

RESUME

L'espace dans lequel nous évoluons n'est pas homogène. Les services et activités sont répartis au sein de celui-ci et sont organisés en réseaux, opérant à des échelles spatiales et temporelles diverses. Les individus effectuent des déplacements plus ou moins longs, fréquents et pour des motifs divers, en utilisant des modes de transport individuels et collectifs. Ils doivent disposer d'une offre de transport fiable, évolutive et à capacité suffisante pour se déplacer.

Le déséquilibre modal tel qu'on l'observe actuellement est générateur de nombreuses nuisances, notamment environnementales, et nécessite des actions afin d'en limiter l'ampleur et les effets négatifs.

Cette recherche a pour vocation générale d'aborder la question de la performance adaptative des transports en commun, facteur important de leur développement. En étudiant en particulier la question de leur vulnérabilité, elle vise notamment à mieux comprendre les articulations entre l'Aménagement des transports et leur exploitation. En effet, les choix d'Aménagement (création d'une nouvelle ligne, renforcement de pôles d'échanges, modification de la structure horaire...) ont des conséquences à long terme sur le fonctionnement des systèmes de transport (adaptation à des perturbations, gestion des flux des voyageurs, etc.). Comment mesurer les conséquences de ces choix sur l'adaptabilité à des perturbations au niveau de la structure du réseau et du fonctionnement du système ?

De manière progressive et grâce aux progrès technologiques, l'information a trouvé sa place dans le fonctionnement des transports collectifs. Elle est devenue un élément fondamental de la qualité de service et l'amélioration de l'information en situation perturbée est actuellement une des priorités majeures pour les opérateurs. **Dans quelle mesure l'information des voyageurs contribue-t-elle à la régulation de situations perturbées ?**

- quel apport pour les voyageurs et les opérateurs de transport ?
- dans quelle mesure ces apports sont-ils compatibles ?

Ce travail porte sur la vulnérabilité structurelle et fonctionnelle du système de transport et non sur les perturbations du système urbain liées à des perturbations de l'offre de transport. L'approche structurelle a pour but d'étudier les dommages potentiels structurels et la vulnérabilité associée, c'est-à-dire les modifications des potentialités relationnelles du réseau compte tenu de sa nouvelle configuration. La vulnérabilité fonctionnelle mesure « *la dégradation des services assurés par le réseau* » en fonction des endommagements. Elle

Coquio Julien

intègre la demande, l'utilisation du réseau par les voyageurs (Gleyze, 2005), mais aussi les moyens de régulation. Nous travaillons ici sur deux types de perturbations :

- interruptions de trafic sur des tronçons du réseau,
- mouvements sociaux entraînant la mise en place de Plans de Transport Adaptés.

La régulation des situations perturbées est de manière large relative à la limitation de l'écart entre une situation normale, de référence, et la situation perturbée grâce à des actions pouvant s'exercer à la fois au niveau de l'offre et de la demande de transport. Dans le domaine ferroviaire, le terme de régulation est employé pour la gestion des circulations et donc de l'offre. Néanmoins, inclure les voyageurs et l'information qui leur est diffusée est fondamental. Nous nous focalisons sur les effets potentiels de l'information, liés aux changements de comportements induits des voyageurs, et notamment leur réorientation lors de situations perturbées grâce à des itinéraires de substitution. De nombreux travaux de recherches portent sur les choix faits avant le déplacement (mode, heure de départ, itinéraire...) mais peu d'entre eux portent sur les choix au cours de la séquence de déplacement. Or, le développement des technologies contribuant à une meilleure diffusion de l'information a pour conséquence la nécessité de mieux connaître leurs effets.

Quantifier le rôle de l'information est fondamental car l'information est généralement abordée à travers ses aspects qualitatifs dans le service proposé (ex : confort du voyageur, image du transporteur) alors que des réorientations facilitées des voyageurs peuvent avoir des influences non négligeables sur les temps de parcours (critère quantitatif).

