résultats. Cette enquête a porté sur un échantillon d'environ 600 personnes utilisatrices de lignes de bus dans Paris intra-muros et montre notamment que 81 % des voyageurs regardent systématiquement les BIV à leur arrivée au point d'arrêt et leur font confiance.

Le SAEIV (Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs) bus de la RATP existe maintenant depuis dix ans mais il a mis un certain temps avant de conquérir sa notoriété actuelle. En effet, en 1994, seuls 38 % des voyageurs le regardaient systématiquement en arrivant au point d'arrêt².

Les BIV ne permettent pas seulement l'affichage des temps d'attente : elles diffusent également des messages de perturbation. Le SAEIV bus de la RATP gère ainsi automatiquement les affichages de perturbation aux arrêts lorsqu'une manœuvre de régulation vient remettre en cause leur desserte (déviation, terminus partiel). Il permet aussi l'affichage de messages spécifiques de perturbation présélectionnés à la demande du régulateur de ligne.

L'affichage de messages événementiels, notamment de perturbation, est une fonction très utilisée dans le réseau bus de la RATP. Elle est également très appréciée des voyageurs, ce qui explique aussi probablement le haut niveau de consultation de ces bornes à Paris. Toujours d'après l'enquête effectuée en 2002 par le département commercial de la RATP, sur les 60 % d'utilisateurs des lignes enquêtées qui ont eu l'occasion de voir des messages de perturbation affichés sur les BIV bus, 75 % d'entre eux ont été satisfaits de savoir immédiatement à leur arrivée au point d'arrêt qu'une perturbation existait sur leur ligne.

¹ cf [PACHE, 2002]

² Les lignes enquêtées en 2002 ne sont cependant pas les mêmes que celles qui ont été enquêtées en 1994. Par conséquent, il faut faire très attention dans l'interprétation de ces chiffres.

Il est intéressant de voir que la problématique est tout à fait différente sur le réseau de tramway de Lyon. En premier lieu, les usagers du tramway regardent très peu ces bornes. En effet, les BIV du tramway de Lyon, bien que de taille plus conséquente que les BIV bus de la RATP, sont beaucoup moins lisibles. L'ergonomie du panneau a probablement été mal conçue.

Par ailleurs, le système, très récent (janvier 2001), a mis beaucoup de temps avant de devenir opérationnel. Il subsiste d'ailleurs encore quelques problèmes dans le système de calcul des temps d'attente. Il est encore fréquent de constater des sauts de temps d'attente (par exemple de 10 à 3 minutes) sur l'affichage des BIV du tramway. Ces sauts apparaissent surtout en des lieux où les algorithmes de calcul des temps d'attente sont difficiles à paramétrer (ex : branches de départ des tramway T1 et T2 au sortir de la gare terminus de Lyon-Perrache).

Selon Yannick Pache [PACHE, 2002], les données disponibles quant à l'usage des BIV permettent de remarquer que :

- les BIV sont très utilisées par les voyageurs dès lors qu'ils constatent qu'elles affichent des informations crédibles ;
- les BIV jouent un rôle très important dans l'information sur les perturbations et elles sont utilisées par les clients comme révélatrices des situations de perturbation (affichage de temps d'attente aberrants). En cela, elles rassurent le voyageur en situation d'attente au point d'arrêt ;
- les BIV diminuent la sensation d'attente de certains voyageurs au point d'arrêt en leur fournissant en quelque sorte une « occupation » : le suivi de l'évolution de son affichage ;
- les BIV rassurent les usagers au point d'arrêt car une décrémentation régulière du temps d'attente est un indice de bon fonctionnement d'une ligne.

Les BIV constituent un support très utile pour l'information des usagers en cas de perturbations.

**b) Information en temps réel des bus à Southampton :
« Stopwatch »¹**

Sont présentés ici les résultats d'une enquête réalisée en 1995 sur le système d'information en temps réel des bus à Southampton. Le système a été installé sur 114 bus et 44 arrêts. Des études sur le comportement des usagers ont été menées avant et après l'installation du système.

D'après les résultats de l'étude, il semble que les comportements relatifs au déplacement aient été modifiés de trois manières. Tout d'abord, le nombre d'usagers a augmenté. Par ailleurs, plus de voyages ont été effectués par personne. Le troisième effet nous intéresse plus ici. Au moment de l'enquête, certains voyageurs arrivant à l'arrêt et voyant que le bus serait en retard ont modifié leur plan initial et adopté un nouveau comportement : près de 40 % ont marché toute la route, environ 30 % se sont déplacés jusqu'à un autre arrêt et les autres personnes ont dans la majorité des cas été faire une activité quelconque ou appelé un taxi.

Cet exemple montre bien que l'information en temps réel en situation perturbée permet une plus grande flexibilité des comportements des usagers : ils peuvent ainsi essayer de changer de mode, modifier leurs horaires, faire une autre activité.

c) Infogare²

D'importants efforts sont actuellement menés pour équiper l'ensemble des gares d'Ile-de-France d'un système dynamique d'information en temps réel par écrans vidéo sur les quais. Baptisé « Infogare », le système renseigne le client sur l'heure d'arrivée du train et son retard éventuel. Des messages conjoncturels peuvent défiler sur les écrans Infogare. A ce jour 152 gares sont équipées de ce dispositif en Ile-de-France et 310 le seront d'ici à mi-2005.

Trois grandes fonctionnalités caractérisent Infogare :

- La **fonction temps réel** permet l'affichage de l'horaire réel de passage des trains. Cette fonction est automatique et ne nécessite pas d'intervention car les informations de progression des trains proviennent de leur suivi et sont recalculées en permanence par comparaison avec les horaires théoriques contenus dans la mémoire du système.
- Grâce à la **fonction information voyageurs**, les agents d'un Poste Opérateur Principal peuvent envoyer des messages conjoncturels, à destination des écrans voyageurs et des agents d'exploitation. Ces informations sont classées et mémorisées dans le système et triées par familles (incidents, travaux...). Il peut s'agir de messages prédéfinis dans leur intégralité et de messages à compléter selon certaines variables ou de messages entièrement libres à composer par l'informateur.

¹ cf [NIJKAMP & alii, 1995b]

² cf [REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER, 2000]

▪ Grâce à la **fonction messagerie**, le système renseigne les personnels équipés d'écrans, grâce à un message dénommé « message exploitant » et uniquement consultable par ces agents.

Infogare est complété par des annonces sonores, du télé-affichage (pour les horaires théoriques) et les agents en gare. Développé depuis 1995, « c'est un système très apprécié de la clientèle mais qui crée en contrepartie une forte exigence sur la fiabilité des informations diffusées » [REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER, 2000].

En effet, le fonctionnement d'Infogare souffre de quelques dysfonctionnements. Par exemple, des trains sont parfois annoncés dans 6 minutes alors qu'ils arrivent 2 minutes après. Ceci est fort dommageable dans la mesure où un voyageur ayant fait confiance au message peut ensuite rater son train. Par ailleurs, en cas d'incident important, Infogare se révèle parfois totalement dépassé et donne des informations fausses ou aucune information.

d) InfoLignes¹

Via Cariane et Lumiplan ont développé le Service Infolignes, capable de fournir une information en temps réel aux arrêts, et d'un coût accessible à une large gamme de systèmes de transports en commun urbains et interurbains. Le service doit présenter les garanties suivantes :

- donner les horaires théoriques et l'heure courante ;
- préciser si le bus/car est passé ;
- renseigner sur l'état du service ;
- donner une possibilité de communication (interphone pour obtenir des informations plus complètes) ;

Les conducteurs s'engagent à signaler au poste central les retards au-delà d'un seuil déterminé et connu par les clients. Le poste central traduit les informations en « niveau de perturbation » (orange, rouge) et les diffuse aux arrêts concernés en aval du véhicule. Si nécessaire, il peut enrichir l'information ou donner un conseil sous la forme d'un message texte court. Ainsi, « en contrepartie, les conducteurs bénéficient d'une meilleure régulation de la ligne, et accueillent des clients avertis, donc plus sereins » [ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES, 2001, p.20].

¹ cf [ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES, 2001]

2. ELEMENTS DE REPONSE PAR RAPPORT A LA QUESTION POSEE

a) L'influence sur les critères de la qualité de service

Rappelons que nous avons basé la mesure de la vulnérabilité du système sur la baisse de la qualité de service et que les critères retenus pour l'évaluer correspondent à ceux définis pour la norme XP-50-805. Même s'il paraît impossible de donner des conclusions précises à propos de l'influence de l'information en temps réel sur ces indicateurs, quelques pistes de réflexion peuvent toutefois être dégagées. Il pourrait être intéressant de mener des recherches spécifiques sur ces questions car les remarques faites ici n'ont parfois qu'une valeur d'hypothèse.

- Temps/durée

Ce critère fait, rappelons-le, référence aux aspects relatifs aux temps nécessaires pour programmer et effectuer les déplacements. Les perturbations sur le réseau ont comme principale conséquence d'augmenter le temps de parcours des voyageurs. A ce niveau, l'information, si elle indique seulement le temps de retard, ne permet pas dans l'absolu au voyageur de réduire le temps perdu. L'information se trouve alors impuissante devant la situation. Toutefois, le voyageur peut de lui-même modifier son comportement et par exemple essayer de trouver une autre ligne lui permettant d'effectuer son voyage ou trouver un nouveau moyen de locomotion.

Ceci met en évidence l'importance des alternatives car si l'utilisateur sait qu'il y a des perturbations mais doit tout de même attendre le train ou le bus, la baisse de la qualité de service restera importante. En effet, on ne peut attendre de modifications importantes si les possibilités de changement de comportement ne sont pas nombreuses. L'information n'est qu'un outil parmi d'autres dans la régulation.

Certaines informations, plus riches fournissent des renseignements sur les alternatives possibles. Elles peuvent être très utiles car elles augmentent la rationalité des choix des usagers. En effet, les décisions des usagers sont liées à leur perception de l'environnement et à leur connaissances propres, liées à leur mémoire. Le fait de fournir une information leur permet d'augmenter ces connaissances. Les usagers peuvent alors plus facilement agir en connaissance de conséquence. La labyrintheologie, branche de la théorie des graphes, a développé des concepts qui pourraient dans doute caractériser avec plus de précision cette remarque. L'idée principale est que le voyageur construit son trajet uniquement en fonction de données locales : il est en quelque sorte « myope » dans son cheminement sur le réseau. Le fait de fournir une information à un voyageur lui permet d'obtenir des données globales sur le réseau et par conséquent d'augmenter sa rationalité dans ses choix. A ce sujet, il est à noter que les systèmes multi-agents permettent de simuler le comportement d'un ensemble d'agents à partir de règles simples et notamment la myopie et la rationalité limitée...

- Attention portée au client

Un des problèmes souvent soulevés lors des perturbations du service est le fait que le voyageur, s'il n'a pas accès à l'information, se sent abandonné à son sort. Il estime que l'attention qui lui est portée est alors très faible par rapport à ce qu'elle devrait être. Le mécontentement est alors susceptible d'augmenter.

Une information sur les retards et éventuellement leurs causes, est susceptible de diminuer ce sentiment. Toutefois, « l'information que rencontre un voyageur est le sous-produit d'une information destinée à gérer les flux. Elle ne lui est pas destinée personnellement, mais il l'utilise pour son profit personnel » [Equipements, 1996, p.164]. En effet, les pôles d'échanges sont organisés de façon à traiter les voyageurs en tant que masse et l'information est un moyen de gérer ces masses et de les faire circuler en cherchant à minimiser les désordres et les engorgements.

A ce titre, les agents d'accueil itinérants jouent un rôle déterminant. En effet, ils constituent une aide, une source d'information personnalisée et montrent l'intérêt de l'opérateur pour ses clients.

- Confort

Lors des situations perturbées, le confort des voyageurs est susceptible d'être sérieusement affecté : attentes au milieu de la foule, bousculades, stress lié à l'incertitude sur la situation. De plus, « l'aspect le plus insupportable pour un client reste d'attendre sur le quai sans savoir quel retard aura son train » [LATTS, 2001, p.121].

Une information fiable sur les retards permet au voyageur d'effectuer une autre activité en attendant et de valoriser ainsi le temps perdu, comme nous l'avons vu avec l'exemple de Southampton. Il se situe ainsi dans un état de confort supérieur car il peut circuler où bon lui semble et de pas être aussi stressé par la situation. « En cas d'information fiable et instantanée sur les retards éventuels, les interviewés insistent sur le fait que chaque minute peut être utilisée (pour des achats par exemple) » [LATTS, 2001].

- Sécurité

Il est difficile d'évaluer l'influence de l'information en temps réel sur la sécurité perçue et réelle pour les voyageurs. Il est toutefois possible d'émettre l'hypothèse que cette influence existe. William Lachenal¹ fait le constat suivant : « nous avons mené des expériences avec des Postes de Commande Centralisée en y mettant des personnes avec une formation spécifique : celles-ci annoncent les problèmes en direct dans les stations et dans toutes les rames en circulation. Les agressions et les problèmes d'incivisme ont ainsi diminué » [DESCOURS, 1997, p.51].

Il est difficile d'objectiver une telle corrélation mais des investigations pourraient être réalisées à ce sujet.

¹ alors Président de l'association européenne pour le développement des transports ferroviaires

b) Des réactions individuelles aux comportements collectifs

Comme nous l'avons fait remarquer, l'information en temps réel dans les pôles d'échanges en situation perturbée est susceptible de modifier les comportements individuels. Mais ceux-ci influencent une réaction collective globale et réciproquement. Ainsi, selon Denis Bayart, « une information peut être dite heureuse lorsqu'elle satisfait à la fois aux critères d'une bonne gestion des flux [...] et à ceux des voyageurs qui l'utilisent (pertinence, économie d'efforts et de déplacements) » [*Equipements*, 1996, p.165].

La circulation des flux pose parfois des problèmes, même lorsque le système ne subit pas de perturbation et les difficultés peuvent s'accroître en cas de dysfonctionnements des lignes adjacentes au pôle d'échanges. L'information fournie aux voyageurs, par les modifications de comportements qu'elle est susceptible de provoquer, est potentiellement un moyen de réguler ces flux. Lorsque l'on sait l'influence de ces derniers sur le confort ressenti par l'utilisateur, son sentiment de sécurité ou encore son temps de parcours dans l'interface, il s'avérerait nécessaire pour aboutir à une évaluation complète du rôle joué par l'information de prendre en compte la réaction globale des usagers. En raison de la complexité inhérente à une telle tâche, seule une modélisation est susceptible de fournir des résultats intéressants.

3. ELEMENTS POUR UNE MODELISATION DES FLUX DE PASSAGERS DANS LES POLES D'ECHANGES, TENANT COMPTE DE L'INFORMATION DIFFUSEE¹

Afin d'évaluer l'influence de l'information en temps réel sur les flux de passagers, il est nécessaire d'observer, de modéliser les flux de passagers et d'évaluer en quoi une information peut les influencer.

La solution la plus envisageable consiste à partir des travaux réalisés au sein du Laboratoire du CESA et en particulier sur le modèle développé dans sa thèse par Christophe Decoupigny. Celui-ci a modélisé les flux de voitures dans le centre-ville de Tours grâce à la réalisation d'un graphe cellulaire sur lequel circulent des « agents », représentant des automobilistes. Cette dernière n'étant pas encore publiée à ce jour, il n'est pas possible de décrire avec précision le fonctionnement de ce modèle. Toutefois, à travers les réflexions effectuées au Laboratoire de CESA sur le graphe cellulaire et les systèmes multi-agents (SMA), il est envisageable de donner des pistes d'action pour la réalisation d'un tel modèle, sur les caractéristiques qu'il devrait posséder. Ceci passe par une description des graphes cellulaires et des systèmes multi-agents, qui constitueraient la base de notre modélisation. Celle-ci sera faite en ne perdant pas de vue notre objectif. Par conséquent, nous n'omettrons pas de faire le lien avec le modèle que nous souhaitons développer tout au long de l'exposé.

Les SMA offrent l'opportunité de représenter directement les individus, leurs comportements et leurs interactions. Il est ainsi possible de considérer à la fois des paramètres quantitatifs (ex : nombre de personnes à un instant t sur une portion de la gare) et des paramètres qualitatifs (ex : comportements individuels faisant appel à des raisonnements stratégiques).

Un SMA est en quelque sorte un « laboratoire miniature », permettant à son utilisateur de changer le comportement des individus (ou agents), de modifier les conditions environnementales...

D'après A. Ferber, un SMA est composé des éléments suivants :

- Un **environnement E**, c'est-à-dire un espace disposant généralement d'une métrique.
 - Un **ensemble d'objets O**. Ces objets sont situés, c'est-à-dire que pour tout objet, il est possible, à un moment donné, d'associer une position dans E. Ces objets sont passifs, c'est-à-dire qu'ils peuvent être perçus, créés, détruits et modifiés par les agents.
 - Un **ensemble A d'agents** qui sont des objets particuliers (A inclus dans O), lesquels représentent les entités actives du système.
 - Un **ensemble de relations R** qui unissent des objets (et donc des agents) entre eux.
 - Un **ensemble d'opérations Op** permettant aux agents de A de percevoir, produire, consommer, transformer et manipuler des objets de O.
 - Des **opérateurs** chargés de représenter l'application de ces opérations et la réaction du monde à cette tentative de modification, que l'on appellera les lois de l'univers.
- [FERBER, 1995]

¹ cette partie s'inspire de [FERBER, 1995] et [MATHIS, 2003]

a) L'environnement : un graphe cellulaire en trois dimensions

Commençons par présenter l'environnement qui pourrait servir de base à la réalisation de notre système multi-agents. D'après A. Ferber, il est possible de représenter un environnement de deux manières : « soit en le considérant comme un bloc monolithique, et l'on parlera alors d'environnement centralisé, soit en le modélisant comme un ensemble de cellules réunies en réseau pour former une sorte d'automate cellulaire et constituer ainsi un environnement distribué ». Dans le second cas, chaque cellule se comporte comme un environnement centralisé en miniature, c'est-à-dire qu'elle gère les influences des agents qui sont localisés sur cette cellule.

Les différences essentielles qui séparent les environnements distribués de leurs homologues centralisés sont les suivantes :

- l'état de la cellule dépend des autres cellules qui l'environnent et donc aussi des influences produites par les agents dans les cellules voisines ;
- la perception des agents s'étend généralement au-delà d'une cellule, ce qui fait qu'il n'est pas possible d'envoyer à l'agent uniquement les informations de l'état de la cellule sur laquelle il se trouve ;
- les agents se déplacent de cellule en cellule, ce qui fait qu'il faut gérer les liens que les agents entretiennent avec une cellule particulière ;
- Des signaux peuvent se propager de cellule en cellule. Cette propagation prend « un certain temps » et il faut alors synchroniser le déplacement des signaux avec les mouvements des agents. [FERBER, 1995, p.228]

Afin d'envisager une modélisation d'un pôle d'échanges, la solution la plus intéressante consiste à diviser le pôle en un ensemble de cellules permettant d'appliquer des règles de comportement de type percolation. Il s'agit alors de mettre en place un graphe cellulaire.

Philippe Mathis démontre qu'à partir d'un graphe « il est possible de définir un graphe cellulaire support d'un SMA, et que cette transformation peut être algorithmisée » [MATHIS, 2003]. Afin d'illustrer nos propos, nous allons présenter la transformation d'un arc quelconque en arc cellulaire¹. Tout d'abord, cet arc est divisé en n sommets de degré deux tels qu'ils aient entre eux un arc $l/n+1 = u$. « u » désigne la longueur des arcs issus de cette subdivision et peut être variable selon l'utilisateur.

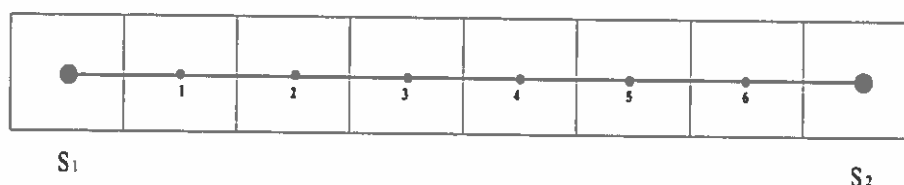
Figure 14 : Subdivision d'un arc



¹ cette présentation est ici succincte, pour plus de détails voir [MATHIS, 2003]

Ensuite, en considérant l'antéprimal de l'arc S_1S_2 avec la subdivision précédente de n sommets intermédiaires, on transforme cet arc en un arc cellulaire de $n+2$ cellules de longueur u qui peut correspondre par exemple à l'espace statistique moyen occupé par un voyageur.

Figure 15 : Arc cellulaire



Les cellules ainsi créées auront un statut que l'on peut préciser à loisir et être ou non occupées. Dans le cas qui nous intéresse, le pôle d'échanges sera alors divisé en cellules dont la taille sera définie en fonction de l'espace moyen occupé par un passant car il est nécessaire qu'une cellule d'un arc cellulaire ne soit occupée que par un seul élément à la fois. Chaque cellule sera caractérisée par sa fonction dans l'espace modélisé¹ :

- espace de déambulation ;
- mobilier urbain traditionnel (bancs, sièges, barrières, poubelles) ;
- dispositifs interactifs (automates, bornes, téléphones, distributeurs, péages) ;
- services et commerces présents : alimentation, presse, photomaton, etc ;
- équipements d'accès : arrêts de bus et de tramway, ascenseurs, escaliers, parkings voiture et vélo... ;
- infrastructures linéaires de transport : voies ferrées, voirie traditionnelle.

Le nombre de classes défini pour ces cellules dépend du degré de précision souhaité et il est difficile de le prévoir à l'heure actuelle. Toutefois, les différentes catégories ne devraient pas trop différer de celles présentées ci-dessus. Toutes ces cellules se verront attribuer des coordonnées qui permettront de déterminer aisément la distance par rapport aux autres cellules, ce qui est nécessaire si l'on souhaite modéliser le comportement des agents utilisateurs. A tout moment, il sera possible de dire si la cellule est occupée par un agent ou non. Il est donc possible d'établir un modèle cellulaire ou un modèle d'automates cellulaires permettant de préciser et de compléter le modèle multi agents.

Ceci constitue un atout indéniable du graphe cellulaire car la prise en compte des attributs des cellules autorise un « passage entre le niveau micro des agents et le niveau macro du système spatial en permettant la prise en compte des « stocks instantanés » qui modifient les valuations fonctionnelles des réseaux et des espaces en termes de vitesse, de capacité, d'accessibilité... » [MATHIS, 2003].

