



HAL
open science

Un Urbanisme orienté vers le rail illustré par le projet Bahn.Ville

Sandra Bozzani-Franc, Thomas Leysens, Alain L'Hostis, Claude Soulas,
Bogdan Vulturescu

► **To cite this version:**

Sandra Bozzani-Franc, Thomas Leysens, Alain L'Hostis, Claude Soulas, Bogdan Vulturescu. Un Urbanisme orienté vers le rail illustré par le projet Bahn.Ville. Claude Soulas, Martine Wahl. Innovation dans les transports guidés urbains et régionaux, Hermès, pp.200, 2010. hal-00401403v1

HAL Id: hal-00401403

<https://hal.science/hal-00401403v1>

Submitted on 3 Jul 2009 (v1), last revised 25 Feb 2010 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Chapitre 4

Un Urbanisme orienté vers le rail illustré par le projet Bahn.Ville

S Bozzani-Franc, T Leysens, A L'Hostis, C Soulas, B Vulturescu

4.1. Introduction

Au sein de la thématique des interactions entre urbanisme et transport nous présentons ici à quelques éclairages donnés par le projet franco-allemand Bahn.Ville « Urbanisme orienté vers le rail et intermodalité dans les régions urbaines allemandes et françaises » réalisé dans le cadre de la coopération bilatérale DEUFRAKO. Une première phase intitulée Bahn.Ville 1 s'est déroulée de 2001 à 2004 et a permis de déboucher sur un certain nombre d'enseignements [PRE 05]. Après une période intermédiaire de recherche de sites et de partenariats locaux le projet Bahn.Ville 2 a démarré en 2007 avec le double objectif d'affiner les enseignements de Bahn.Ville 1 et de les mettre en oeuvre sur deux sites.

Dans le cadre de cet ouvrage l'ambition n'est pas de décrire l'ensemble du projet et de ses résultats mais d'en extraire quelques éléments pour illustrer les perspectives d'amélioration de l'articulation entre urbanisme et transport ferroviaire dans le cas de lignes existantes, en partant de l'urbanisation telle qu'elle existe aujourd'hui, contrairement à l'exemple de la *ville creuse* exposée au chapitre suivant qui vise une forme d'urbanisation totalement nouvelle pensée en synergie avec la création d'une nouvelle ligne de transport collectif.

Le champ d'investigation du projet concerne trois domaines en interaction : le système ferroviaire régional (« Bahn »), l'urbanisme (« Ville ») et la gare (représentée par le point) en tant qu'interaction entre les deux.

2 Titre de l'ouvrage

La tendance à la périurbanisation et le fait que la ville contemporaine est de plus en plus polycentrique, conduisent à penser le développement urbain dans un cadre plus vaste. Or, dans la construction des régions urbaines, le réseau de transport ferroviaire constitue l'armature principale à partir de laquelle le système de transport alternatif à l'automobile s'organise. C'est dans ce contexte que le programme Bahn.Ville vise le renforcement ou la création d'une forme urbaine qui tire parti des potentialités du réseau de transport ferroviaire, à améliorer l'articulation des interventions sur de multiples domaines – foncier, renouvellement urbain, transport, déplacements, services – qui concourent à la production de la ville.

Après une brève présentation de Bahn.Ville 1, qui met à jour un ensemble de principes et de conditions favorables à une meilleure articulation entre urbanisme et réseaux ferroviaires en s'appuyant sur une analyse de cas en France et en Allemagne, nous nous focalisons sur certains travaux réalisés dans le cadre de Bahn.ville 2 qui ont pour but de tester la mise en œuvre de ces principes sur les terrains de deux régions urbaines : l'une française autour de la ligne St-Etienne-Firminy, l'autre allemande focalisée sur la Taunusbahn de la région de Francfort [WUL 07].

4.2. L'expérience BAHN.VILLE 1

4.2.1. *Les travaux réalisés*

Les mises en perspectives de situations allemandes et françaises se situaient en toile de fond du projet. L'Allemagne est souvent considérée comme étant en avance dans ce domaine, surtout en regard de la situation française, mais nous insisterons sur la diversité des situations, et sur l'importance de l'analyse des bonnes pratiques qui permet d'identifier et d'étudier des cas particuliers dignes d'intérêt.

Le projet s'est déroulé en plusieurs étapes parmi lesquelles nous distinguerons :

- l'étude du contexte général dans les deux pays, sous trois angles d'approche : le matériel roulant et la production de l'offre, l'interface urbanisme/transport ferroviaire et le cadre institutionnel et réglementaire ;
- la présentation des meilleures pratiques et choix des sites pour les études de cas ;
- la formulation d'hypothèses pour les interfaces et les interactions, validées par un séminaire d'experts ;
- l'élaboration d'une grille d'interviews, et réalisation d'enquêtes empiriques sur deux sites pour chacun des deux pays ;

- la synthétisation des résultats, mettant en évidence les limites d'une schématisation des interactions.