La démarche adoptée dans cette recherche est résumée dans le schéma ci-dessous.

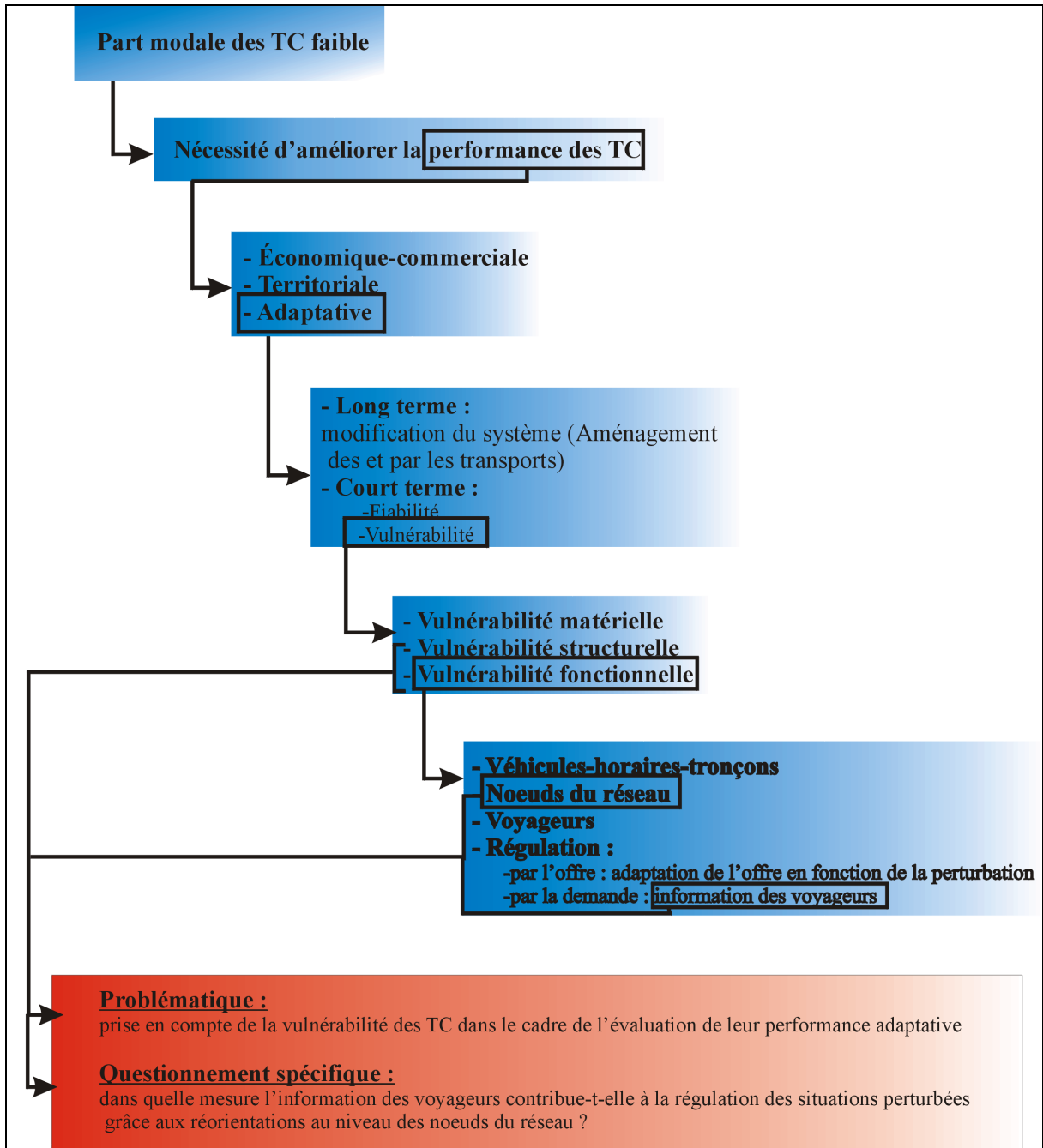


figure 1 Démarche adoptée dans le cadre de cette recherche

Afin de structurer la réflexion, sept hypothèses à discuter sont définies.