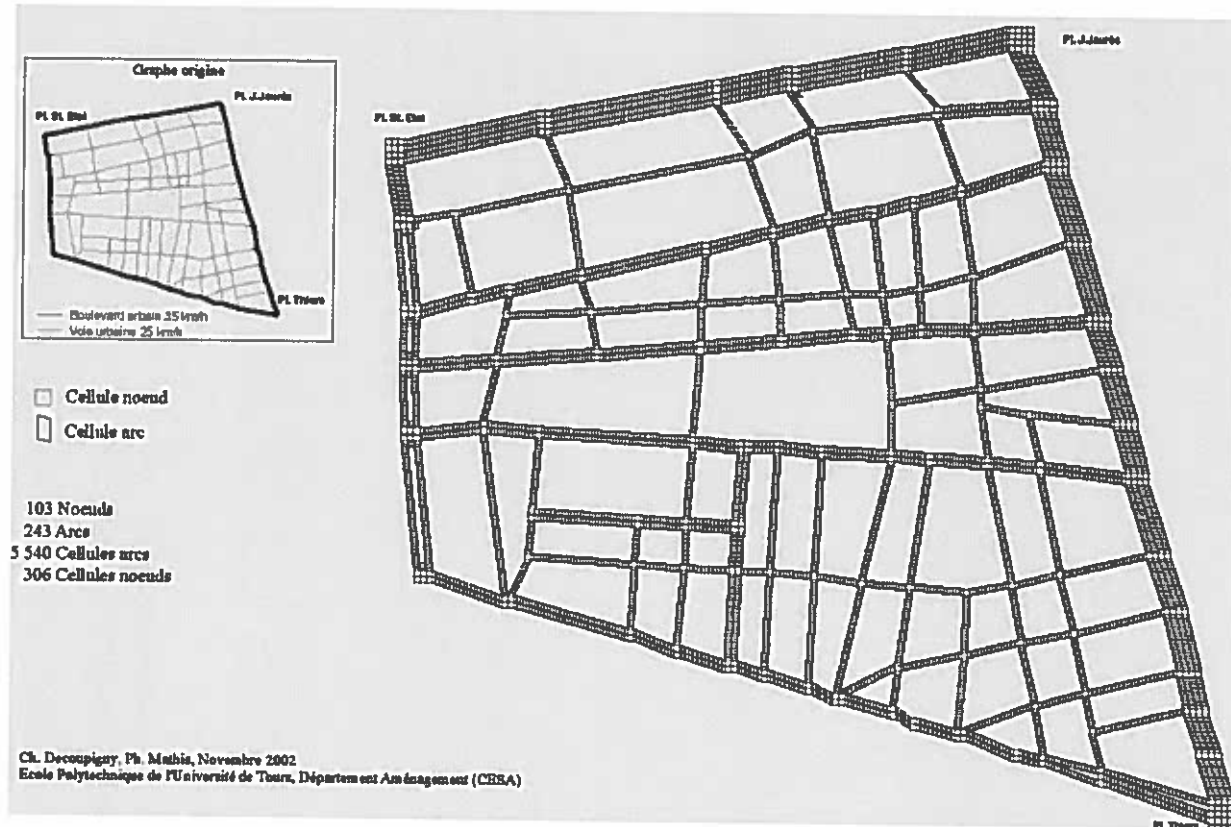
Afin d'illustrer de façon concrète le passage d'un graphe « traditionnel » à un graphe cellulaire, nous pouvons nous appuyer sur les travaux réalisés par Christophe Decoupigny². Celui-ci transforme un arc de graphe (représentant une portion de route) en arc cellulaire

¹ Les différents éléments présentés ici s'inspirent fortement de la description des objets d'un pôle d'échanges, faite au début de la troisième partie de ce mémoire

² Christophe DECOUPIGNY, thèse de doctorat en cours, soutenance 2003

même si celui-ci est un multigraphe impliquant plusieurs files de voiture par arc. A partir de là sont définis des carrefours cellulaires et donc l'ensemble d'un réseau comme le montre la modélisation ci-dessous réalisée par Christophe Decoupigny.

Figure 16 : Graphe cellulaire du quartier Prébendes à Tours



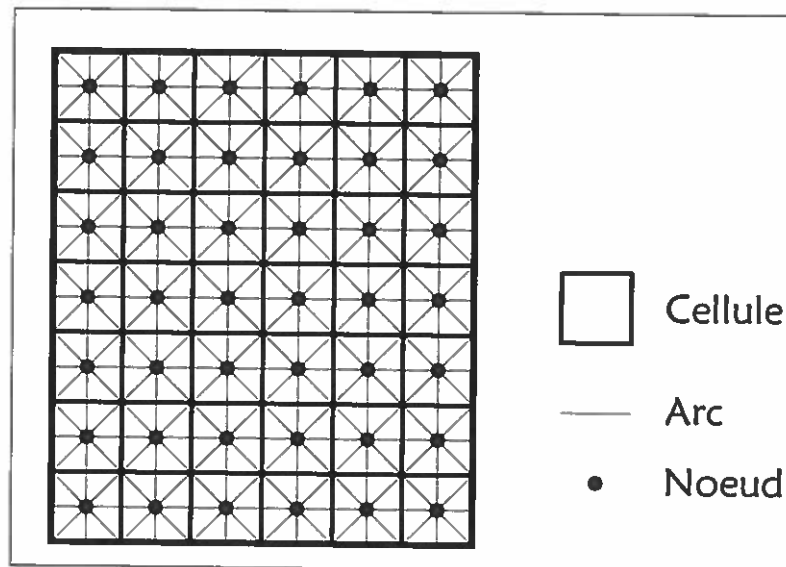
Cette modélisation laisse encore inutilisées les faces du graphes. A ce sujet, Philippe Mathis a montré que la croissance d'un graphe maillé pouvait être obtenu comme Benoît Mandelbrot l'avait déjà démontré pour les fractales arborescentes notamment la « H-fractal » [MATHIS, 2003].

Il est possible de définir grâce à l'arborescence duale, une partition interne des faces, mais il est plus efficace semble-t-il de passer par une croissance du réseau qui définira des faces de la dimension choisie puis en considérant la dualité d'utiliser des faces comme support. La totalité de la surface puis par extension du volume peut donc être transformé en cellulaire dans lequel les agents se déplaceront. A ce sujet, le maillage du graphe initial de notre pôle d'échanges devra être fin dans la mesure où la taille des cellules devra correspondre à l'espace occupé par un voyageur.

Rappelons également que le graphe cellulaire correspondant au pôle d'échanges modélisé devra être en trois dimensions. On sera donc dans le cas d'un « graphe à référence spatiale ».

Enfin, afin de représenter au mieux les déplacements des usagers, le réseau devra être « octo-connexe ». Ainsi, huit directions seront possibles au départ de chaque cellule, si aucun obstacle ne contraint le déplacement.

Figure 17 : L'octo-connexité dans notre graphe cellulaire



Toutefois, cette octo-connexité devra être nuancée dans la mesure où un voyageur en mouvement ne peut que difficilement faire marche arrière. La possibilité de choisir entre huit directions ne sera réellement possible que pour un voyageur dont la vitesse est nulle. Dans les autres cas, les directions les plus fréquentes seront la ligne droite et le changement de trajectoire de 45 °C. Il conviendra d'associer à la vitesse de déplacement des contraintes permettant de rendre compte de façon optimale des directions envisageables. Celles-ci seront également fonction des personnes considérées. Ceci nous conduit à évoquer les agents de notre système.

b) Les agents

Selon A. Ferber, un agent est une entité physique ou virtuelle :

- qui est capable d'agir dans un environnement ;
- qui peut communiquer directement avec d'autres agents ;
- qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser) ;
- qui possède des ressources propres ;
- qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement ;
- qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune) ;
- qui possède des compétences et offre des services ;
- qui peut éventuellement se reproduire ;
- dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit. [FERBER, 1995]

- Les actions des agents

Pour le concepteur d'un SMA, l'agent est caractérisé par ce qu'il peut faire. Il s'agit alors d'identifier ce que l'on doit considérer comme un agent par rapport à un problème considéré, à partir du point de vue à la fois conceptuel et méthodologique qui ordonne toutes les conditions futures.

Dans notre cas, plusieurs types d'agents devront être distingués :

- les voyageurs, lesquels pourront avoir des caractéristiques variables (degré de connaissance du réseau, vitesse de déplacement, plus ou moins bonne réception de l'information...). A chaque voyageur devra être associée une origine et une destination et chaque voyageur pourra effectuer diverses activités au sein du pôle : acheter un billet, se restaurer... ;
- Les agents proposant des services et restant en un endroit précis : personnel de guichets, de commerces divers... ;
- Les agents ambulants chargés de renseigner et d'aider les usagers (agents itinérants) ;
- Les agents chargés de diffuser les informations dans le pôle d'échanges.

Il pourra également être intéressant dans un second temps de considérer des personnes circulant au sein du pôle d'échanges mais ne souhaitant pas avoir accès à un mode de transport connecté au pôle.

La conduite des agents est régie par l'opposition entre des comportements téléonomiques dirigés vers des buts explicites et des comportements réflexes dirigés par les perceptions. Les premiers correspondent à des « tendances » qui peuvent prendre la forme de buts individuels à satisfaire ou de fonctions de satisfaction que l'agent cherche à optimiser.

Les prises de décision des agents-voyageurs seront supposées « rationnelles » et subordonnées aux objectifs de l'agent. C'est par un calcul conscient que l'agent pourra comparer les situations finales, qu'il pourra calculer et comparer les avantages correspondant aux différentes situations et donc faire le bilan des différentes possibilités qui s'ouvrent à lui afin de toujours choisir la solution qui s'avère la meilleure en fonction de ses buts et de ses possibilités.

Les voyageurs feront donc leur choix sous une hypothèse de rationalité. Toutefois, celle-ci est limitée par deux facteurs principaux. Tout d'abord, la perception de l'environnement n'est jamais optimale (ex : plus ou moins bonne vue). De plus, les voyageurs ne connaissent pas l'ensemble du réseau et sont en quelque sorte « myopes » sur le réseau qu'ils parcourent. C'est pourquoi la prise en compte de différents types d'usagers, déjà évoquée plus haut, semble nécessaire. Certains auront une connaissance plus importante du pôle d'échanges suite à un apprentissage antérieur.

De plus, les voyageurs seront soumis à des règles de comportement (qu'ils respecteront ou non) qui agiront comme des contraintes sur l'ensemble des agents mais dont le résultat global aura pour effet de limiter les conflits et de préserver les individus.

- L'architecture des agents

L'architecture d'un agent caractérise ainsi sa structure interne, c'est-à-dire le principe d'organisation qui sous-tend l'agencement de ses différents composants. Un grand nombre d'architectures est envisageable selon l'objectif du concepteur. En effet, l'architecture correspond à un point de vue de concepteur, qui peut se résumer ainsi : comment assembler les différentes parties d'un agent de manière à ce qu'il accomplisse les actions que l'on attend de lui ?

Par conséquent, aux différents agents de notre modèle devra être associée une architecture correspondant de façon optimale au comportement qu'ils devront adopter.

- La perception des agents

D'après A. Ferber, la perception est la qualité pour un agent de pouvoir classer et distinguer les états du monde à la fois en fonction des traits saillants de l'environnement, mais aussi en fonction des actions qu'il entreprend.

Lorsque les agents sont situés (ce qui est le cas ici), l'environnement E est généralement un espace métrique et les agents sont capables de percevoir leur environnement, c'est-à-dire de reconnaître les objets situés dans leur environnement en fonction de leurs capacités perceptives, et d'agir, c'est-à-dire de transformer l'état du système en modifiant les positions et les relations existants entre les objets.

La relation de l'agent à son environnement pose la problématique du couple sujet/objet de savoir si l'agent dispose d'une représentation symbolique et explicite du monde à partir de laquelle il peut raisonner, ou si sa représentation se situe à un niveau sub-symbolique, c'est-à-dire intégré dans ses capacités sensori-motrices. Dans le premier cas, on parlera d'agents cognitifs et dans le second, d'agents réactifs.

Les agents cognitifs, en raison de leur sophistication et leur capacité à raisonner sur le monde, peuvent travailler de manière relativement indépendante. Les tâches qu'ils accomplissent sont complexes au regard des facultés plus élémentaires des agents réactifs. Ils peuvent ainsi résoudre des problèmes compliqués de manière relativement individuelle. Leur représentation interne et les mécanismes d'inférence dont ils disposent leur permettent de fonctionner indépendamment des autres agents et leur offrent une grande souplesse dans l'expression de leur comportement.

Inversement, la structure plus frustre de agents réactifs leur impose des comportements plus rigides. De plus, contrairement aux agents cognitifs, ils ne possèdent pas la capacité d'anticiper sur les événements futurs et de s'y préparer.

Enfin, les agents cognitifs, par leur capacité de raisonner sur des situations du monde, sont capables à la fois de mémoriser des situations, de les analyser, de prévoir des réactions possibles à leurs actions, d'en tirer des conduites pour les événements futurs et donc de planifier leur propre comportement.

Ainsi, tous les agents circulant dans notre système (voyageurs, agent itinérants, simples passants) devront nécessairement être des agents cognitifs, en raison de la complexité et de la diversité des comportements qu'ils devront adopter.

- Les interactions entre les agents

La prise en compte des interactions dans notre système est fondamentale. C'est d'ailleurs là l'une des caractéristiques les plus essentielles offertes par un système multi-agents. Sans interaction, l'agent n'est plus qu'un individu isolé, sourd et muet aux autres agents, renfermé sur sa « boucle perception-délibération-action ».

D'après A. Ferber, une interaction est une mise en relation dynamique de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions réciproques. Les interactions s'expriment ainsi à partir d'une série d'actions dont les conséquences exercent en retour une influence sur le comportement futur des agents [FERBER, 1995, p.67]. De plus, il appelle situation d'interaction un ensemble de comportements résultant du regroupement d'agents qui doivent agir pour satisfaire leurs objectifs en tenant compte des contraintes provenant des ressources plus ou moins limitées dont ils disposent et de leurs compétences individuelles [FERBER, 1995, p.69]. Ainsi, l'encombrement sera l'une des situations à prendre en compte. Elle correspond à des buts compatibles et des ressources insuffisantes. Elle est caractéristique de toutes les situations dans lesquelles les agents se gênent mutuellement dans l'accomplissement de leurs tâches alors qu'ils n'ont pas besoin des autres. Une autre de ces situations correspond à des « conflits individuels pour les ressources ». Si les buts sont incompatibles et les ressources insuffisantes, on se trouve dans une situation caractéristique de conflit dont les ressources sont l'enjeu, chacun voulant les acquérir pour lui seul. Dans le cas qui nous intéresse, l'accès à un guichet automatique constitue un exemple d'une telle situation.

Les agents doivent être capables, par le biais de la communication, de transmettre des informations, mais surtout d'induire chez l'autre un comportement spécifique. Communiquer est donc une forme d'action particulière qui, au lieu de s'appliquer à la transformation de l'environnement, tend à une modification de l'état mental du destinataire. La diffusion d'une information correspond ainsi à une forme particulière d'interaction entre agents.

c) La prise en compte de l'information dans notre SMA

Le modèle devra tenir compte de la diffusion de l'information et de sa réception par les usagers et des changements de comportements induits

Les différents types d'information correspondront à ceux définis plus en amont : informations visuelles, sonores, par les agents itinérants, et éventuellement par d'autres voyageurs. Par ailleurs, il conviendra de considérer différents indices pouvant contribuer à guider le voyageur : escalators, lumière...

Ces différents types d'information seront plus ou moins bien perçus. La « dominance informationnelle » correspond à la propriété d'une modalité de recueil de l'information, c'est-à-dire d'une modalité sensorielle, de recevoir un poids plus grand dans l'évaluation de la nature de l'événement extérieur qu'une autre modalité sensorielle. Ordinairement, l'information visuelle domine l'information auditive et constitue donc un pivot sur lequel viennent s'articuler les informations d'autres modalités même si la dominance peut être modulée par l'intensité.

En fonction de leur localisation, de leur situation et de leurs caractéristiques intrinsèques, les voyageurs percevront et réagiront de manière différente l'information. En effet, l'influence de l'information sur l'usager est fortement dépendante de la situation dans laquelle il se trouve, du lieu où il souhaite se rendre : « la signification d'un message n'est pas portée uniquement par ce message mais élaborée par l'auditeur à partir d'indices tirés à la fois du message et du contexte dans lequel il se trouve » [Equipements, 1996]. Ainsi, l'influence de l'information devra tenir compte de l'« attention sélective » qui traduit le fait que l'usager prélève l'information pertinente et inhibe le traitement d'informations qui sont sans rapport avec la tâche présente et de la possibilité pour les agents de ne pas tenir compte des informations qu'ils perçoivent.

Il sera nécessaire de distinguer la perception passive et active de l'information par les agents. Dans les systèmes de perception passive, les signaux suivent une approche purement ascendante. Les signaux élémentaires sont prétraités puis segmentés pour obtenir des traits élémentaires conduisant à la reconnaissance d'objets, de scènes, de mots ou de phrases. Dans les systèmes actifs au contraire, le système perceptif reçoit à la fois les informations provenant des capteurs et les attentes et buts provenant du système cognitif. [FERBER, 1995, p.247]. Les agents seront plus ou moins à la recherche d'une information particulière et donc plus ou moins actifs dans leur perception de l'information..

La perception de l'information pourra ainsi permettre à nos agents-voyageurs d'adapter plus leurs comportements en fonction des situations. En effet, différents types de situation dégradées devront être simulées : retards au niveau d'un train, perturbations sur une ligne de métro, grève généralisée, etc. Cet aspect sera un des apports les plus importants du modèle futur qui sera naturellement multi échelle car la modification de l'information diffusée sera fonction de l'état global du système et de ses sous ensembles

Le modèle devra par ailleurs être capable de gérer la diffusion de l'information dans différents lieux et lors de différentes situations. Une attention toute particulière devra être donnée aux informations conjoncturelles, correspondant à des situations perturbées. En effet,

le but principal du modèle sera d'évaluer l'impact de l'information, en situation perturbée, sur le système suite aux modifications de comportement induites.

Enfin, il serait intéressant que le modèle développé permette de donner des résultats relatifs aux différents critères de qualité de service évoqués précédemment.

Le schéma ci après permet de visualiser de manière simplifiée les différentes étapes pouvant amener à la réalisation d'un tel modèle.

Figure 18 : Les différentes étapes dans la mise en place du modèle envisagé

Mise en place de l'environnement :

Choix d'un pôle d'échanges à modéliser
Division en n cellules sur un espace en 3 dimensions
Définition des attributs de chaque cellule
Circulation des véhicules (avec retards éventuels)

Définition des agents :

Choix des différents types d'agents et des sous-catégories
Mise en place d'architectures-agents appropriées aux actions à effectuer

Intégration de l'information :

Chaque agent sera doté d'un mécanisme perceptif et de capacité d'apprentissage, il
sera capable d'intégrer (plus ou moins) l'information extérieure
Celle-ci devra correspondre aux différentes situations du pôle ou de ses parties

**Définition des caractéristiques du comportement des agents
« voyageurs » :**

Perception de l'environnement et des autres voyageurs
Règles de comportement à respecter
Respect des caractéristiques propres aux flux piétonniers
Perception de l'information et influence sur la rationalité des choix effectués



**Mise en place de diverses simulations afin d'évaluer l'impact de l'information
diffusée lors de situations perturbées**

Cette partie nous a donc permis d'aborder plus en détail le rôle de l'information fournie aux voyageurs dans la diminution de la vulnérabilité du système, en étudiant son influence au niveau des pôles d'échanges. En reprenant les critères de qualité de service définis par la norme XP-50-805, il apparaît que cette information est susceptible d'influer sur la qualité de service fournie aux usagers en situation perturbée de manière positive, et donc de diminuer la vulnérabilité du système. "Real time information systems allow passengers to make decisions based on the arrival time of the service and it may also provide a greater satisfaction with the service being provided " [NIJKAMP & alii, 1995b, p.12]. Il s'est avéré également nécessaire d'évoquer les liens entre les comportements des individus et la réaction globale des flux de passagers en raison des interactions intervenant. A ce niveau, la mise en place d'un modèle serait seule susceptible de fournir des résultats intéressants. C'est pourquoi il a été proposé de réaliser une modélisation au moyen d'un système multi-agents dont l'environnement correspondrait à un graphe cellulaire. Des pistes d'action pour la réalisation d'un tel modèle ont été données à la fin de cette troisième et dernière partie.

CONCLUSION

La vulnérabilité des transports en commun s'est donc avérée un champ d'étude assez vaste. Après avoir défini un système de transports en commun en utilisant des outils tirés de la théorie des systèmes, sa vulnérabilité a été étudiée de façon globale. Ainsi, les aléas pouvant affecter le fonctionnement du système ont été identifiés et la propagation des perturbations et les outils permettant au système de les réguler ont été abordés. Parmi ces outils, l'information a été identifiée comme un levier d'action particulièrement puissant.

C'est pourquoi il s'est avéré pertinent d'étudier plus en détail le rôle joué par l'information diffusée aux voyageurs afin de donner une profondeur supplémentaire à ce travail. Le choix de travailler sur le cas spécifique des pôles d'échanges était lié au caractère stratégique de ces derniers dans le fonctionnement du système.

Afin d'évaluer l'influence de l'information dans les pôles d'échanges en situation perturbée, une présentation des caractéristiques de ces pôles et de l'information dans les transports en commun a été nécessaire pour situer le contexte d'intervention de cet outil. A travers un aperçu d'initiatives et d'une réflexion, quelques éléments de réponse ont pu être formulés à propos de l'influence de l'information en temps réel sur les indicateurs de qualité de service, et donc sur la vulnérabilité du système. Il n'a malheureusement pas été possible de trouver des exemples illustrant de façon optimale le sujet mais les résultats obtenus ici se veulent avant tout une base de travail pour des travaux ultérieurs.

En effet, la vulnérabilité des transports en commun en général et le rôle de l'information en situation perturbée en particulier sont des champs d'investigations peu explorés à ce jour et pour lesquels de nombreuses recherches pourraient être menées. Ce travail fournit des éléments pouvant être enrichis par la suite.

La mise en place d'un modèle permettant de simuler un pôle d'échanges, dans diverses situations et en particulier en situation perturbée, et d'évaluer le rôle de l'information semble prometteur. Afin de réaliser ce modèle, une grande attention devra être donnée à la prise en compte des caractéristiques des flux de piétons dans les pôles d'échanges. Un des éléments ou des apports importants de cette recherche sera la définition des capacités perceptives des agents, de leurs conditions, de leur mémorisation, des capacités et mécanismes d'apprentissage permettant de modifier leurs comportements futurs du fait de la simple modification des données, voire leurs règles de décision elles-mêmes.

A ce niveau, la poursuite de la recherche d'expériences d'information en temps réel aux voyageurs dans les pôles d'échanges devrait permettre de mieux appréhender les réactions induites. Un tel modèle pourrait permettre de comparer des situations du système suite à la diffusion de différents types d'information. Il serait ainsi possible d'évaluer en quoi l'information en temps réel permet une bonne adaptation du système comparativement à une information traditionnelle.

Si dans un premier temps, seul un pôle d'échanges sera modélisé, il n'est pas exclu de poursuivre ensuite le travail et d'envisager différents niveaux de simulation (par exemple, au niveau du système de transports en commun). C'est là l'un des grands avantages de la modalisation par un système multi-agents : différents niveaux peuvent être « imbriqués ».

D'autre part, il serait intéressant d'étudier le rapport entre l'information des voyageurs et la régulation effectuée en interne par les opérateurs. Partant du constat que les régulateurs gèrent souvent la perturbation en fonction de critères qui ne tiennent pas compte de l'information qui peut être donnée aux voyageurs, Denis Bayart fait la remarque suivante : « il est probablement trop ambitieux de prétendre gérer une perturbation au niveau d'un réseau en fonction des besoins de l'information voyageurs, mais l'expérience mériterait d'être tentée sur des perturbations plus limitées [...]. Il conviendrait alors de travailler à partir de scénarios d'organisation qui proposeraient une articulation différente de l'information voyageurs et des décisions mouvements » [*Equipements*, 1996, p.167].