Les hypothèses

➤ **Champ de la vulnérabilité structurelle :**

H1. Une augmentation du maillage permet de diminuer la vulnérabilité structurelle à des perturbations.

H2. Les conséquences des perturbations varient fortement en fonction de la situation des nœuds du réseau : localisation par rapport à la perturbation, nombre de lignes les desservant.

H3. Les conséquences structurelles des perturbations varient dans le temps.

H4. Les conséquences d'un mouvement social sont très variables en fonction des ressources disponibles, des priorités de circulation retenues.

➤ **Champ de la vulnérabilité fonctionnelle :**

H5. Les conséquences de la diffusion d'information aux voyageurs sont fortement liées au maillage et à la structure horaire des axes constitutifs du réseau.

H6. L'information des voyageurs leur permet d'optimiser leurs trajets grâce à une connaissance des dysfonctionnements du réseau et une adaptation de leur comportement.

H7. Les problèmes de capacité des itinéraires de substitution peuvent fortement diminuer le rôle de la diffusion d'information, voire annuler les effets positifs.

encadré 1 Hypothèses à discuter

Le modèle PERTURB et la plate-forme de simulation, développés dans le cadre de cette thèse, ont pour objet de mesurer la vulnérabilité structurelle et fonctionnelle des transports en commun ainsi que le rôle spécifique de l'information des voyageurs dans la régulation de situations perturbées.

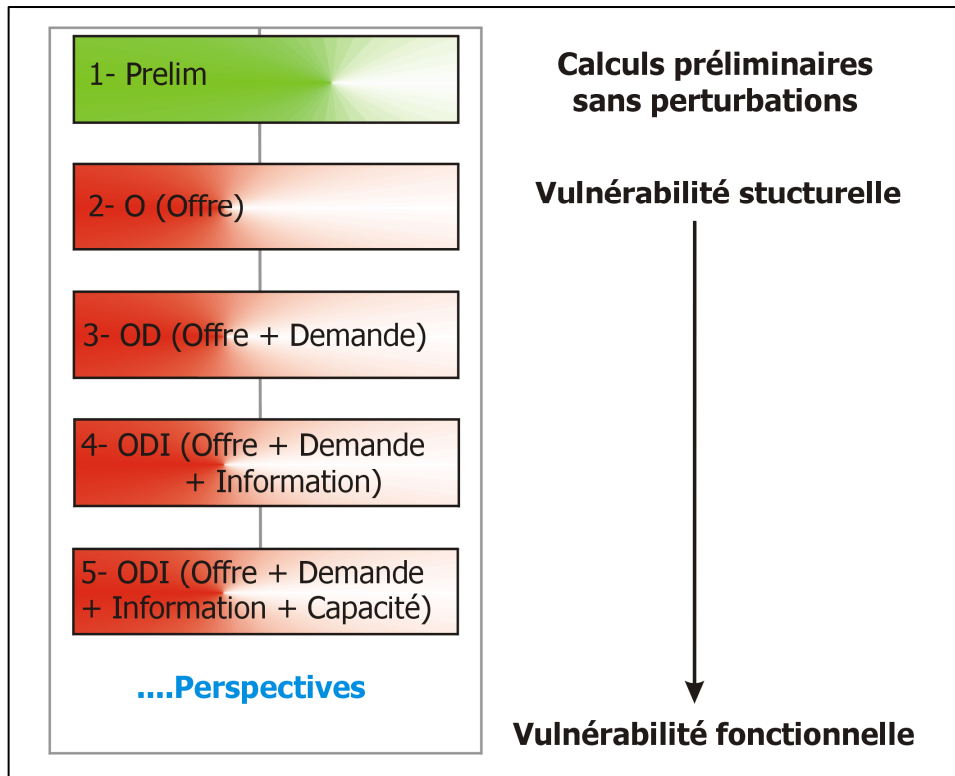


figure 2 Les 5 modules applicatifs de PERTURB (intégrant plus ou moins de paramètres)

L'analyse est multi-niveaux : ensemble du réseau, ligne, voyageur(s), etc. Elle intègre les spécificités des transports en commun. Trois champs théoriques sont mobilisés :

- la théorie des systèmes qui fournit les clés méthodologiques facilitant l'identification des éléments importants du système et les relations internes et externes à celui-ci (niveau = système de transport) ;
- la théorie des graphes pour modéliser le réseau de transport (niveau = offre de transport) ;
- Les systèmes multi-agents, afin de représenter les voyageurs par des agents possédant diverses caractéristiques et règles de comportement (niveau = individu dans le système de transport).

Après avoir modélisé le système de transport (grâce à des hypothèses de travail), il est possible d'effectuer des simulations en faisant varier plusieurs paramètres :

- offre de transport (initiale et liée à des dysfonctionnements du système) ;
- caractéristiques des agents (origine, destination, heure de départ/d'arrivée...) ;
- information diffusée (sur le plan spatial et temporel).

Coquio Julien

Nous travaillons sur la région Île-de-France, qui offre des degrés de maillage variable, ainsi que sur des systèmes théoriques de transport afin de faire varier les paramètres d'entrée du modèle PERTURB et montrer l'adaptabilité de l'outil à différents cas.

Les simulations effectuées ne permettent d'émettre que des conclusions partielles et provisoires. Les éléments que nous apportons seront ou non confortés par d'autres études et simulations et avec d'autres modèles. Néanmoins, nous mettons en évidence les principaux points suivants :

- Des augmentations du maillage peuvent conduire à de plus fortes vulnérabilités à certaines perturbations, notamment lorsque des nouvelles lignes renforcent la dépendance à des lignes déjà existantes. L'obligation d'adaptabilité semble toutefois se concrétiser le plus souvent par la nécessaire redondance (même partielle) des éléments. L'absence de maillage et de surcapacité peut être très contraignante pour l'opérateur comme pour les voyageurs lorsque certaines parties du réseau connaissent des dysfonctionnements car il n'y a pas de report possible sur des itinéraires de contournement. Les liens entre maillage et vulnérabilité doivent être approfondis.
- Les conséquences des perturbations varient fortement en fonction de la situation des nœuds du réseau : situation par rapport à la perturbation, nombre et caractéristiques des lignes les desservant.
- Les conséquences des perturbations varient sensiblement dans le temps et sont donc dépendantes du moment où intervient la perturbation (heure de la journée, période de l'année..), ainsi que de sa durée. Les variations sont très rapides en fonction des horaires de circulation et sont d'autant plus importantes que les fréquences de circulations sont faibles.
- La sensibilité liée aux paramètres de diffusion de l'information est très variable et dépend des caractéristiques de l'offre de transport et de la perturbation, ainsi que de la situation du voyageur. La situation de chaque voyageur est spécifique dans l'espace comme dans le temps. Le maillage (et donc la redondance possible) et la structure horaire sont différents selon les lieux et principalement entre la périphérie et le centre, même sans prise en compte des contraintes de capacité. En conséquence, les perturbations affectent différemment les individus et le rôle de l'information est très variable.
- Néanmoins, les gains de temps liés à une bonne diffusion de l'information peuvent être importants car les réorientations en amont d'une perturbation permettent de contourner celle-ci et de limiter la gêne occasionnée.

Coquio Julien

- Les problèmes de capacité du réseau conduisent à des situations où une diffusion rapide et transparente de l'information entraîne des temps de parcours supplémentaires pour certains voyageurs, comparativement à une diffusion moins performante.
- Les intérêts de l'opérateur et des voyageurs peuvent parfois être divergents. L'opérateur a comme objectif d'assurer le meilleur fonctionnement possible du réseau de transport, y compris en cas de perturbation, ce qui implique un raisonnement en terme de flux favorisant la majorité des voyageurs transportés aux dépens éventuels de quelques uns. La conséquence peut être un accroissement des inégalités de traitement et l'incapacité éventuelle pour certains d'obtenir une solution satisfaisante.