Enfin, si les systèmes d'information constituent des moyens de diminuer la vulnérabilité du système, rappelons qu'ils peuvent eux-mêmes subir des dysfonctionnements suite à des aléas divers : « tous ces systèmes d'information deviennent de plus en plus vulnérables et parfois difficiles à contrôler. Les risques de sabotage ne sont pas à négliger de même que la confidentialité des informations qui n'est peut-être pas toujours garantie » [RAIL INTERNATIONAL, 1999, p.17]. Cette dernière remarque illustre à nouveau la complexité de ce champ d'investigation, ce qui en fait son intérêt.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

- BAPTISTE H., *Interactions entre le système de transport et les systèmes de villes : perspective historique pour une modélisation dynamique spatialisée*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université François Rabelais de Tours (CESA), 1999, 418 p.
- BAPTISTE H., L'HOSTIS A., *Qualité de service et accessibilité régionale, évaluation multimodale des systèmes de transport en Nord-Pas-de-Calais et Languedoc-Roussillon : enjeux pour l'aménagement des territoires régionaux*, Rapport CESA/INRETS, 2002, 72p.
- BLANCHER P., *Risques et réseaux techniques urbains*, Editions du CERTU, 1998, 169p.
- BULTEAU S., *Etude topologique des réseaux de communication : fiabilité et vulnérabilité*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Rennes 1, 1997, 162p.
- BUTTON K.J & HENSHER D.A., *Handbook of transports systems and traffic control*, Pergamon, Elsevier science Ltd, Oxford, 2001, 602p.
- CERTU, *Complémentarité des modes de transport, projet d'agglomération et schéma de voirie*, 1996, 93 p.
- CHAPELON L., *Offre de transport et aménagement du territoire, évaluation spatio-temporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-échelles des systèmes de transport*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université François Rabelais de Tours (CESA), 1997, 558p.
- CHENIER M., *Vers une plus grande prise en compte du facteur risque en aménagement : le POS est-il un processus d'apprentissage face aux inondations ?*, dossier de magistère 3, mars 1996, 46 p.
- CHESNAIS M., *Transports et espace français.*, Masson, Paris, 1980, 212 p.
- COMMISSION EUROPEENNE, *Livre blanc : la politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix*, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg, 2001a, 127p.
- COMMISSION EUROPEENNE b, *Panorama des transports : aperçu statistique des transports par route, chemin de fer, voies navigables et air dans l'Union Européenne, données : 1970-1999*, Ed. Eurostat, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg, 2001b, 83p.

- DAAMEN W., BOVY P.H.L., HOOGENDOORN S.P , *Modelling pedestrians in transfer stations*, in Pedestrian and evacuation dynamics, 2001, Springer-Verlag
- DAUPHINE A., *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*, Armand Colin, Paris, 2001, 288p.
- DE NOUE M.F, ANNUNZIO D., BOURDILLON J., BRUNET R., MARTINAND Cl., POMMELET P., *Réseaux et territoires*, GIP reclus, Montpellier, 1993, 176p.
- DESCOURS C., *Quels enjeux pour les transports publics*, 7^{èmes} rencontres parlementaires sur les transports, actes du colloque, M&Conseil Organisation-Edition-Communication, Paris, 1997, 120p.
- Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, sous la direction de Françoise Choay, Pierre Merlin, P.U.F, Paris, 1988, 863 p.
- DUPUY G., *L'urbanisme des réseaux : théories et méthodes*, Armand Colin, Paris, 1991, 198 p.
- DURAND D., *La systémique*, PUF, Que sais-je ? 1979, 127 p.
- EMMERINK R., NIJKAMP P., RIETVELD P., *The role of information in the performance of transport networks*, serie research memoranda, Université d'Amsterdam, décembre 1992, 21 p.
- Equipements et métiers de la multimodalité*, Séminaire des lieux-mouvements de la ville, Actes des journées des 20 octobre 1995, 3 mai et 14 juin 1996, 239p.
- FERBER J, *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*, InterEditions, Paris, 1995, 522 p.
- FRANKHAUSER P., *La fractalité des structures urbaines*, Anthropos, 1994.
- GENREGRANDPIERRE, C., *Forme et fonctionnement des réseaux de transport : approche fractale et réflexions sur l'aménagement des villes*, Besançon, 2000.
- GART/CERTU, *Suivi national des plans de déplacements urbains*, Collections du CERTU, juin 2000, 97p.
- GOUSSOT M., *Les transports en France*, Armand Colin, Paris, 1999, 95p.
- GRRT (sous la direction de S.Hayat), *Amélioration de la qualité des correspondances dans les réseaux de transports urbains : projet coopératif*, Villeneuve d'Ascq, avril 2001, 284 p.
- GUIMAS L., *Développement du transport combiné rail-route, évaluation des potentialités du système de transport de marchandises françaises en termes de délais d'acheminements*, mémoire de recherche pour la troisième année de magistère d'aménagement, Université François Rabelais de Tours (CESA), 2002, 156p.

- HOSTYN D., *La sécurité transport rail*, Phoebus n°14, 3^{ème} trimestre 2000, Société Editions préventive, Bordeaux, 2000, 80p.
- HUBERT G., LEDOUX B., *Le coût du risque : l'évaluation des impacts socio-économiques des inondations*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1999, 232p.
- IAURIF, *Les contrats départementaux de sécurité dans les transports en commun d'Ile-de-France*, Paris, 2002, 19p.
- ISAAC J., *Villes en gares*, Editions de l'Aube, Saint-Etienne, 1999, 308 p.
- JONAS H. (sous la direction de), *Réseaux, gares et quartiers de gares dans la région transfrontalière du Rhin supérieur : histoire, obsolescence et intermodalité*, Université des sciences humaines de Strasbourg, tome 1, 1997, 199p.
- La France des gares*, Guides Gallimard, Editions Nouveaux-loisirs, Paris, 2001, 260 p.
- La gare : dedans, dehors*, séminaire des lieux-mouvements de la ville, Actes des journées des 11 octobre et 15 novembre 1996, 237p.
- LATTS, *Intermodalités et interfaces, comprendre les usages pour guider les décisions*, Marne-la-Vallée, 2001, 163p.
- LE MOIGNE J.L., *La théorie du système général : théorie de la modélisation*, P.U.F, Paris, 1977, 338 p.
- L'HOSTIS A., *Images de synthèse pour l'Aménagement du territoire, la déformation de l'espace par les réseaux de transport rapides*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université François Rabelais de Tours (CESA), 1997, 306 p.
- MATHIS P. (sous la direction de), *Réseaux et graphes*, Hermes sciences, Paris, 2003
- MAZZONI C. (traduit de l'italien par M. Pozzoli), *Gares : architectures 1990-2010*, Actes Sud, Arles, 2001, 278p.
- MENERAULT P., BARRE A., *Gares et quartiers de gares, signes et marges : Lille, Rennes et expériences internationales (Italie, Japon, Pays-Bas)*, Actes du séminaire international du 22 mars 1999 à Villeneuve d'Ascq, Arcueil : INRETS, Paris, 2001, 216p.
- MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME (sous la direction de Denis Bayart), *Les traversées de la gare, la méthode des trajets pour analyser l'information voyageurs*, décision d'aide à la recherche n° 94HT0028, février 1997, 214 p.
- MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DES TRANSPORTS ET DU TOURISME, *Gares TGV et urbanisme : étude sur 9 agglomérations des impacts d'une gare TGV*, Paris, 1993, 71p.
- NIJKAMP P., PEPPING G., *The relevance and use of information and telecommunication networks as strategic tools in the transport sector : a dutch case study*, serie research memoranda, Université d'Amsterdam, 1995a, 23 p.

NIJKAMP P., PEPPING G., ARGYRAKOS G., BANISTER D., GIAOUTZE M., *Transport behaviour and diffusion of telematics : a conceptual framework and empirical application*, serie research memoranda, Université d'Amsterdam, 1995b, 23 p.

PACHE Y., *L'information sur le perturbations dans les transports urbains publics de surface, analyses et perspectives de développement*, Mémoire de travail de fin d'études, ENTPE, 2002, 75 p.

PROUST J., *L'attention sélective et la trame de l'expérience dans la gare du Nord*, programme de recherches concertées sur la gare du nord, Plan urbain-RATP-SNCF, Rapport n°9622, 1996

RICHARDS B., *Future transport in cities*, Spon Press, Londres et New-York, 2001, 162 p.

STATHOPOULOS N., *La performance territoriale des réseaux de transport*, Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 1997, 127p.

STOUGH R.R., *Intelligent Transport systems : cases and policies*, Edward Elgar Publishing Inc, Northampton, Massachussets, USA, 2001, 227 p.

TRANSDEV/CAISSE DES DEPOTS ET CONSIGNATIONS, *Transports publics et avenir des zones rurales*, La documentation française, Paris, 1998, 151p.

TROIN J.F., *Rail et aménagement du territoire : des héritages aux nouveaux défis*, Edisud, 1995, 264p.

VIGNAUX G., *Ecologies urbaines et dynamiques d'interaction territoriale*, 1995, 207p.

XOUILLOT T., *Approche typologique des risques en milieu urbain*, dossier optionnel de Magistère 3, 1995, 50p.

REVUES ET PERIODIQUES

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES, *L'information essentielle des voyageurs au point d'attente*, Lelong V., Gault L., n°98, avril-juin 2001, pp 18-21

Bulletin d'information de l'IGN n°72 (2001/3), Jean-François Gleyze, pp.69-85

FLUX, *Les gares : deux ou trois choses que les chercheurs m'ont apprises*, Aubertel P., note de recherche, n°38, oct-déc.1999, pp39-46

LA GAZETTE DES COMMUNES, *Les nouveaux défis des transports publics*, n°1663, 7 octobre 2002

LE MONDE DIPLOMATIQUE, 4 mars 2003

LE RAIL, hors série n° 17-18, nov 1999 : *les transports ferroviaires périurbains* ; hors série n° 19, juil.2000 : *TGV Méditerranée, un an avant l'ouverture* ; n°88, aout-sept.2001 ; n°89, oct-nov.2001 ; n°90, dec.2001 ; n°91, févr.2002 ; n°92, avril 2002 ; n°96, déc.96 ; n°73, févr.mars 1993 ; n°75, juin 1999

RAIL INTERNATIONAL, SCHIENEN DER WELT, Séminaire de Stockolm, Actes, Edition française, sept-oct 1999, 167 p.

REVUE GENERALE DES CHEMINS DE FER, *L'information des voyageurs en Ile-de-France*, Sevel E., n°7, juill-août 2000, pp 25-34

TEC, n°151, jan-févr.1999 ; n°161, sept.oct.2000

VIE DU RAIL ET DES TRANSPORTS, Ed. professionnelle, *Signalétique, le nouveau fil d'Ariane*, Wiart A., LE ROUX A. & Lomazzi M., n°57, 25 nov.98, pp.30-35

VIE DU RAIL ET DES TRANSPORTS, Ed. professionnelle, *Le premier palmarès des innovations*, n°134, 31 mai 2000, pp.27-42

VIE DU RAIL ET DES TRANSPORTS, Ed. professionnelle, *Centre national des opérations SNCF : pister les trains pour mieux informer le client*, Carriere B., n°214, 9 janvier 2002, pp.24-29

VIE DU RAIL ET DES TRANSPORTS, Ed. professionnelle, *Gares : le confort accoustique, ça compte aussi*, Carriere B. & Leroux A., n°228, 17 avril 2002, pp36-42

SITES INTERNET

www.equipement.gouv.fr/recherche/incitatif/predit/reflexion_apres_predit.htm

www.ratp.fr

www.predit.prd.fr

www.predim.org

TABLE DES SIGLES

ATIS	Advanced Traffic Information System
ATMS	Advanced Traffic Management System
BIV	Bornes d'Information Voyageurs
CDST	Contrat Départemental de la Sécurité dans les Transports
CERTU	Centre d'Etudes et de Recherche sur les Transports et l'Urbanisme
CESA	Centre d'Etudes Supérieures d'Aménagement
CNO	Centre National des Opérations
GAMAB	Globalement Au Moins Aussi Bon
LOTI	Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs
PCC	Poste de Commande Centralisée
PDU	Plan de Déplacements Urbains
PIB	Point Information Banlieue
PTU	Périmètre de Transports Urbains
RATP	Régie Autonome des Transports Parisiens
RER	Réseau Express Régional
SAE	Système d'Aide à l'Exploitation
SAEIV	Système d'Aide à l'Exploitation et à l'Information Voyageurs
SIV	Système d'Information Voyageurs
SMA	Système multi-agents
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer
STIF	Syndicat des Transports d'Ile de France
TGV	Train à Grande Vitesse
UTP	Union des Transports Parisiens
VAL	Véhicule Automatique Léger

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Exemple d'une juxtaposition de réseaux routiers partiels.....	7
Figure 2 : Typologie des connexions.....	15
Figure 3 : Deux principes de traitement des incertitudes dans l'étude de risques	23
Figure 4 : Schéma d'une courbe isorisques	26
Figure 5 : Classification de quelques dommages pouvant affecter les transports en commun	29
Figure 6 : Graphe test pour la propriété de globalité	40
Figure 7 : Exemples de réseaux particulièrement « vulnérables ».....	41
Figure 8 : Le principe de décomposition sommitale.....	42
Figure 9 : Les quatre niveaux d'action sur le système.....	52
Figure 10 : Le cycle de qualité.....	54
Figure 11 : Norme XP 50-805 : critères de qualité	55
Figure 12 : Les ressources manquantes ou inadaptées pour les personnes handicapées	67
Figure 13 : Les moyens de diffusion de l'information dans les transports en commun	72
Figure 14 : Subdivision d'un arc.....	85
Figure 15 : Arc cellulaire	86
Figure 16 : Graphe cellulaire du quartier Prébendes à Tours	87
Figure 17 : L'octo-connexité dans notre graphe cellulaire	88
Figure 18 : Les différentes étapes dans la mise en place du modèle envisagé	94

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	1
INTRODUCTION.....	3
I CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE.....	5
I. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AUX TRANSPORTS	6
1. <i>Les infrastructures de transport</i>	6
2. <i>Les réseaux de transport</i>	7
3. <i>Typologie des modes de transport</i>	9
4. <i>La notion de système de transport</i>	10
II. DEFINITION DU SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN A ETUDIER.....	11
1. <i>Différentes typologies relatives aux transports en commun</i>	11
a) Transports en commun guidés ou non guidés.....	11
b) Transports collectifs urbains et non urbains	11
c) Transports publics et privés	12
d) Typologie selon les segments de marché.....	12
2. <i>Caractéristiques spécifiques aux transports en commun</i>	13
a) La présence d'un opérateur	13
b) Le multimodalisme et l'intermodalité.....	13
c) L'importance des connexions nodales	14
d) Les trajets initiaux et terminaux.....	16
III. DESCRIPTION DE NOTRE SYSTEME DE TRANSPORTS EN COMMUN	17
1. <i>Données théoriques sur l'approche systémique</i>	17
a) Quatre concepts fondamentaux.....	17
b) Description sommaire d'un système	18
2. <i>Description de notre système</i>	19
a) Les éléments constitutifs.....	19
b) Les flux transitant dans le système	20
c) Les interfaces et les frontières du système.....	20
d) Les relations du système avec son environnement	21
IV. DEFINITIONS LIMINAIRES RELATIVES AU RISQUE	22
1. <i>L'aléa et la vulnérabilité : les deux composantes du risque</i>	22
a) Définition de l'aléa	22
b) Les définitions de la vulnérabilité.....	23
• La démarche analytique	24
• La démarche synthétique	24
• La définition retenue pour cette recherche.....	25
c) Les courbes isorisques : le croisement aléa-vulnérabilité.....	26
d) La perception du risque.....	26
2. <i>L'évaluation pratique de la vulnérabilité</i>	27
a) La détermination des aléas.....	27
b) La caractérisation des enjeux	27
c) L'identification des ressources mobilisables pour la réduction de la vulnérabilité	28
d) La mesure des dommages	28
• Dommages directs et indirects	29

• Dommages tangibles et intangibles	29
e) La difficulté de la mesure	30
3. Définition de la mesure de la vulnérabilité adoptée dans cette recherche.....	31
II FACTEURS DE VULNERABILITE ET OUTILS DE PROTECTION DU SYSTEME	32
I. LES FACTEURS DE VULNERABILITE DU SYSTEME	33
1. Approche typologique des aléas	33
a) Les aléas naturels	33
b) Les aléas techniques.....	34
c) Les aléas humains, sociaux et politiques	35
d) Les liens entre ces aléas	37
2. La Propagation des perturbations.....	37
3. Analyse topologique.....	38
a) Un degré de centralisation important des réseaux	38
b) Etude de la vulnérabilité d'un réseau par la théorie des graphes.....	39
c) L'influence de la centralisation d'un réseau sur sa vulnérabilité.....	40
d) La prise en compte de la vulnérabilité au niveau des nœuds grâce à la décomposition sommitale	41
II. LES MOYENS DE PROTECTION DU SYSTEME	43
1. Les actions spécifiques : améliorer la résistance face aux aléas	43
a) L'augmentation de la Sécurité de Fonctionnement du système : la réduction des aléas techniques	43
b) La lutte contre l'insécurité et les actes de malveillance.....	45
c) La bonne gestion du personnel : diminuer la fréquence des grèves	46
2. Les actions à un niveau global : la régulation des perturbations	47
a) Approche théorique sur la régulation d'un système	47
• La cybernétique.....	47
• Régulation, adaptation et équilibration	47
• Le besoin de variété du système	48
• L'importance de la redondance.....	48
b) La régulation dans les systèmes de transport.....	49
• La notion de Système de Transport Intelligent.....	49
• La régulation dans les systèmes de transports en commun.....	50
III LA REGULATION PAR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES.....	56
I. PERTURBATIONS ET DYSFONCTIONNEMENTS AU NIVEAU DES POLES D'ECHANGES.....	57
1. Le système considéré.....	57
2. L'évolution des pôles d'échanges au cours de l'histoire.....	58
a) Distinction des différentes périodes.....	58
b) Les tendances majeures de l'évolution de la gare.....	60
3. Les problèmes actuels internes	61
a) Le manque de cohérence et de lisibilité.....	61
b) Problèmes de capacité et de circulation des flux	63
c) L'insécurité	65
d) Problèmes particuliers pour les personnes handicapées	65
e) Une obsolescence de la gare ?	67
4. Perturbations provenant des lignes adjacentes	68
II. L'INFORMATION POUR LES VOYAGEURS DANS LES TRANSPORTS EN COMMUN	69

1.	<i>Les différents types d'information diffusées</i>	69
2.	<i>Une information tout au long de la chaîne de transport</i>	70
III.	DONNEES GENERALES SUR L'INFORMATION DANS LES POLES D'ECHANGES	73
1.	<i>Les informations visuelles</i>	73
2.	<i>Les messages sonores</i>	74
3.	<i>Les locaux d'information et les agents d'accueil itinérants</i>	74
4.	<i>Les liens entre ces dispositifs et le couplage avec d'autres fonctions</i>	76
IV.	L'INFORMATION EN TEMPS REEL DANS LES POLES D'ECHANGES : UN OUTIL POUR DIMINUER LA VULNERABILITE ?	77
1.	<i>Présentation de quelques initiatives</i>	77
a)	Les Bornes d'Information Voyageurs (BIV)	77
b)	Information en temps réel des bus à Southampton : « Stopwatch »	79
c)	Infogare	79
d)	InfoLignes	80
2.	<i>Eléments de réponse par rapport à la question posée</i>	81
a)	L'influence sur les critères de la qualité de service	81
•	Temps/durée	81
•	Attention portée au client	82
•	Confort	82
•	Sécurité	82
b)	Des réactions individuelles aux comportements collectifs	83
3.	<i>Eléments pour une modélisation des flux de passagers dans les pôles d'échanges, tenant compte de l'information diffusée</i>	84
a)	L'environnement : un graphe cellulaire en trois dimensions	85
b)	Les agents	88
•	Les actions des agents	89
•	L'architecture des agents	90
•	La perception des agents	90
•	Les interactions entre les agents	91
c)	La prise en compte de l'information dans notre SMA	92
	CONCLUSION	96
	BIBLIOGRAPHIE	98
	TABLE DES SIGLES	103
	TABLE DES ILLUSTRATIONS	104
	TABLE DES MATIERES	105

ANNEXES

Cartes

p.67 : Une concentration des ATS à capitaux étrangers dans le « quartier français ».

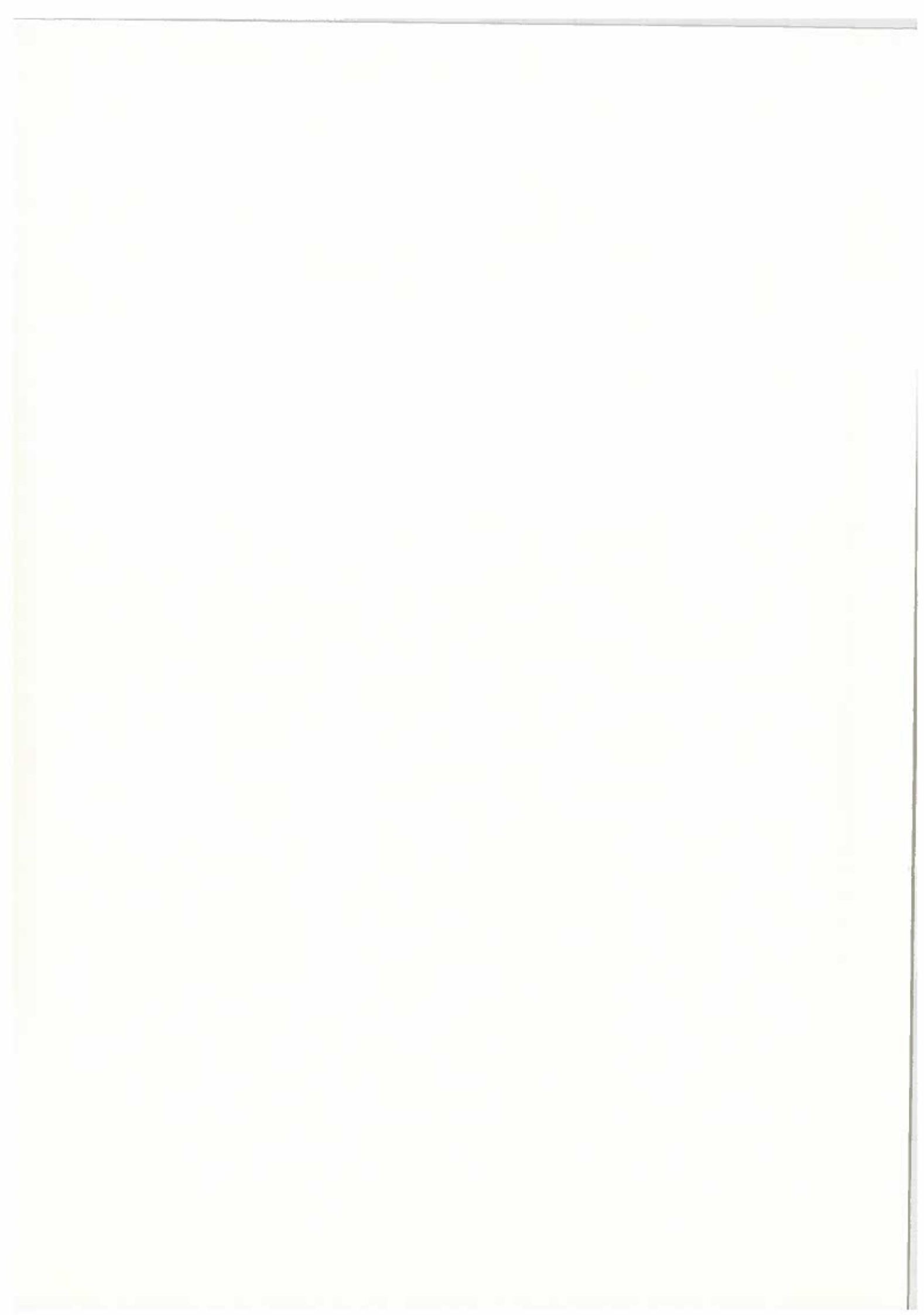
- Carte I : Un regroupement de complexes immobiliers de prestige à capitaux étrangers dans le centre-ville.
- Carte II : Une concentration des activités tertiaires supérieures à capitaux étrangers dans le centre-ville de Hanoi.
- Carte III, IV et V : Une diversité de fonctions tertiaires présentes dans le centre-ville de Hanoi.
- Carte VI : Une fonction touristique affirmée.
- Carte VII : Des équipements variés.

p.69 : Une logique de localisation différente selon l'origine des capitaux.