A la lumière des résultats obtenus, il est possible d'effectuer des préconisations générales. Même si nos expérimentations sont en grande partie de nature exploratoire, elles permettent ainsi de tirer quelques enseignements et d'apporter une contribution plus opérationnelle. Ceci constitue un objectif de toute recherche se situant dans le domaine de l'Aménagement-Urbanisme, discipline n'étant par nature pas uniquement descriptive.

- De manière générale, il nous semble pertinent d'intégrer des éléments relatifs à la performance adaptative dans l'évaluation de projets d'Aménagement. En effet, cela permet d'intégrer des éléments sur le fonctionnement et les dysfonctionnements possibles des systèmes de transport très en amont, dès l'évaluation d'un projet.
- Cela suppose d'avoir à disposition des outils facilitant cette analyse. Nous avons travaillé à la mise en place d'un modèle informatique (PERTURB) utile pour effectuer des mesures de vulnérabilité et donc susceptible de s'intégrer dans de tels processus de décision. Mais la palette d'outils à disposition des aménageurs doit s'élargir, en intégrant d'autres éléments que ceux que nous avons retenus ici.
- Il convient d'étudier comment les données sur les capacités disponibles peuvent s'intégrer dans le développement de calculateurs d'itinéraires temps réel, qui permettraient de trouver l'itinéraire le plus pertinent en fonction de l'état du trafic (circulations en temps réel, charge du réseau).
- Les échanges d'information entre transporteurs doivent être encouragés.
- En raison du caractère innovant de certaines informations, des frais liés à leur mise en place, la question du coût de l'information peut être posée. Néanmoins, faire payer l'information aux voyageurs afin de jouer sur leurs rationalités est difficilement envisageable. Les questions d'éthique, liés à la dimension de service public des transports collectifs, se posent indéniablement.
- En revanche, la personnalisation de l'information est très prometteuse et doit être développée. De nombreux services se développent à l'heure actuelle. Toute la difficulté

Coquio Julien

consiste à proposer l'itinéraire pertinent pour chaque voyageur, au-delà de lui signaler qu'il y a une perturbation. Des solutions techniques doivent être trouvées mais un enjeu important consiste également à donner la possibilité aux agents chargés de l'information des voyageurs d'avoir accès à cette information et d'être ainsi en mesure d'informer de manière performante les voyageurs.

- Afin de pouvoir renseigner rapidement le maximum de voyageurs en fonction de leurs préférences et quelle que soit leur situation sur le réseau, de nombreux médias de diffusion existent. Il est fondamental d'assurer une diffusion large et rapide de l'information en utilisant tous les médias disponibles.
- Il faut assurer la cohérence et la fiabilité des informations diffusées. Nous n'avons pas considéré dans cette recherche la vulnérabilité pouvant intervenir au niveau des systèmes d'information en envisageant leur rôle uniquement par rapport à la régulation des perturbations. Néanmoins, les dysfonctionnements existent et peuvent nuire à la gestion des perturbations et plus généralement à l'image des transports en commun. Une information erronée peut également générer des perturbations.

De nouvelles interrogations émergent par ailleurs. Comment intégrer l'information des voyageurs dans l'optimisation du traitement des situations perturbées ? Quels critères d'optimisation doivent être choisis ? Comment concilier une transparence de l'information et éviter des reports trop massifs de flux de voyageurs ?

Une thèse correspond à un travail cadré, finalisé, mais elle s'inscrit dans une démarche de recherche, toujours en mouvement. Ce travail offre un certain nombre de perspectives au niveau de la modélisation et des applications possibles en Aménagement-urbanisme. Les enjeux liés à la performance adaptative des transports collectifs nécessitent en effet la poursuite des recherches dans ce domaine.