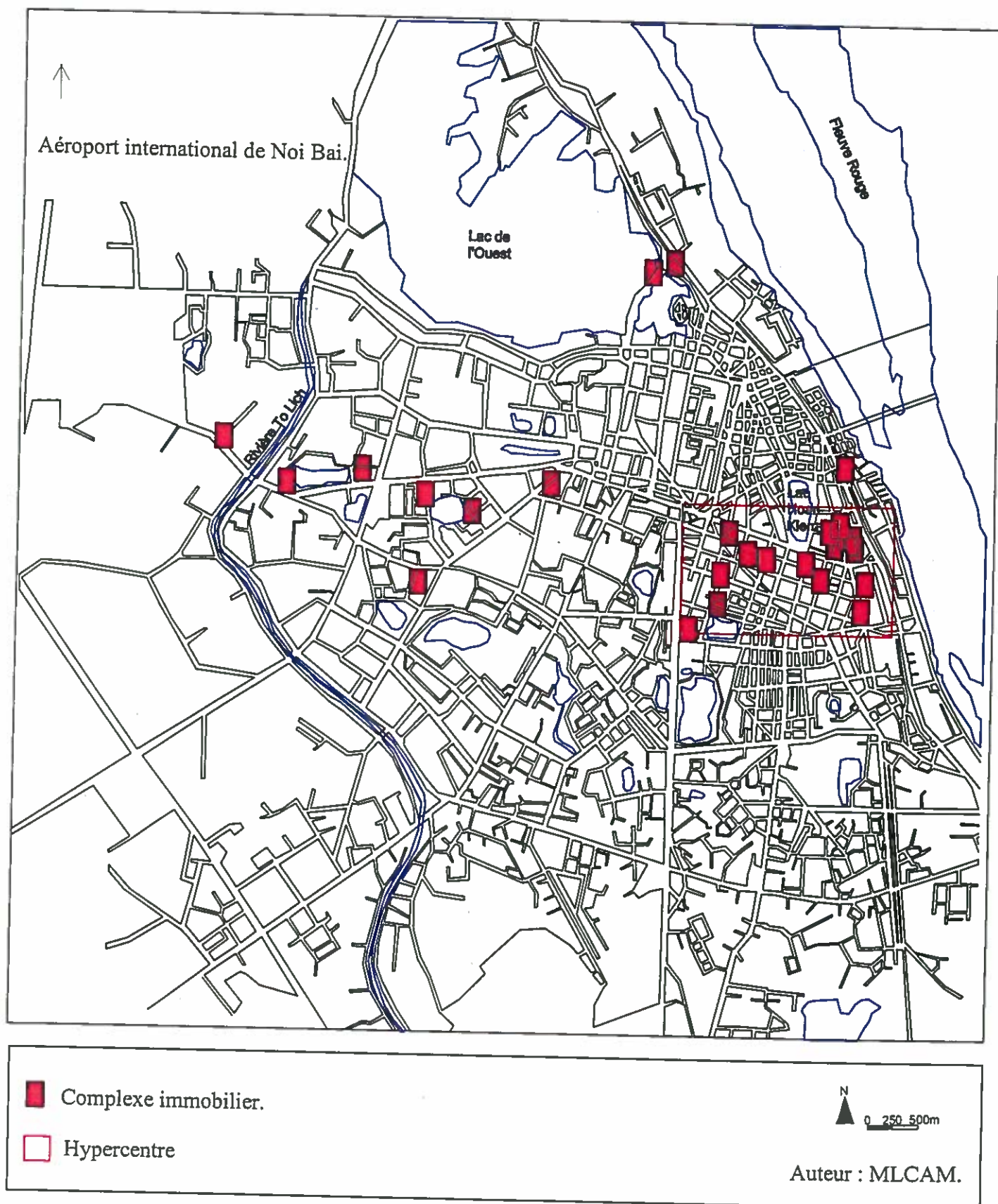
- Carte VIII : Une logique de localisation différente selon l'origine des capitaux.
- Carte IX : ...qui ne s'applique pas aux secteurs de l'hôtellerie et de l'informatique.

p.69 : Une spécialisation des secteurs de la ville liée aux tendances de localisation.

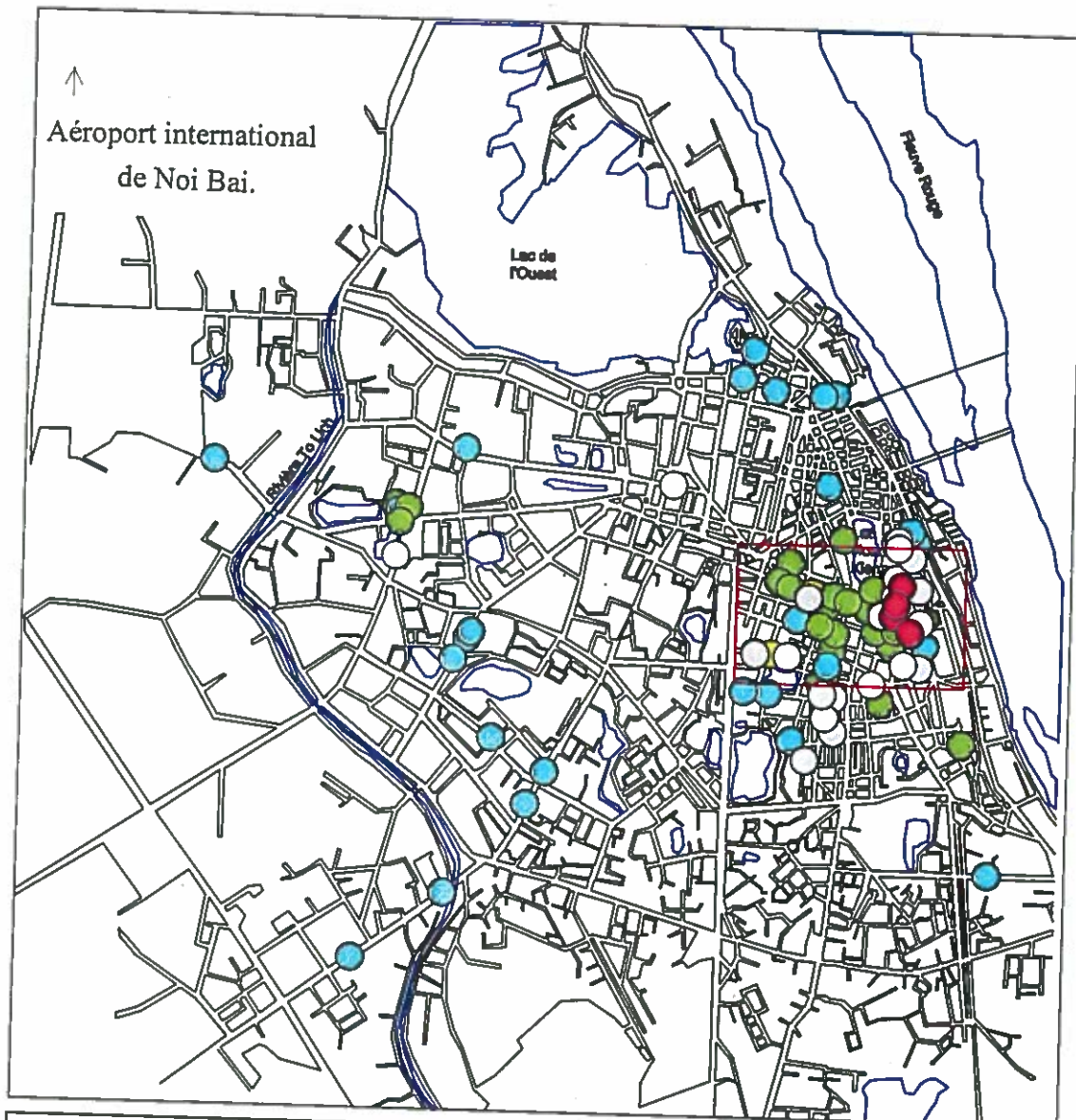
- Carte X : Le lac Tay et le lac Truc Bach : une fonction « tourisme » et « résidence » prédominante.
- Carte XI : Le nord de l'arrondissement de Hai Ba Trung : des appartements de haut standing près des lacs.
- Carte XII et XIII : le nord de l'arrondissement de Hai Ba Trung : des activités tertiaires à capitaux vietnamiens.
- Carte XIV : le sud de l'arrondissement Dong Da : une diversité d'activités tertiaires liées aux grands ensembles d'habitat collectif.
- Carte XV : le sud de l'arrondissement Dong Da : un bon niveau d'équipements lié à la densité de population.
- Carte XVI et XVII : le triangle Kim Ma – Nguyen Chi Thanh et Giang Vo : la montée en puissance d'un centre secondaire.
- Carte XVIII : la rue Lang Hà : l'émergence d'un centre d'activités spécialisé.



Carte I : Un regroupement de complexes immobiliers de prestige à capitaux étrangers dans le centre-ville.



Carte II : Une concentration des activités tertiaires supérieures à capitaux étrangers dans le centre-ville de Hanoi.



● Comptabilité.

● Assurances.

Cabinets d'avocat.

○ A capitaux étrangers.

○ A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Banques

● A capitaux étrangers.

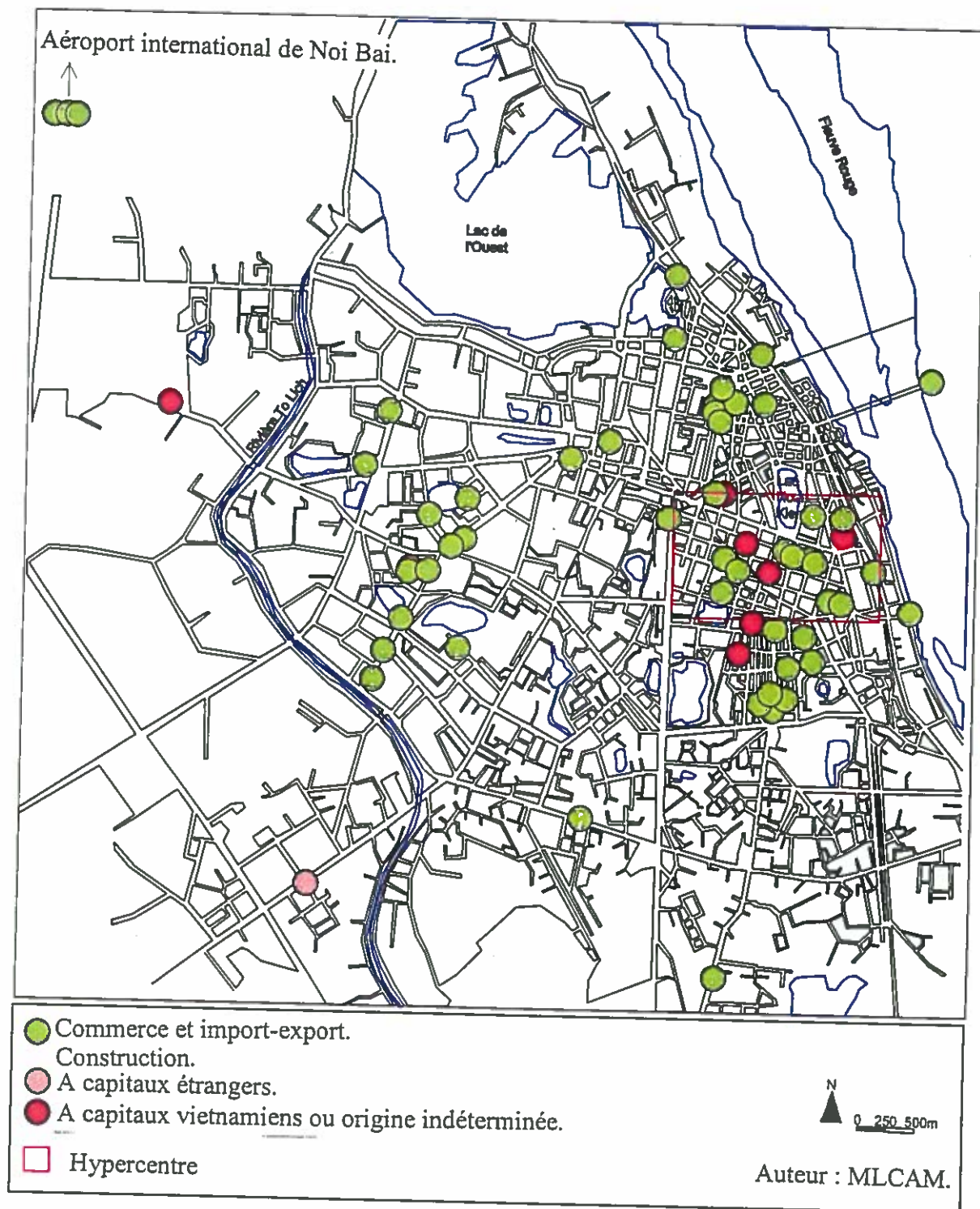
● A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

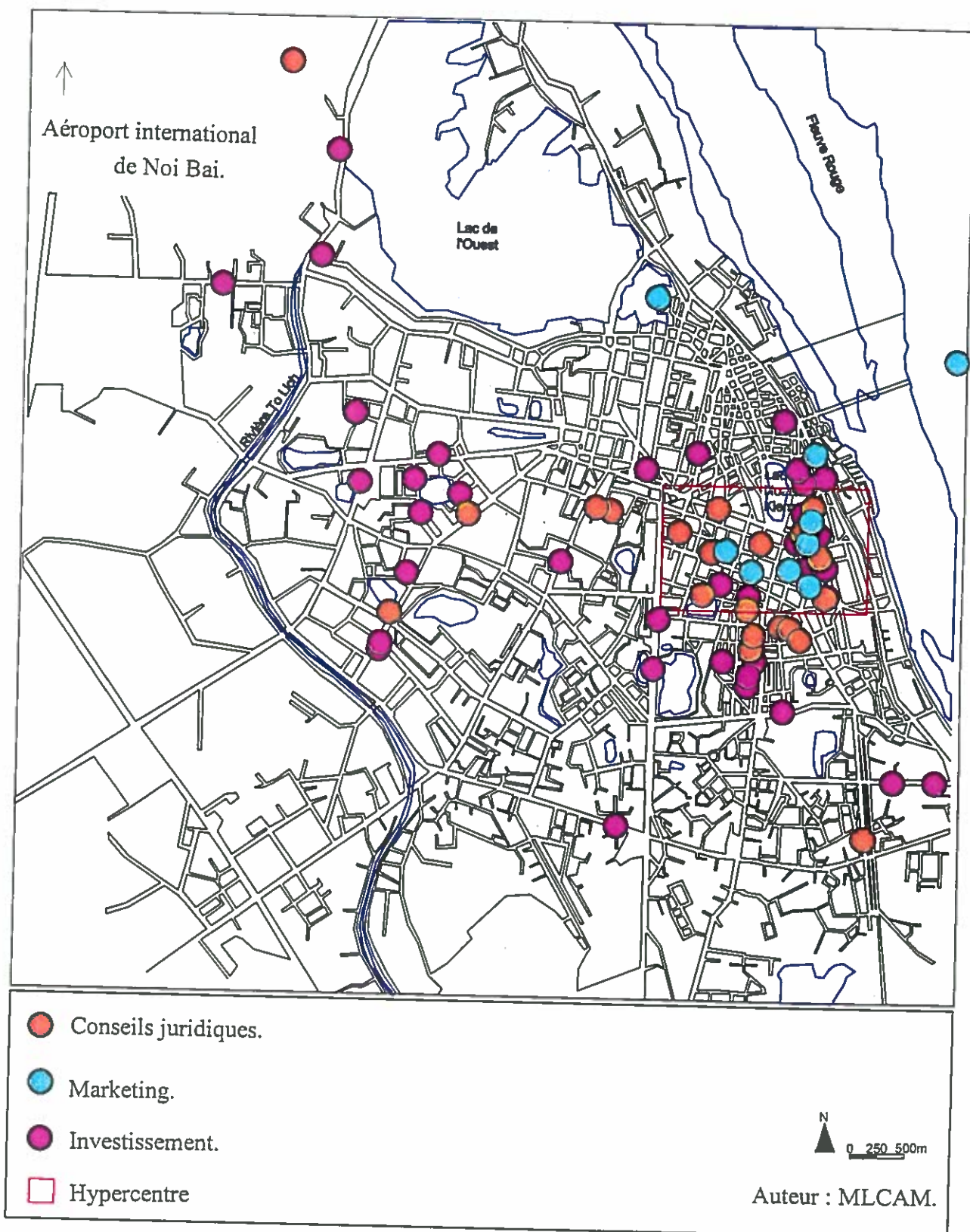
□ Hypercentre

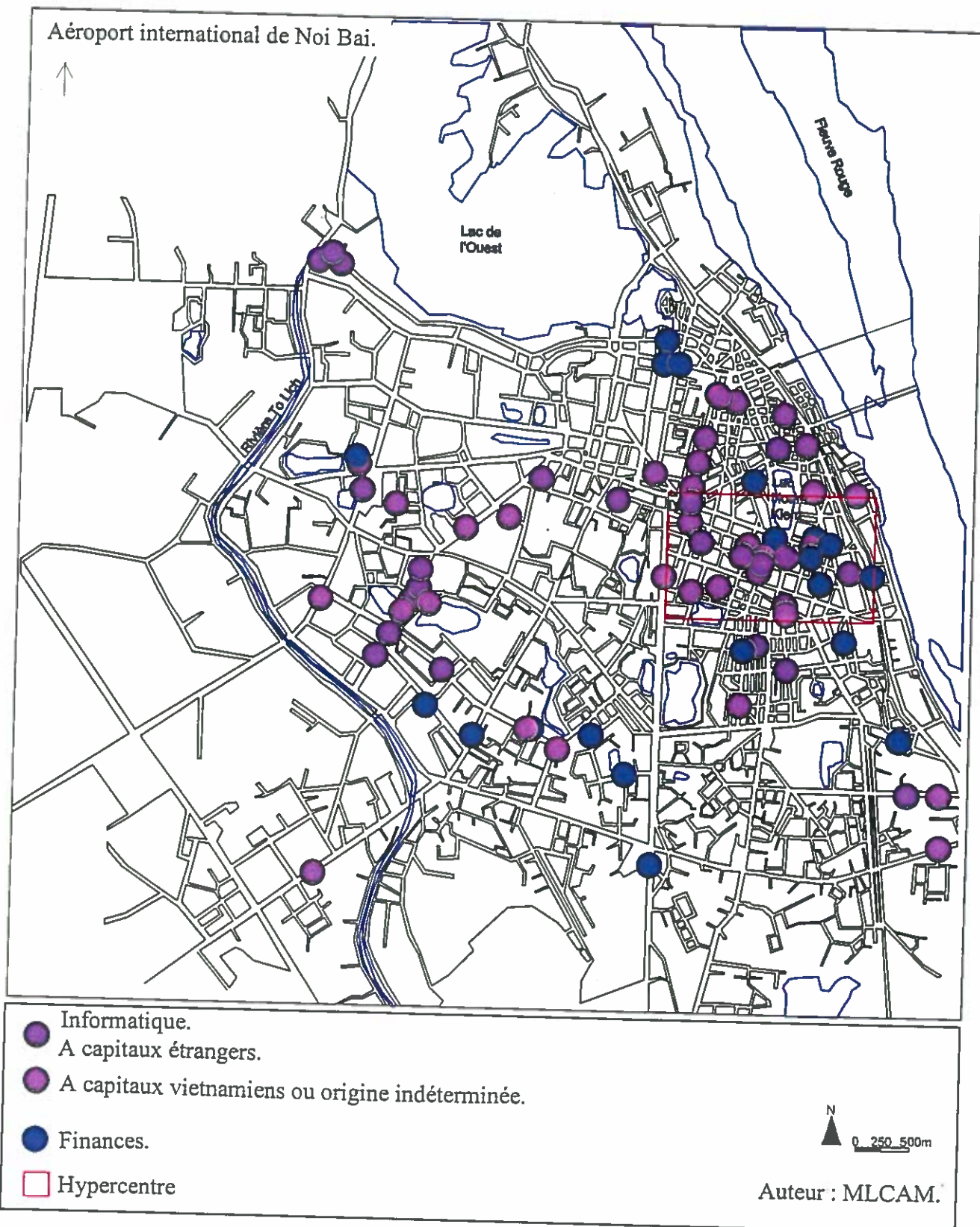


Auteur : MLCAM.

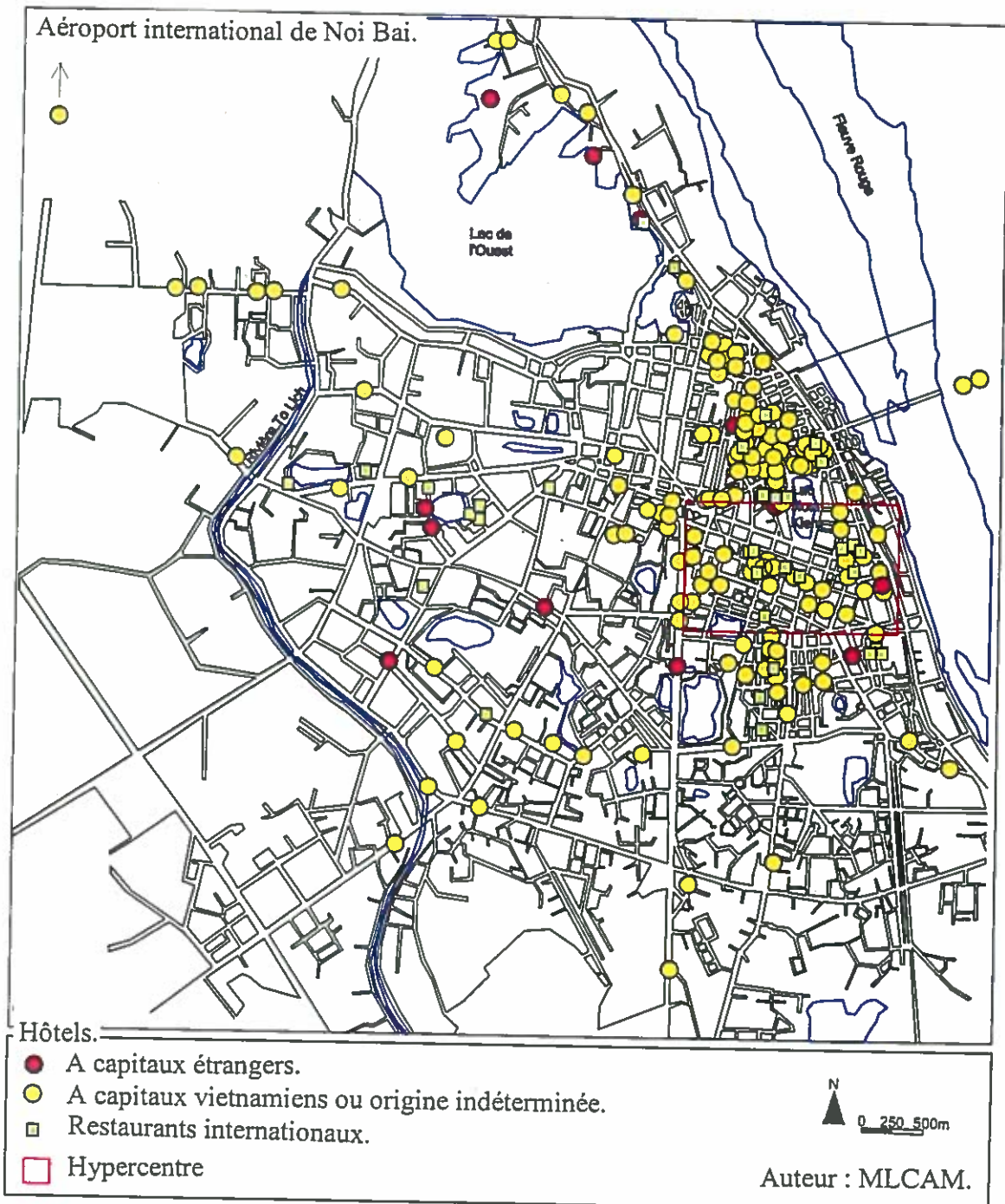
Carte III, IV et V : Une diversité de fonctions tertiaires présentes dans le centre-ville de Hanoi.



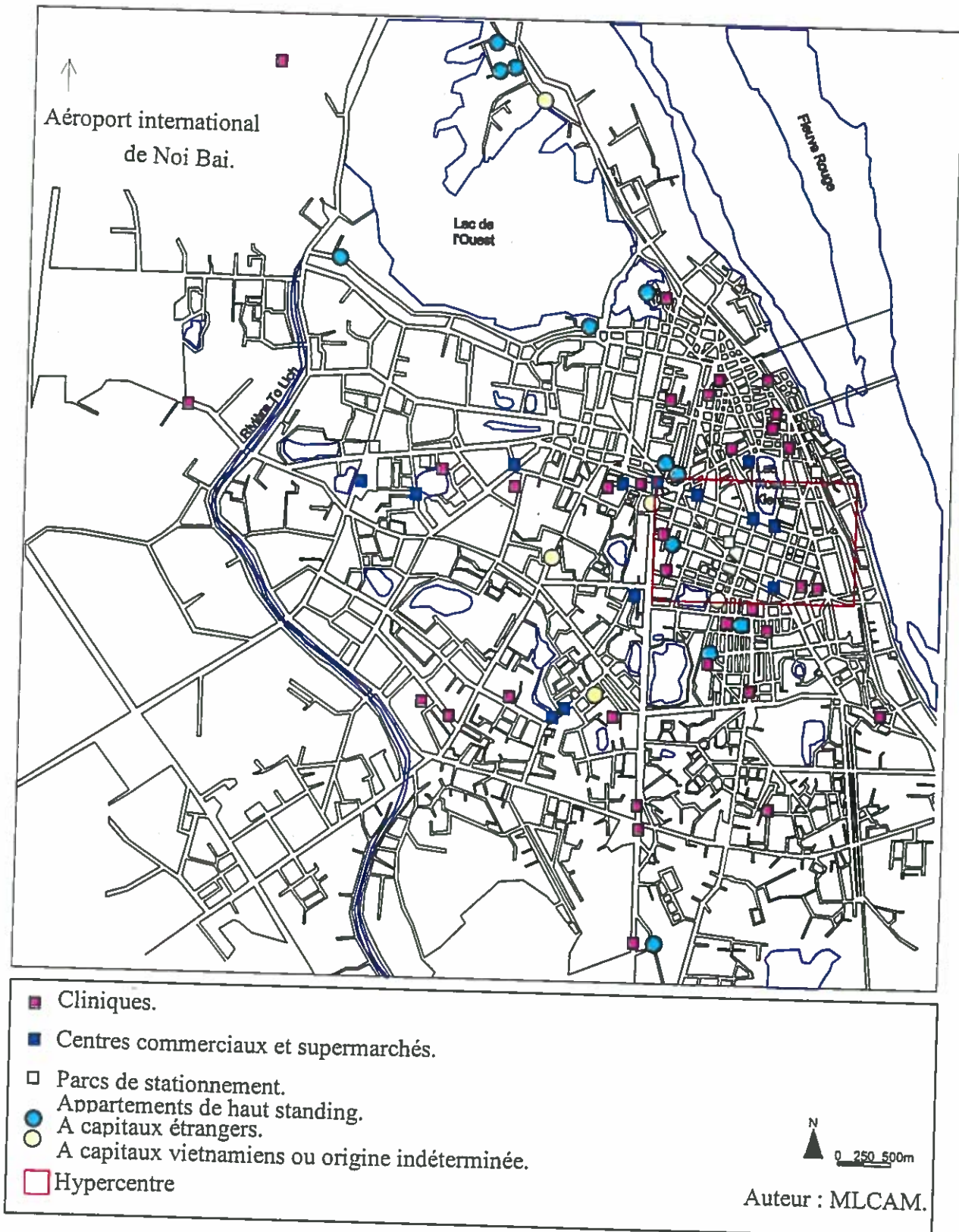


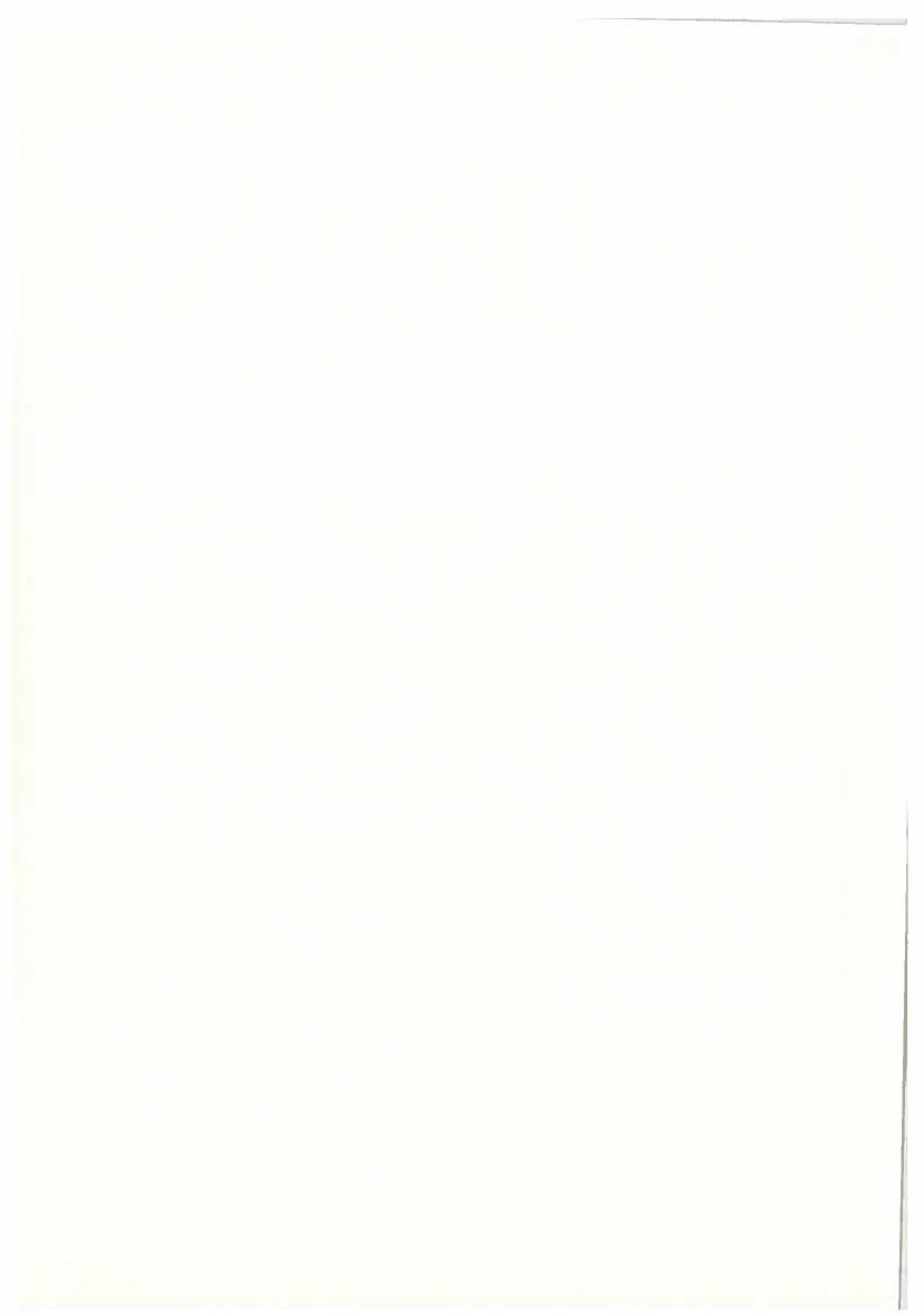


Carte VI : Une fonction touristique affirmée.

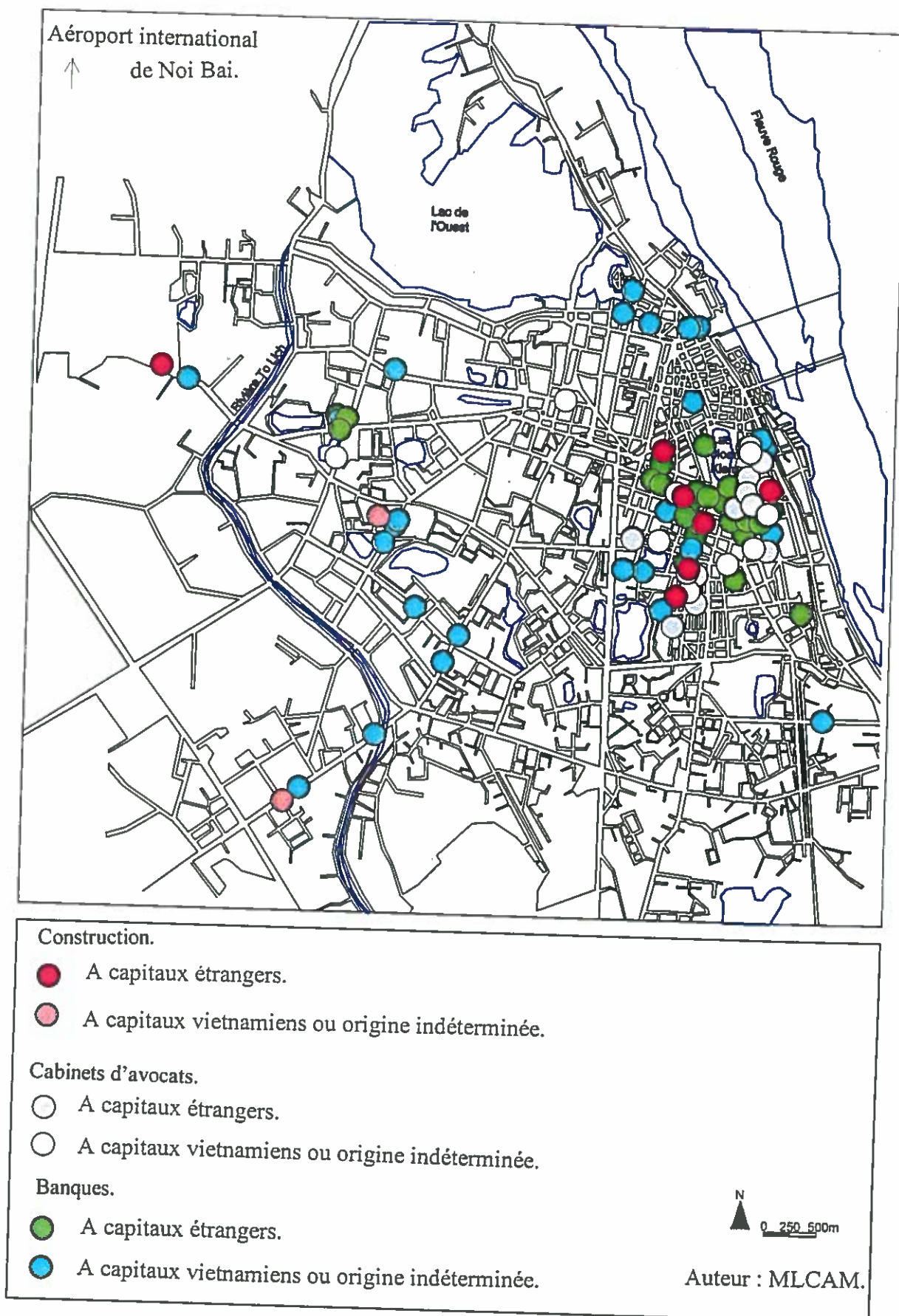


Carte VII : Des équipements variés.

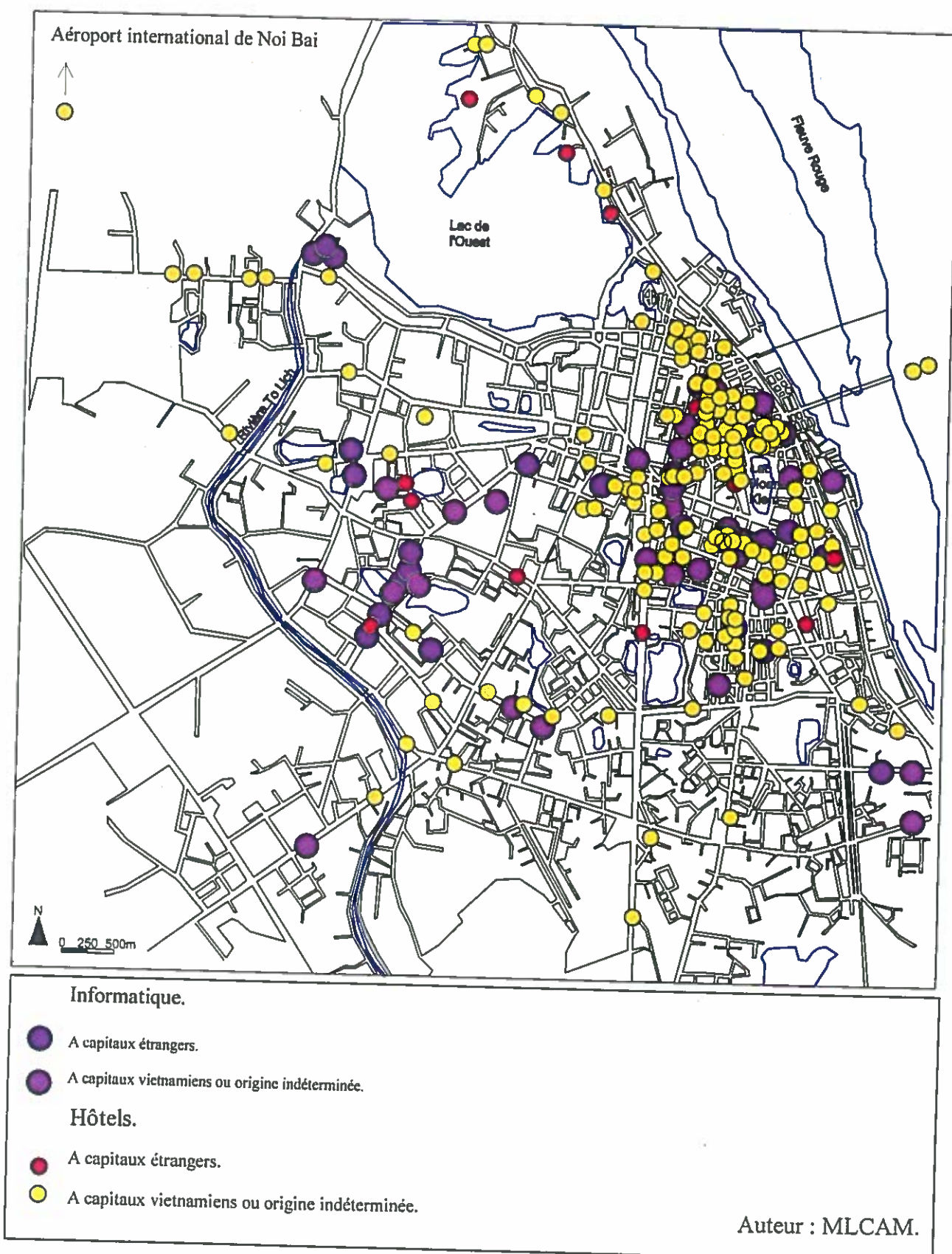




Carte VIII : Une logique de localisation différente selon l'origine des capitaux.

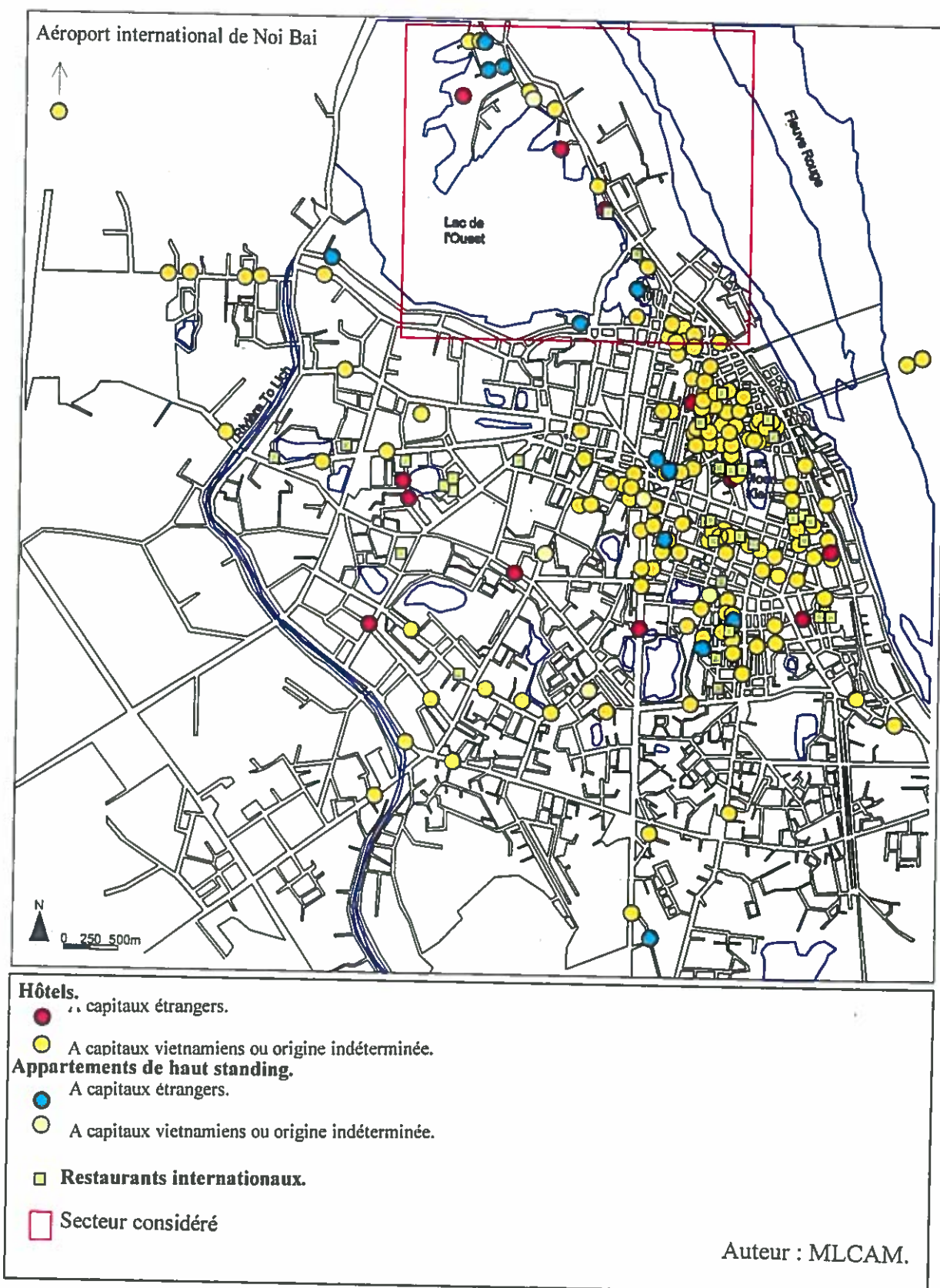


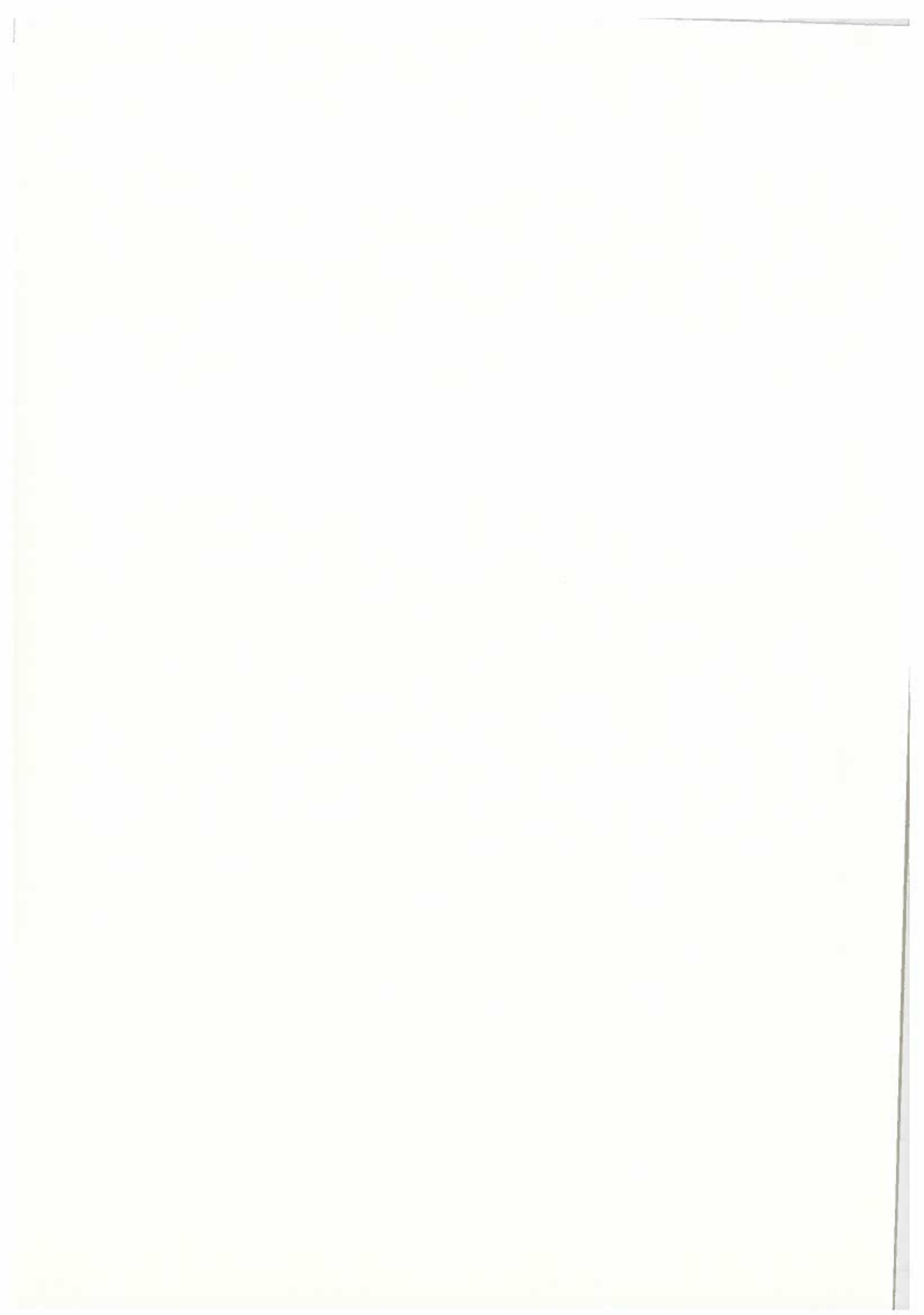
Carte IX : qui ne s'applique pas aux secteurs de l'hôtellerie et de l'informatique.



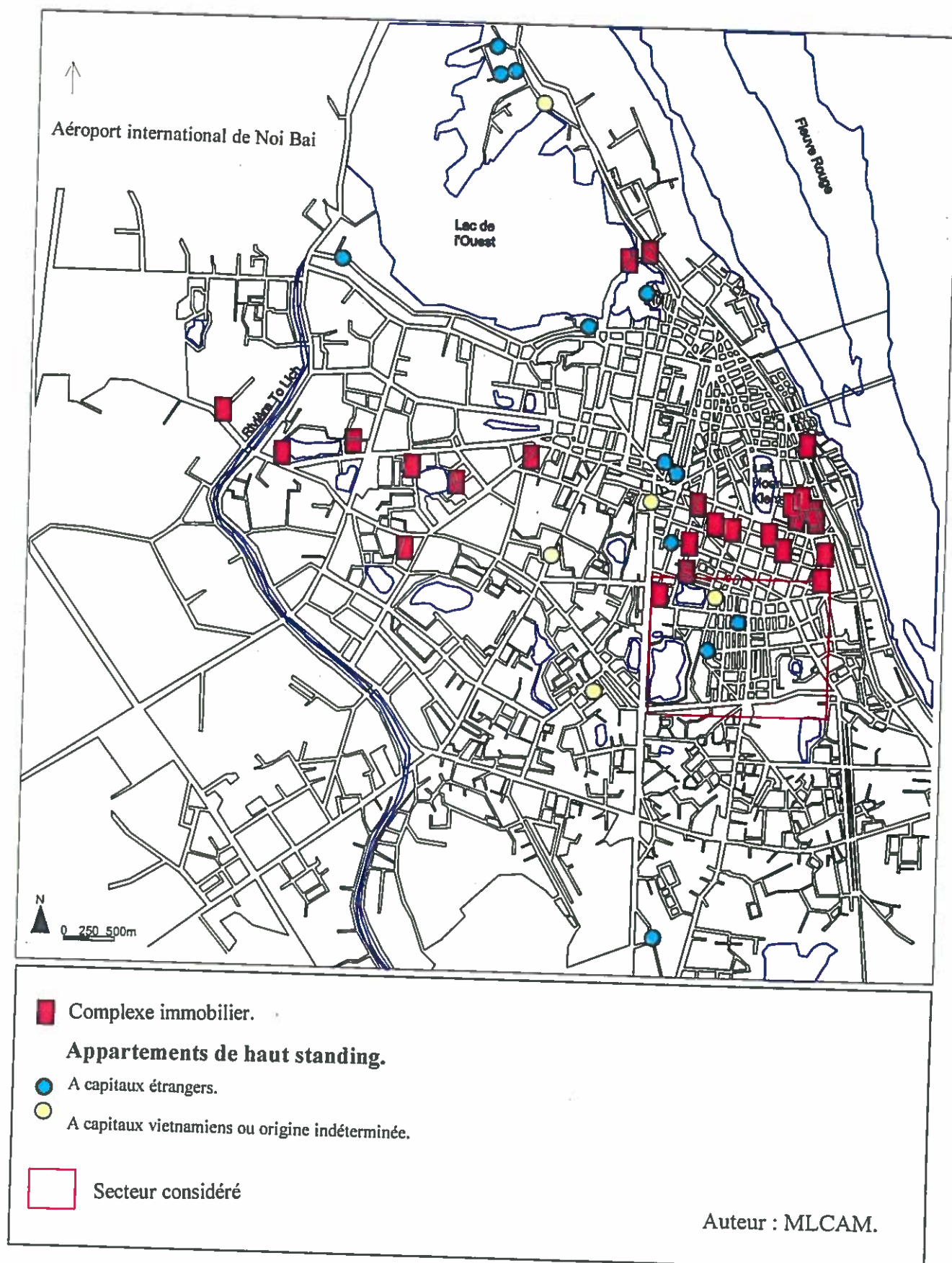


Carte X : Le lac Tay et le lac Truc Bach : une fonction « tourisme » et « résidence » prédominante.

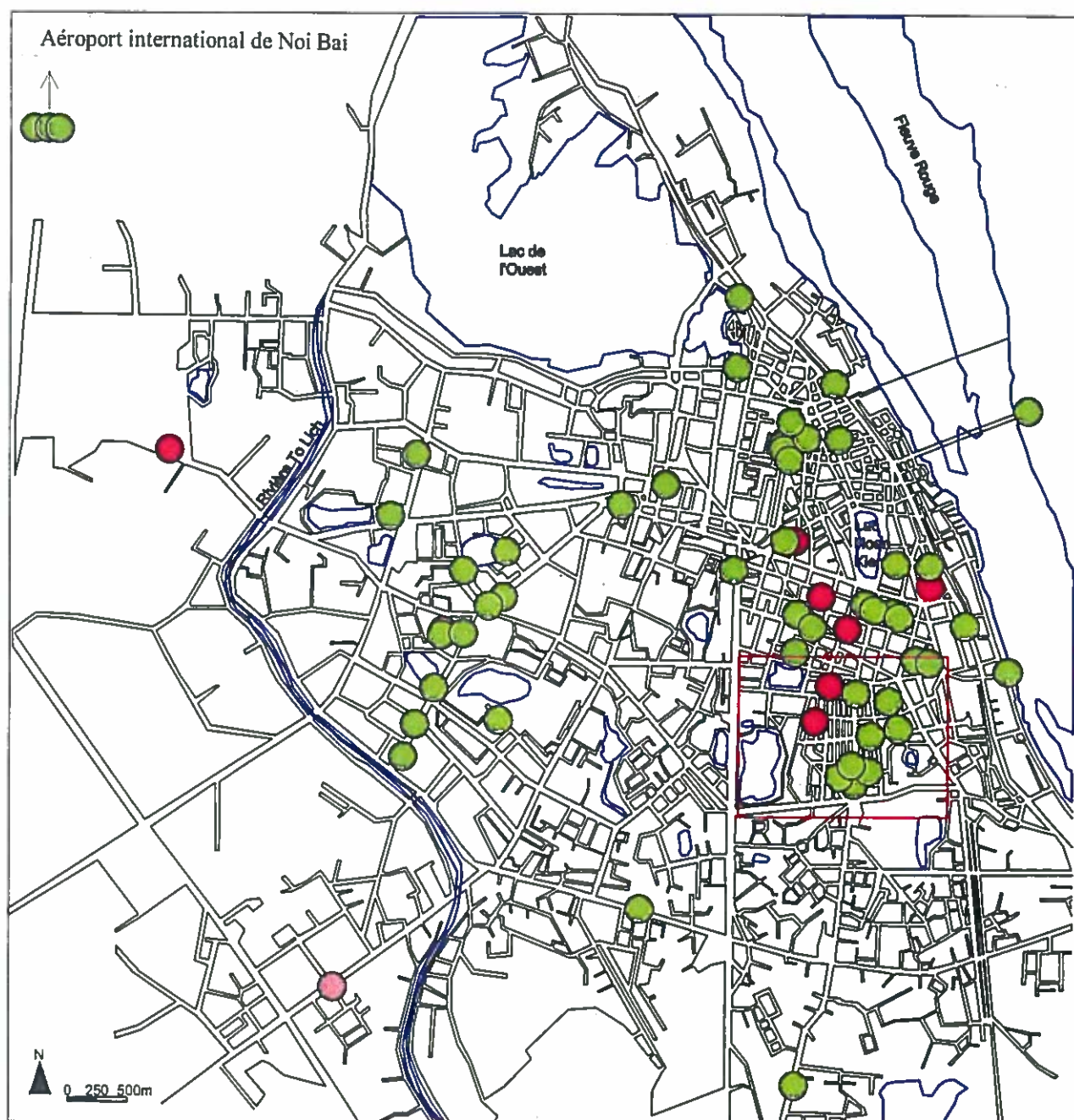




Carte XI : Le nord de l'arrondissement de Hai Ba Trung : des appartements de haut standing près des lacs.



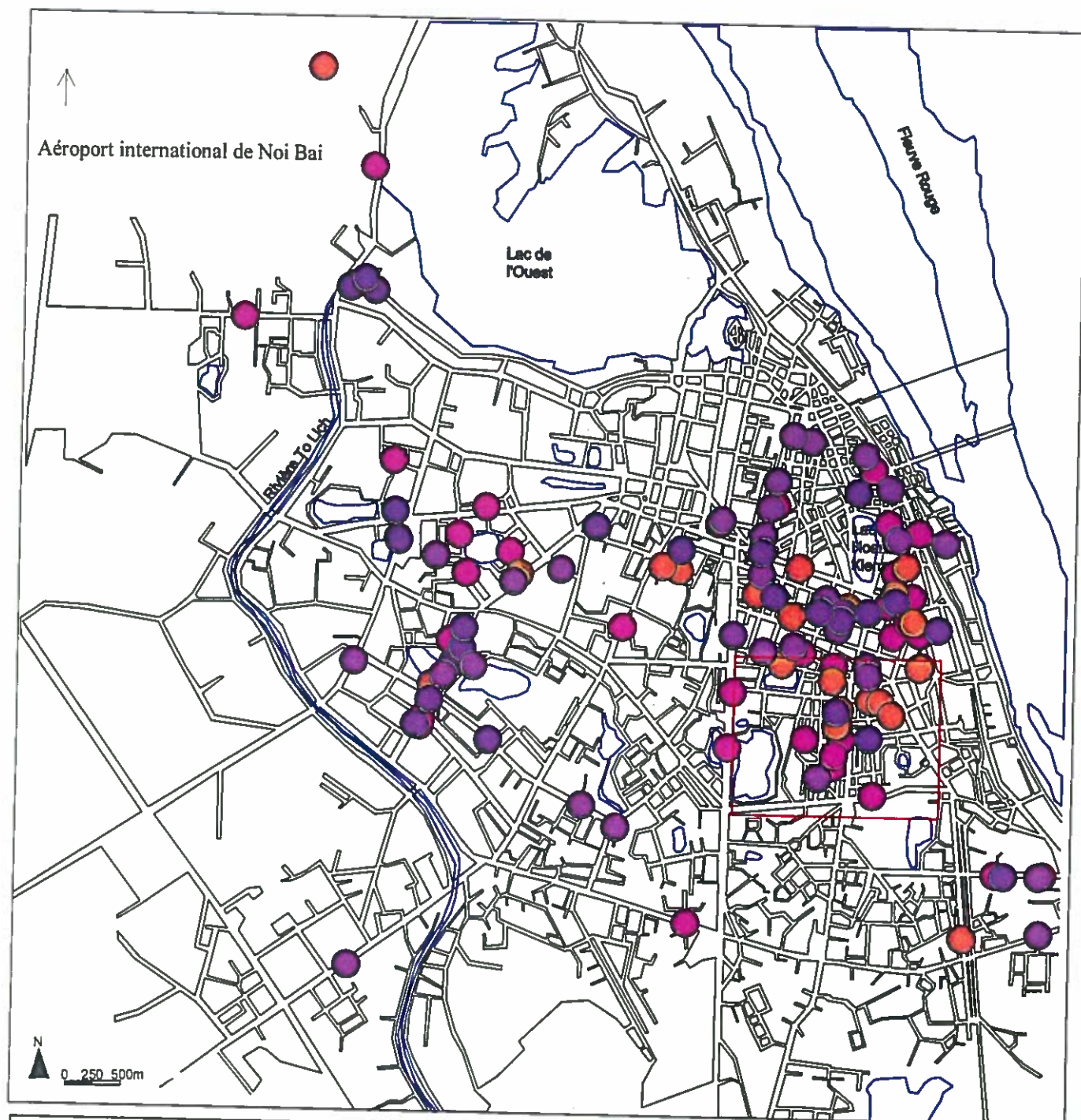
Carte XII et XIII : le nord de l'arrondissement de Hai Ba Trung : des activités tertiaires à capitaux vietnamiens.



- Commerce et import-export.
- Construction
- A capitaux étrangers.
- A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Secteur considéré

Auteur : MLCAM.



Conseils juridiques



Investissements

Informatique.



A capitaux étrangers.

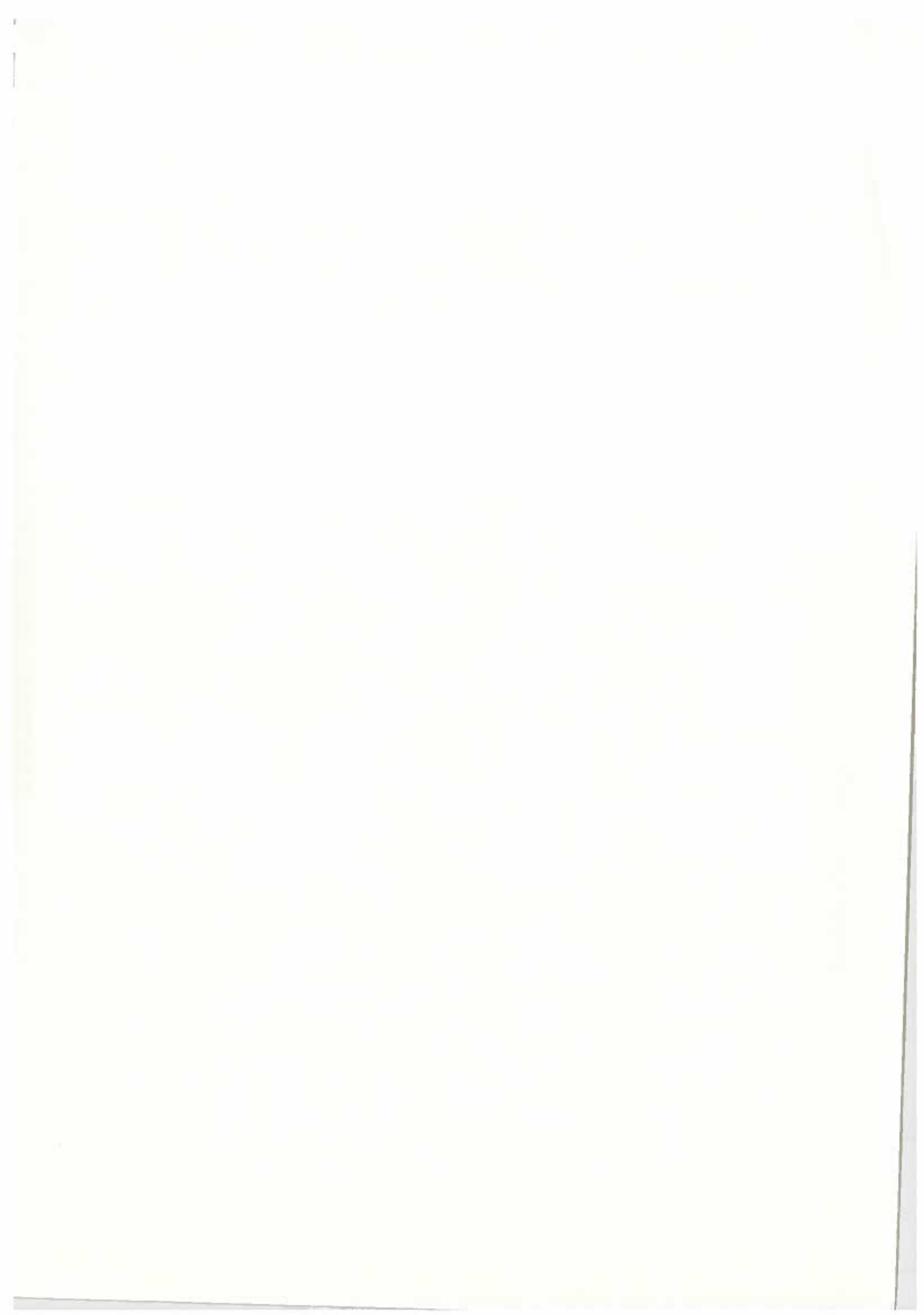


A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

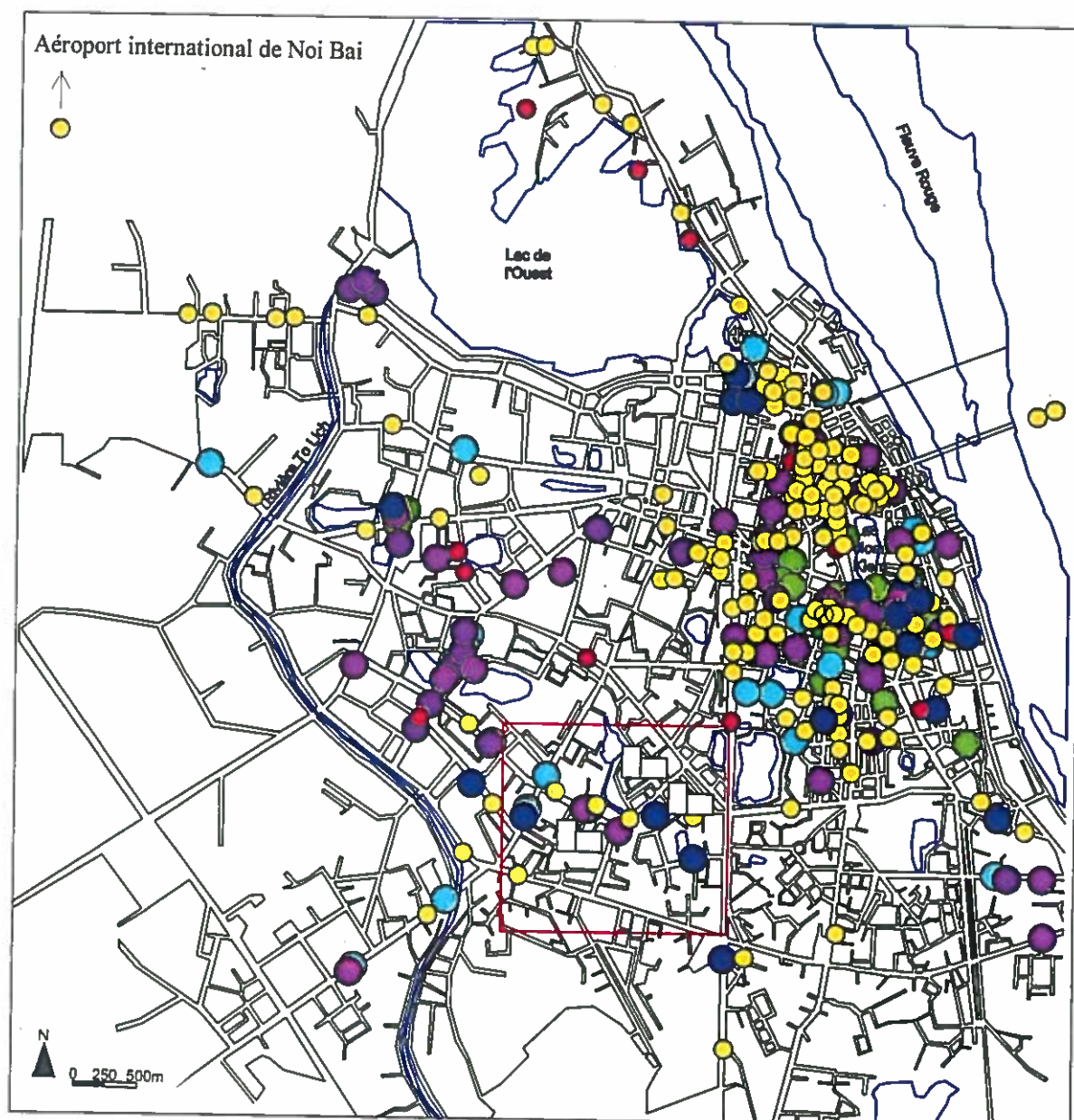


Secteur considéré

Auteur : MLCAM.



Carte XIV : le sud de l'arrondissement Dong Da : une diversité d'activités tertiaires liées aux grands ensembles d'habitat collectif.



● **Finances**

Informatique.

● A capitaux étrangers.

● A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Banques.

● A capitaux étrangers.

● A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Hôtels.

● A capitaux étrangers.

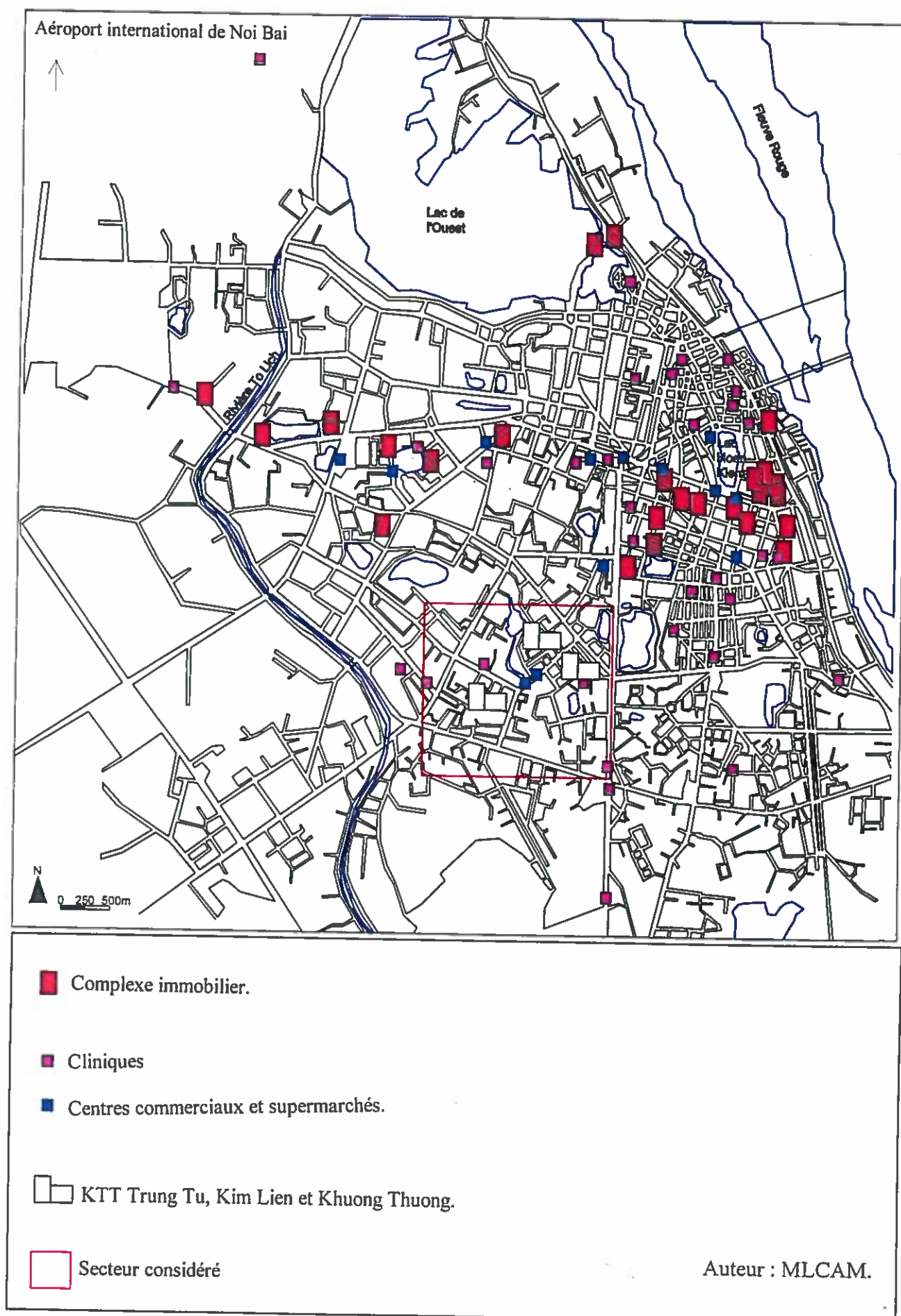
● A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

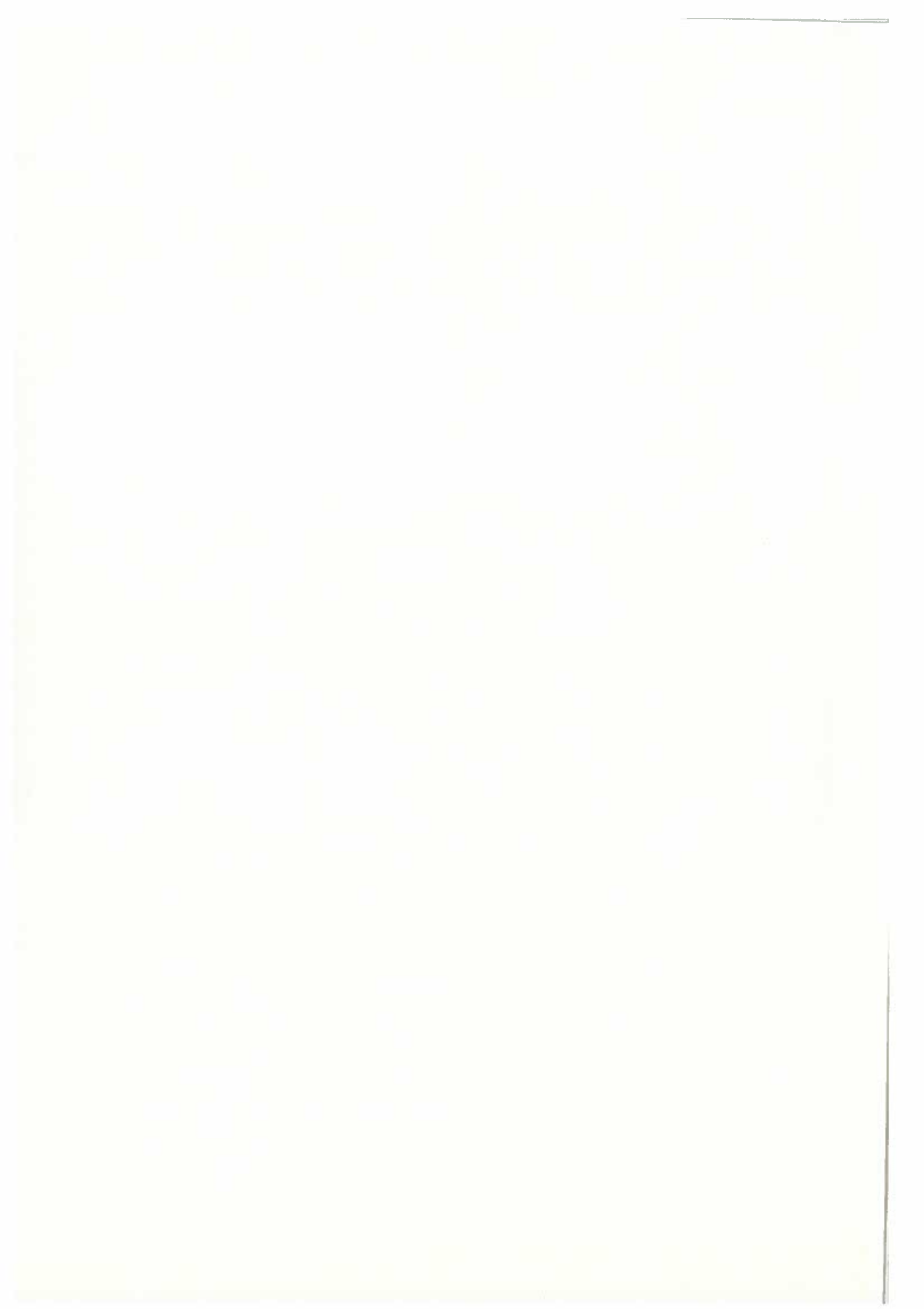
□ KTT Trung Tu Kim Lien Khuong Thuong

□ Secteur considéré

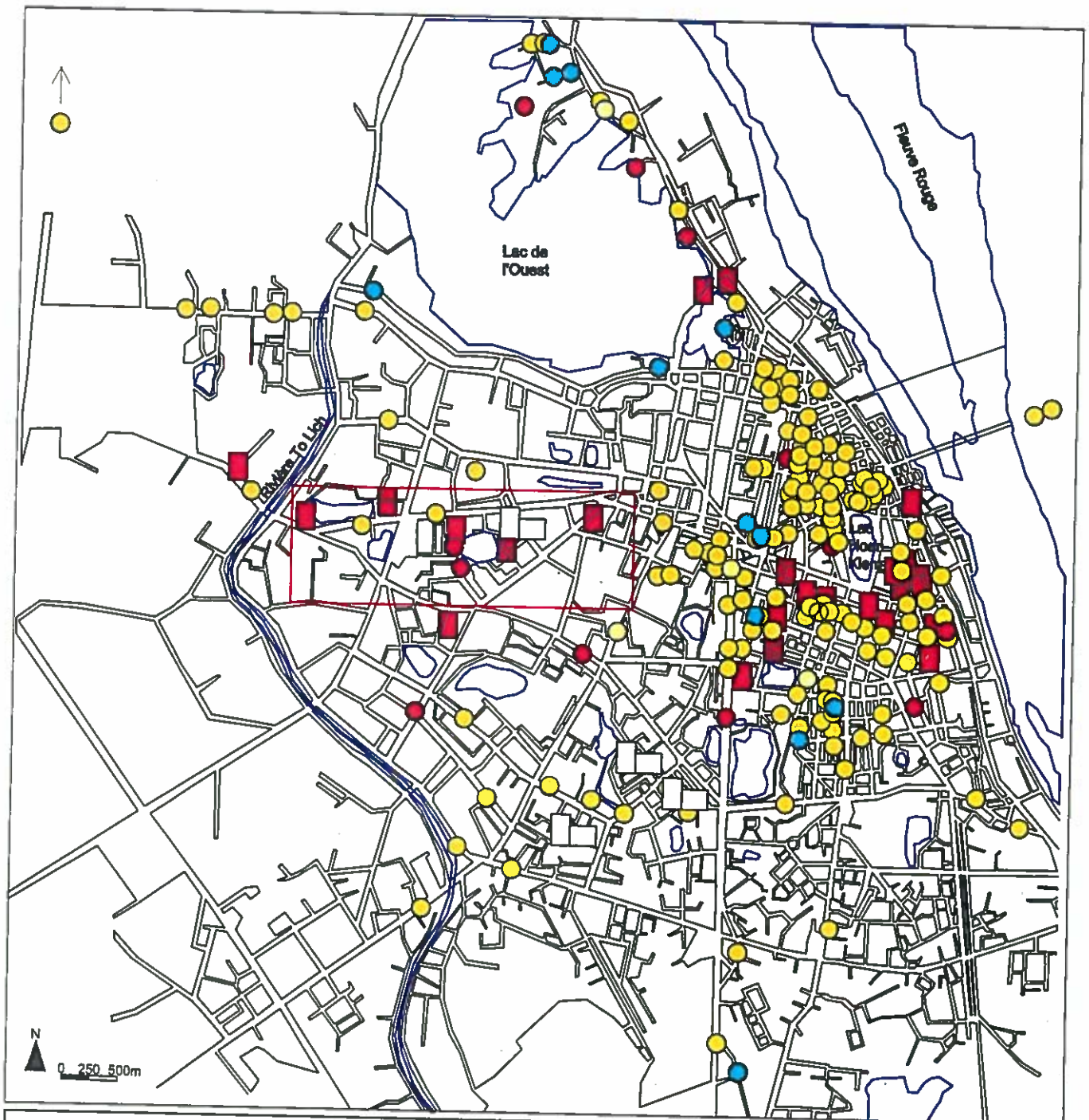
Auteur : MLCAM.

Carte XV : le sud de l'arrondissement Dong Da : un bon niveau d'équipements lié à la densité de population.





Carte XVI et XVII : le triangle Kim Ma – Nguyen Chi Thanh et Giang Vo : la montée en puissance d'un centre secondaire.



Complexe immobilier.

Hôtels.



A capitaux étrangers.



A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Appartements de haut standing.



A capitaux étrangers.



A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

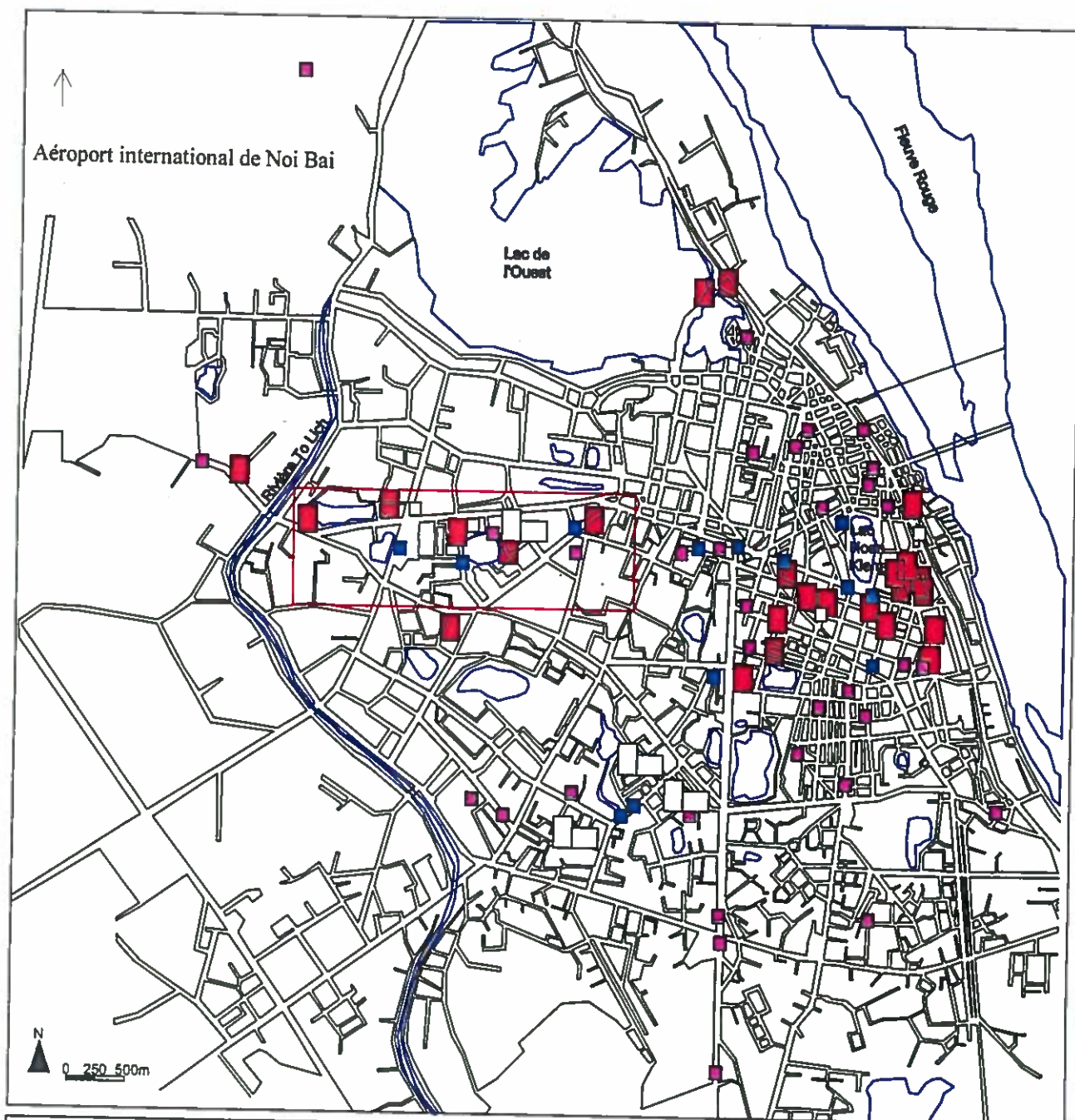


KTT Giang Vo



Secteur considéré

Auteur : MLCAM.



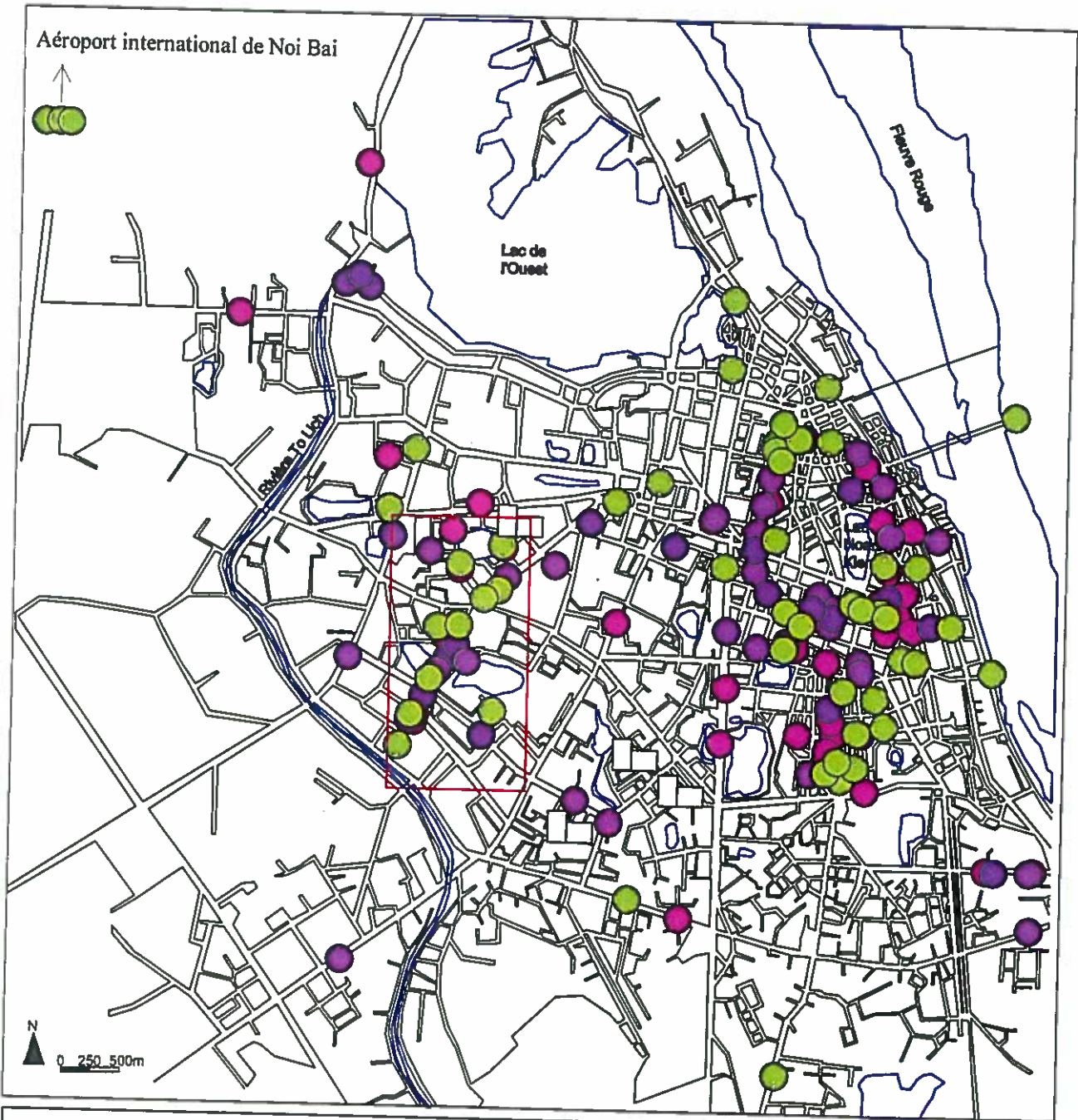
- Complexe immobilier.
- Parc de stationnement.
- Cliniques.
- Centres commerciaux et supermarchés.

KTT Giang Vo

Secteur considéré

Auteur : MLCAM.

Carte XVIII : la rue Lang Hà : l'émergence d'un centre d'activités spécialisé.



Informatique.

- A capitaux étrangers.
- A capitaux vietnamiens ou origine indéterminée.

Investissement.

-  **Commerce et import-export.**



Secteur considéré

Auteur : MLCAM.

BASE DE DONNEES

Activité	Nom de la société	Forme juridique de la société	N° rue	Nom de la rue
Complabilité et Audit	Arthur Andersen Vietnam	100 % étrangère	44 B	Hanoi Central Office Building - Ly Thuong Kiet
	Ernst and Young Co.	100 % étrangère	360	Daeha Center - Kim Ma
	Grant Thornton	100 % étrangère	25	Tran Binh Trong
	KPMG	100 % étrangère	256	Bà Triều
	Pricewaterhousecoopers	100 % étrangère	17	International Center - Ngo Quyen
Cabinets - conseils en finances			12	Duong Chua Bôc
			187	Tay Son
			89	Luong Dinh Cua
			2	Ngo Quyen
			46A	Tang Bat Hồ
			194	Tran Quang Khai
			360	Kim Ma - Daeha Center
			61	Phuong Mai
			120	Hàng Trông
			F 336 L3	Thai Thinh
Compagnies d'investissement			190B	Quan Thanh
			59	Trần Khai Chân
			192	Giai Phong
			1	Bà Triều
			18	Phan Dinh Phùng
			16	Phan Dinh Phùng
			163	Bà Triều
			63	Ly Thai Tô
			47	Phan Chu Trinh
			17	Ngo Quyen
Compagnies d'investissement			14C	Ly Nam Dê
				Thi Tran Dong Anh
			2	Vong Duc Hoan Kiêm
			14	Tran Quoc Toan
			132	Lê Duân
			6	Thai Phien
			13	Trần Khai Chân
				Giai Phong
			90	To Hien Thanh
				Techcombank
Compagnies d'investissement			15	Dao Duy Tu
			B7	Giang Vo
			8	Lang Ha
			423	Hoang Quoc Viet

MTM CO. LTD Japan External Trade Organization	125	Bui Thi Xuân
	63	Hanoi Horizon Hotel - 40 Cat Linh
VIDE CO. LTD	508	Ly Thai To
	162	Truong Chinh
Cabinets - conseils en investis Vietconsult International JVC	1	Tran Quang Khai
	364	Thai Thinh
IBC Service and Industrial Investment CO., LTD	2	Lê Duân
	40	Tung Shing Square - Ngo Quyen
Baley Burn LTD B&H Investment Consultancy Corp.	278	Phung Hung
	116	Tôn Đức Thắng
Concelli Hanoi Group Hanoi Group	55	Triều Việt Vương
	539	Lang Trung
GTZ Office Hanoi	31	Kim Ma
	48	Hai Ba Trung
Scott Wilson Asia - Pacific LTD Budeman	24A	Lang Ha
	34	Cao Ba Quat
TMC LTD	90	Ly Thuong Kiet
	445	To Hien Thanh
East West Trade Investment Ace Ina International Holdings LTD. Finansa Limited	9	Doi Can
	15	Ngoc Khanh
Cabinets-conseils juridiques Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	41	Lang Trung
	135	Ly Thai To
Ace Ina International Holdings LTD. Finansa Limited	36	Lac Long Quan
	46	Ngoc Khanh
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	4	Pham Ke Binh
	B21	Tran Hung Dao
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	4	Nguyen Hong
	2	Da Tuong
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	86A	Phan Chu Trinh
	30	To Hien Thanh
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	18	Kien Thiet Khâm Thiên
	3	Nguyen Chi Thanh
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	97	Mai Xuân Thuong
	14	Tran Quoc Toan
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	31	Thuy Khuê
	27	Hai Ba Trung
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère	15A	Hotel Binh Minh
	43	Ly Thai To
Kelvin Chia Partnership 100% étrangère		Ly Thuong Kiet
		Tran Xuan Soan

Cabinets d'avocats	DSPARIS TAI HN	15B	Triều Việt Vương
	Partnership Tai HN	4	Da Tuong
		43	Trần Xuân Soan
		35	Quốc Tu Giam
	Vovan & Assoies TAI HN	59A	Ly Thai Tô
	White & Case Tai HN	18	Hai Ba Trung
		57	Nguyen Du
		2	Xuân Đình Tu Liem
	Hajuco.LTD	67	Bà Triều
	D&N intellectual property law firm	4	Trần Hưng Đạo
	Detech	108	Nguyen Du
	Delech	47	Hoà Ma
	Drew & Napier	23	Lang Ha
		30	Phan Bôi Châu
	IBCí	161	Kim Nguu
		116	Triều Việt Vương
	LEADCO	22	Lang Thuong
		27	Lê Ngọc Hân
	Vision & Associates	116	Triều Việt Vương
Cabinets d'avocats	I & Associates	46	Quốc Tu Giam
		17	Ngô Quyên
		6	Da Tuong
		31	Lê Ngọc Hân
		65	Trang Thi
	Vinajuco	142	Giang Vo
	Baker & Mckensle	63	Ly Thai Tô
	Coudert Brothers Tai HN	50	Bui Thi Xuân
	Ansaldo lawyer Italy	56	Metropole center - Ly Thai Tô
	Hanoi Law CO., LTD	25	Lê Đại Hành
		131	Bui Thi Xuân
	D & N intellectual property law firm	4	Trần Hưng Đạo
	Deacons Vietnam	31	Hai Ba Trung
	Flecheux, Ngo, Lussian Associates	15	Sofitel Metropole - Ngo Quyen
	Freehills	17	Sofitel Metropole - Ngo Quyen
	Freshfields	17	Sofitel Metropole - Ngo Quyen
	Gide Loyrette	56	Metropole center - Ly Thai Tô
		54	Lê Văn Huu
Johnson Stokes & Master		47	Lê Hồng Phong
		29	Truong Han Siêu
		27	Ly Thai Tô

Lê & Lê

Lucy Wayne & Associates

Pham & Associates

Phillips Fox Hanoi

Quang Minh Law Firm

Russin & Vecchi LLP

Vielbid Law Firm

Tilleke & Gibbins

?

Cabinets - conseils en marketing

Vietnam Marketing Centre

Analyse et recherche de marché Acnelisen

Taylor Nelson Sofres VN

Dong Duong Research Co.

Cabinets - conseils en construction

100% étrangère

Fluor Daniel Eastern INC.

Hyder - CDC

Industrial and Mine Investment Consulting Company
T.A.T.

Tasei Corporation

Estate Trading and Investment

CIMAS Design Consultancy

Consulting Engineers

Song Da Ucrin Construction

Commerce

VSTAR CO. LTD

116

Triều Việt Vương

59A

Press Club Center - Ly Thai Tô

8

Tran Hung Dao

50

Triều Việt Vương

2

Hai Ba Trung

44B

Ly Thuong Kiet

27

Ly Thai Tô

30

Hôtel - Nguyen Du

1

Nguyen Gia Thiêu

Nguyen Chi Thanh

121

Truc Bach

105

Nguyen Van Cu

22

Lê Ngọc Hân

27

Trang Tiân

23

Sun Red River Building - Phan Chu Trinh

164

Trần Quang Khai

286-288

Bà Triều

46

Ngo Quyen

92B

Tho Nhuom

17

Ngo Quyen

Thành Công

Press Club - Ly Thai Tô

59A

Quan Su

65

Nguyen Trai Thanh Xuân

565

Bui Thi Xuân

5

Ly Thuong Kiet

44B

Bà Triều

102

HITC - Xuan Thuy

239

Tue Tinh

100

Than Xuan Nam

12

Nguyen Công Tru

11

Pho Huê

270

Gia Lam

14B

Pho Huê

54

Ly Nam Dê

19

Nguyen Siêu

101

Nguyen Van Cu

K82

Dang Tiên Đồng

54

Công Vi

Ha Dinh

117	Ngoc Khanh
3B	Giang Vo
7A	Vong Duc
30	Thi Sach
77B	Pho Duc Chinh
46B	Tran Cao Van
3/14B	Hai Ba Trung
	Ly Nam De
	Thanh Cong Nam
29B	Nguyen Thai Hoc
289	Giang Vo
5	Lang Ha
55B	Hang Col
8B	Ngô Quyên
16	Huong Viên
28	Tran Hung Dao
48	Lang Ha
147	Hàng Bông
64	Trần Quốc Toàn
99	Lê Duẩn
25	Trần Khanh Du
2	Hàng Chi
	Noi Bai
D4	Giang Vo
73	Bach Dang
13	Ly Nam De
6	Thai Phien
93	Lang Ha
2	Lê Phung Hieu
	Noi Bai
	Noi Bai
108	Truong Chinh
10	Trinh Hoai Duc
15	Yen Phu
2 bis	Tran Hung Dao
	Gia Lam
136B	Truong Dinh
30C	Nguyen Cong Tru
16A2B	Ly Nam De
9	Lieu Giai

Visco

Weixin Cargo services CO. LTD

Xalolho CO. LTD

ALC CO. LTD

SATRA Corp
 Illies & Co
 Tedis S.A.
 Organon
 International Private Limited
 China North Industries Corporation
 Hanoi Trade Promotion Centre
 TTCI

Développement de logiciels in Acnielsen

BSC
 CICAT
 COCO
 FINTEC

Dynamic Solutions Vietnam

Fast
 HOB0 Hanoi
 ISC

Microsoft

Paragon Solutions

VASC

154	Pho Hué
4	Đa Tuong
2	Hang Bai
104	Trần Hưng Đạo
31	Hai Ba Trung
360	Kim Ma
10	Lê Lai
80A	Lang Ha
23	Phan Chu Chinh
	Lang Trung
39A	Thuy Khuê
51	Van Miêu
5	Dinh Lê
2	Chuong Duong Đỗ
15	Dao Duy Tu
	Hào Nam
63	Nguyễn Công Hoan
258	Bà Triều
18	Nguyễn Du
91	Hàng Ma
23	Lang Ha
	Lang Trung
38B	Ly Nam Dê
26	Lang Ha
562	Minh Khai
275	Nguyễn Trại
7C	Pham Ngoc Thach
18	Nguyễn Chi Thanh
133	Thai Hà
12	Lê Dai Hành
41	Ly Nam Dê
2	Hanoi Tung Shing Square - Ngo Quyen
89	Chua Bóc
23	Lang Ha
23	Lang Ha
102	Nguyễn Chi Thanh
89B	Ly Nam Dê
34A	Trần Phú
39	Mai Đông
99	Triều Việt Vương

Vietsoft

Cabinets - conseils en système informatique

97	Trần Quốc Toàn	
12	Nguyễn Công Tru	
67C	Hàm Long	
	Quang Trung	
79	Bà Triều	
258	Bà Triều	
18	Nguyễn Du	
23	Phan Bội Châu	
108	Lê Duẩn	
27	Ly Thái Tô	
18	Nguyễn Chí Thanh	
110 K1	Giang Võ	
23	Lê Văn Hữu	
37	Lê Đại Hành	
5	Tôn Thất Thiệp	
14	Hàng Bè	
16A	Ly Nam Đế	
49	Hai Bà Trưng	
27	Dương Thái Thân	
14	Thủy Khuê	
89	Thọ Nhuôm	
6B	Fortuna Hotel - Lang Ha	
95	Bà Triều	
14	Thủy Khuê	
40A	Horison Hotel - Cát Linh	
25C	Lang Ha	
32	Lang Ha	
	Somerset - Cua Nam	
57	Quang Trung	
360	Daewoo - Kim Ma	
31	Central Building - Hai Bà Trưng	
17	Ngo Quyen	
2	Tung Shing Square - Ngo Quyen	
23	Phan Chu Trinh	
360	Kim Ma	
50	Thị Sách	
14	Lê Thái Tô	
184-186	Bà Triều	
15	Dang Dung	
12	Hai Bà Trưng	

Cisco Systems Vietnam CO. LTD 100% étrangère

Coco Software 100% étrangère

Compaq Computer 100% étrangère

DATA-CRAFT 100% étrangère

FUJITSU Computer systems 100% étrangère

GETRONICS LTD.

IBM Vietnam Co. 100% étrangère

R.I.M. Technologies Vietnam 100% étrangère

SAT Vietnam Co. 100% étrangère

Slamel Vietnam Co. 100% étrangère

Transinfolech 100% étrangère

Vietnam Trade Network JVC

VNET Software JVC

AON Inchinbrok Insurances Ser JVC

Cunningham Lindsey Internatioi ?

United Insurance Co of Vietnam JVC

Vietnam International Assurance JVC

ABN-AMRO Bank 100 % étrangère

ADAMAS Bank 100 % étrangère

ANZ Banking Group 100 % étrangère

Asia Commercial Bank JSC

Asian Development Bank

Bankgesellschaft Berlin AG

Assurances

Banques

Asia Pacific Commercial	JSC	117	Thái Hà
Bank of America NT & SA HN Bra	?	215	Tây Sơn
		344	Bà Triệu
		27	Ly Thuong Kiệt
		37	Hàng Bò
		126	Đoi Cấn
			Quan Chính Gia Lâm
		306	Bà Triệu
		275	Dương Nguyễn Trãi
		198A	Nguyễn Trãi
		48	Lê Thanh Tông
		263	Cau Giấy
		78	Nguyễn Du
		29	Nguyễn Đình Chiểu
		24	Lang Ha
		77	Lac Trung
		14	Yên Phú
		63	Ly Thai Tô
		43	Châu Long
		55	Quang Trung
		17	Ngo Quyen
		62	Nguyễn Du
		10	Trảng Thi
		53	Quang Trung
		35	Quan Thanh
		360	Kim Ma
		198	Vietcombank Tower - Tran Quang Khai
		68	Hai Ba Trung
		63	Ly Thai Tô
		360	Daeha - Kim Ma
		27	Ly Thai Tô
			Tower 649 - Kim Ma
		96	Bà Triệu
		63	Ly Thai Tô
		41B	Ly Thai Tô
		2	Nha Tung Shing Square - Ngo Quyen
		187	Tay Son
		2	Ngo Quyen
		194	Trần Quang Khai
		360	Daeha - Kim Ma
The Fuji bank limited	100% étrangère		
Chinlon Commercial Bank	100 % étrangère		
City Bank	100 % étrangère		
Crédit Lyonnais	100 % étrangère		
Deutsche Bank	100 % étrangère		
HSBC			
Indovina	JVC		
JBIC			
Korea Exchange Bank	100 % étrangère		
Landesbank Baden - Wurtemberg			
Lao Viet Bank	JVC		
Maybank			
Bangkok Bank Public Company	100 % étrangère		
Bayerische Hypo UND Vereinsbank			
Industrial and Commercial Bank of VN			
HANVIT Bank	100 % étrangère		

Techcombank	49	Ly Thai Tô
Nova Scotia Canada	2	Lang Ha
Société Générale	24	Lang Ha
Standard Chartered Bank	4	Da Tuong
The Bank of Tokyo - Mitsubishi, LTD.	15	Dao Duy Tu
American Express Bank	17	Ngo Quyen
Commonwealth Bank of Australia	44B	Ly Thuong Kiêt
Dresdner Bank AG	49	Hanoi Towers - Hai Ba Trung
BNP Paribas	56	Ly Thai Tô
Crédit Agricole Indosuez	43E	Ngo Quyen
Nalaxis Banque BFCE	31	Central Building - Hai Ba Trung
Chase Manhattan Overseas Corporation	31	Central Building - Hai Ba Trung
VID Public Bank	56	Ly Thai Tô
	53	Quang Trung
	26	Nguyen Huy Tu
	31	Hai Ba Trung
	2	Ngo Quyen
	18	Nguyen Du
	43	Nguyen Truong Tô
Asean	37	Ma May
Asia	6_8	Chua Bôc
		Cua Dong
	87	Nguyen Thai Hoc
Lake Side Hotel	57A	Quang Trung
	23	Ngoc Khanh
	88A	Mai Hac Dê
Binh Minh	4	Thong Phong
Bông Hồng	56	Ngô Huyen
	373	Bach Mai
Capital Garden Hotel	34	Hang Bun
Chau Thanh	48A	Lang Ha
	48	Hang Ga
	78	Dai Co Viêt
	34	Hàng Hánh
Dragon CO.LTD	48	Xuân Diệu
Dragon CO.LTD	40A	Cat Linh
	9	Cho Thi Trân
	33C	Pham Ngu Lao
Thanh Hoa	25A	Quang Trung
	65	Quan Su

Hanoi Royal Hotel LTD.	JVC	Dong Da	22A	Hai Ba Trung
			295	Lê Duẩn
			31	Hai Ba Trung
			14B	Trần Bình Trọng
			10	Phạm Ngọc Thạch
			16	Bùi Thị Xuân
			20	Chùa Bộc
			30	Hàng Đào
			253	Pho Vong
			70	Độc Hoàng Hoa Tham
Victory Villa Bleue			30	Nguyễn Công Tru
			29	Trang Tiền
			73	Bà Triệu
			17A	Trần Hưng Đạo
			20	Tổng Duyệt Tân
			5	Nguyễn Du
			9	Trần Quý Cáp
			82	Lý Thường Kiệt
			94	Lý Thường Kiệt
			70	Nguyễn Khuyến
Elegant Hotel			291	Phở Huế
			21	Nam Ngự
			3B	Tổng Duyệt Tân
			113-115	Lê Duẩn
			110	Thái Thịnh
			37A	Lý Nam Đế
			3A	Phan Đình Phùng
			78	Thọ Nướm
			43B	Ngô Huyện
			126	Lê Duẩn
Hacinco			1A	Yết Kiêu
			18	Hàng Hòm
			625	Là Thanh
			1	Lê Thanh Tông
			35	Hàng Bò
			27	Lý Thường Kiệt
			59	Nguyễn Văn Cú
			209	Cầu Giấy
			20	Hàng Tre
			99	Xuân Diệu
Eden	JVC	Hotel Hang Nga Heritage Hilton Hanoi Opera Hotel Hoa Linh Hotel Hoa Bình	22A	Hai Ba Trung
			295	Lê Duẩn
			31	Hai Ba Trung
			14B	Trần Bình Trọng
			10	Phạm Ngọc Thạch
			16	Bùi Thị Xuân
			20	Chùa Bộc
			30	Hàng Đào
			253	Pho Vong
			70	Độc Hoàng Hoa Tham
Hoang Gia Hoang Gia			30	Nguyễn Công Tru
			29	Trang Tiền
			73	Bà Triệu
			17A	Trần Hưng Đạo
			20	Tổng Duyệt Tân
			5	Nguyễn Du
			9	Trần Quý Cáp
			82	Lý Thường Kiệt
			94	Lý Thường Kiệt
			70	Nguyễn Khuyến

Quốc Hoa	421	Hoang Quoc Viêt
Hotel Wíng	57	Hàng Trống
Hồ Guom	10	Bat Dan
Hồ Tây	23	Hàng Non
Hong Ha Tourist Service Company	76	Hàng Trống
Hong Ha Hotel	3	Pho Duc Chinh
Hong Ngoc	204	Trần Quang Khai
	78	Yên Phú
	14	Lương Văn Can
Hung Hiép	32	Thuoc Bac
	6C	Dương Thanh
23 Lê Thanh Tông	23	Quan Thanh
Hotel 30/4	23	Lê Thanh Tông
	115	Trần Hưng Đạo
Diên Luc	1A	Tang Bat Hồ
	30	Ly Thai Tô
	25	Trần Hưng Đạo
San Bay Noi Bai	33	Ngo Van Chuong
		Lê Tấn
Youth Hotel	297	Kim Ma
	33	Lương Văn Can
Kim Cương	20	Thế Giao
Kim Liên	95	Hàng Bông
Kim Toàn		Đào Duy Anh
Kính Đô	135	Hàng Bông
La Thanh	93	Lo Duc
	218	Đôi Cánh
Long Hung	134	Hoang Quoc Viêt
	32B	Ly Thay Tô
	53	Cau Giay
Melody Hotel	17	Hàng Dương
Minh Duc	38	Hàng Cháo
Minh Viêt	41	Hàng Bè
Mua Xuấn	145	Lê Duẩn
My Kinh	72-74	Hàng Bướm
My Linh	955	Giới Phong
My Nga	90B	Bùi Thị Xuân
Nam Dê	14A	Ly Nam Dê
Nam Long	50	Quốc Tu Giám
Nam Phuong	210	Trần Quang Khai

JVC

Nam Phuong			17	Tong Dan
Ngoc Khanh Hotel CO. LTD	JVC		84	Nguyen Trai Thanh Xuân
Ngoc Thuy			8	Ngoc Khanh
Ngoc Tung Hotel			30	Hang Bac
			37	Hang Cot
Nhai My			79	Hung Vuong
Nha Trang			56	Mai Hac De
Nhi Long			481	Xuan Dieu
O Sin			80	Tran Khai Chan
Opera Business Center Joint Vent JVC			6	Mai Hac De
Phan Thai			44	Trang Tien
Phoenix			43	Hang Giay
			136	Triều Việt Vương
			124	Hang Trong
			4	Yên Phú
Phuc Loi			109	Nha Chung
Phung Hung Hotel			2	Nguyen Truong Tô
Orient Hotel	JVC		16	Duong Thanh
Phuong Dong			5	Hang Ha
Green Park			48	Nguyen Biêu
			23	Trần Nhân Tông
			61B	Nguyen Công Tru
Prince Hotel			96A	Truong Chinh
			27A	Hai Ba Trung
Quan Yen CO.LTD			45	Tô Ngọc Vân
Quoc Trinh			27-29	Hoà Ma
Quoc Trinh			62	Hà Trung
			A27	Cầu Gỗ
Red Hotel			97	Hoang Quoc Viet
Gold Dragon CO.LTD			22A	Nguyen Truong Tô
Sai Gon			80	Cat Linh
Sunway Hotel Hanoi	JVC		19	Ly Thuong Kiel
Tandoor Restaurant			24	Pham Dinh Hô
Tay Ho Hotel			58	Hàng Bè
Tan Hong Trading and Tourism CO., LTD			63	Tây Hồ
			366	Hàng Bùn
			35	Duong Bui
Thanh Binh			34	Tho Nuôm
Thanh Ha			73	Hàng Gà
Thanh Long				Ma May

Thanh Mai	Duong Tam Trinh	353
Thanh Nhàn	Thanh Nhàn	131
	Hoảng Quốc Việt	
	Yến Phú	
	Nguyen Van Cu	24
Galaxy CO. LTD	Phung Hung	1
	Nam Ngu	31
Thu Do Joint Stock Tourism Trading & Investment Company	Trần Hưng Đạo	109
Thu Huong	Tô Ngọc Vãn	24
Thu Huong	Thái Hà	73
Thu Huong	Nguyen Trương Tô	97
Thu Do	Pham Ngu Lao	33B
Thuy Lam Hotel	Hàng Gà	17B
	Nguyen Thai Hoc	9
Tiên Long	Quang Ninh	
Tôm CO.LTD	Ly Quoc Su	13
	Hàng Gai	58
	Dôi Can	216
Tu Linh Hotel	Hàng Gà	28
	Bui Thị Xuân	13
	Hàng Trống	57
Vạn Xuân	Luong Ngoc Quyen	15
	Quang Ninh	
	Duong Lang	26
Viết Anh	Cua Dong	22
Viết Hà	Nguyen Khuyển	98
Viết Long	Tuê Tinh	116A
Viết My Hotel	Nguyen Khuyển	34-36
Vinh	Cau Gô	64
Vinh Quang Hotel	Hàng Quat	24
	Triều Việt Vương	140
Victoria Vietnam Group	Pham Ngu Lao	33A
Coco International CO.LTD	Thuy Khue	14
Sedona	Ngoc Van Quang Ba	
Golden Villas (Golden Lodge Resort)	Tay Hồ	2
	Cầu Giay - Tu Liêm	
	Kim Liên	B13
	Tôn Đức Thang	124
	Nam Tráng	11-13-15
Hamai	Trang Tiên	24

Mayfair Hanoi LTD.	JVC	34B	Tran Phu
Somerset West Lake Tai Tam C0, LTD.	JVC	4 254D 5 35 72 3 15 172	Da Tuong Thuy Khue Ho Xuân Huong Le Duân Xuân Diêu Pho Thanh Công Tô Hiến Thành Bà Triều
Complexes immobiliers		63 Ly Thai To 31 Hai Ba Trung 360 Kim Ma 49 Hai Ba Trung 17 Ngo Quyen 56 Ly Thai To 59a Ly Thai To 23 Phan Chu Trinh 198 Tran Quang Khai 6 Lang Ha 44b Ly Thuong Kiet 28 Thanh nien Cau Giay, Tu Liem 40 Cat Linh 53 Quang Trung 6 Ngoc Khanh 2 Ngo Quyen 649 Kim Ma 104 Tran Hung Dao 83a Ly Thuong Kiet 30 Nguyen Du 1 Thanh nien 84 Trần Nhân Tông D8 Giang Vo 1 Lê Thanh Tông	

Centres commerciaux

- 7 Thi Tran Duc Giang
- 376 Kham Thiên
- Nguyen Trai
- 198 Lo Duc
- 71 Nguyen Công Tru
- 32 Lê Thái Tô
- 61 Hàm Long
- 12 Trảng Thi
- 1 Bà Triều

Supermarchés

- H&T Minimart
- Seiyu

Garages et parcs de stationnement

- 83B Ly Thuong Kiet
- 31A Nguyen Chi Thanh
- 114 Nguyen Khuyen
- 8 Pham Ngoc Thach
- 60 Thi Nhâm
- 36 Cat Linh
- 2B Pham Ngoc Thach
- A2 Ngoc Khanh
- Dich Vong
- Gia Lâm
- 2 Ngoc Khanh

restaurants cuisine internationale

- Cafe Paradise
- La Brasserie
- Tell Swiss
- Chin Deli
- Chin Deli
- Palm Café
- Little Dream
- Akatonbo
- Benkay
- Chie
- Edo
- Mizuumi
- Ohan
- Show
- President Gardens

- Tran Quang Khai
- Triều Quoc Dat
- 83A Ly Thuong Kiet
- 84 Trần Nhân Tông
- 1 Ngoc Khanh
- 18 Trần Huy Liệu
- 13B Hai Ba Trung
- 6B Lang Ha
- 9 Pham Su Manh
- 646 V Tower - Kim Ma
- 84 Trần Nhân Tông
- 73 Triều Việt Vương
- 360 Daewoo hôtel - Kim Ma
- 76 Yen Phu
- 322 Bà Triều
- 244 Bà Triều
- 14 Tổng Dan

La Brasserie
Le Beaulieu
Brasserie Taller
El Patio
Green Wave
La Salsa
Le Mayeur
The Restaurant
Lotus
Popeye & Hong Thong
Siam Corner
Thai Lan
Il Grillo
A Little Italian
Hacinto
Quoc Hoa
Mamarosa
Nha Hang Italia
Pepperonis Hoa Quynh Cafe
Terrazza 2
Tandoor

84 Trần Nhân Tông
15 Ngô Quyền
1 Thanh Nien
44B Ly Thuong Kiet
D8 Giang Vo
25 Nha Tho
40 Hanoi Horizon Hotel - Cat Linh
59 Press Club - Ly Thai To
44B Hôtel Melia - Ly Thuong Kiet
82 Ly Thuong Kiet
Orient park - Quang An
3B Cha Ca
116 Bà Triệu
78 Tho Nhuom
110 Thai Thinh
10 Bat Dan
6 Lê Thai To
109 Ma May
29 Ly Quoc Su
A5 Giang Vo
24 Hàng Bè
1 Hàng Hòm
98 Nguyễn Hữu Huân
42 Ngô Thị Nhâm
3 Trần Hưng Đạo
Cua Đồng
101 Dương Giai Phong
83 Dương Giai Phong
9 Vạn Miêu
Lang Thuong
6 Trần Hưng Đạo
Mai Huong
84 Trần Nhật Duật
125 Thái Thịnh
203 Chùa Bộc
Thị Trần Gia Lâm
136 Bà Triệu
69 Hàng Luộc

18 Hàng Bạc
38 Hàng Mã
89 Trần Khai Chân
5 Lê Đại Hành
235 Phố Huế
517 Dương Giai Phong
27 Dương Tam Chính
C5 Trần Huy Liệu
55 Châu Long
Xuân Đình Tu Liêm
Thịnh Quang
Kim Liên
16B Phố Huế
104 Yết Kiêu
79B Nguyễn Khuyến
107 Trần Hưng Đạo
24 Cau Vuốt Cầu Diên Tu Liêm
C12 Bai Cát Linh
66 Ngô Quyền
Thị Tran Van Diên
25 Thái Thịnh
262 Cầu Giấy