4.2.2. Principaux enseignements issus de BAHN.VILLE 1

Nous présentons ici des enseignements concernant le système ferroviaire, les modes de rabattement et la coordination urbanisme transport, enseignements qui servent de base à des investigations menées dans Bahn.Ville 2.

Le projet s'inscrit dans un contexte où d'un côté l'intervention sur la forme urbaine est un enjeu essentiel pour améliorer l'efficacité et le potentiel du transport ferroviaire régional, mais où de l'autre un niveau minimum de développement quantitatif et qualitatif de l'offre est nécessaire pour rendre crédible le développement d'un urbanisme orienté vers le rail. L'amélioration de l'offre peut se décliner de plusieurs manières, y compris par la création de nouvelles gares ou stations afin de desservir de manière plus fine l'urbanisation existante, avant même (ou en même temps que) l'impulsion d'une urbanisation plus dense dans un périmètre autour des gares existantes. Nous verrons en 4.4 l'incidence de la création de nouvelles stations sur les temps de parcours. Les enquêtes ont montré que l'existence d'une desserte ferroviaire peut constituer un facteur important dans le choix du lieu de domicile, en particulier pour les jeunes ménages bi-actifs mono-motorisés.

Un enseignement important concerne l'importance des modes non motorisés comme modes de rabattement sur les sites étudiés, et plus particulièrement de la marche à pied : à elle seule elle représente une part modale dont l'ordre de grandeur est la moitié de l'ensemble des déplacements pour se rendre à la gare : un peu plus sur les 2 sites allemands, un peu moins pour les 2 sites français, mais néanmoins à un niveau proche de 40 % pour le site de la région de Nantes et supérieur à 40 % pour le site de la région de Strasbourg.

La figure 4.1 montre que la marche reste très présente au-delà de 1 000 mètres. Au-delà de 1 500 mètres, les transports collectifs deviennent plus pertinents pour le rabattement mais la marche à pied conserve une part modale plus significative qu'on pourrait l'imaginer.

4 Titre de l'ouvrage

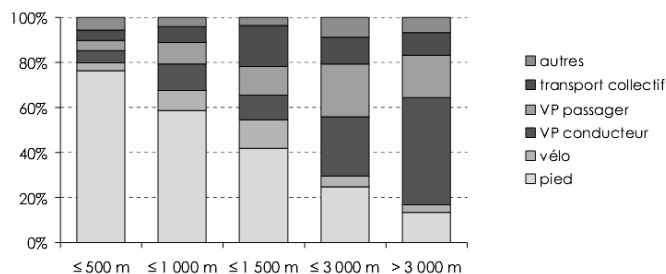


Figure 1 : Répartition modale en fonction de la distance à la gare à Strasbourg [PRE 04]

La figure 4.2 monte la répartition des temps de parcours pour les différents modes de rabattement : plus de 60 % des rabattements vers les gares étudiées autour de Strasbourg sont effectués en 10 minutes ou moins que le déplacement se fasse à pied, en vélo ou encore en voiture.

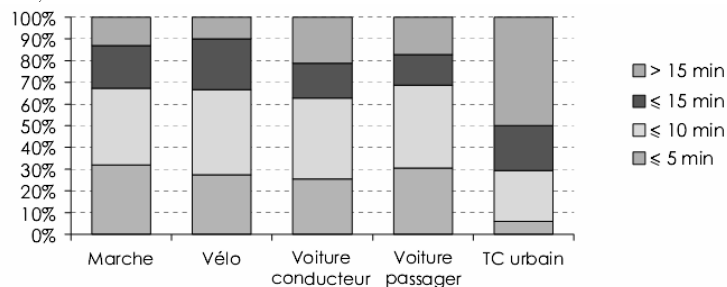


Figure 2 : Répartition des temps d'accès en fonction du mode de déplacement domicile-station à Strasbourg [PRE 04]

4.3 Pour un urbanisme orienté vers le rail : éléments clés du projet Bahn.Ville 2 dans la région stéphanoise

4.3.1. Articuler les domaines d'intervention sur la ville

L'élément central du programme Bahn.Ville 2 est le croisement de deux dimensions essentielles de la problématique de Bahn.Ville à savoir l'observation des structures et des organisations urbaines et l'observation des pratiques et des conditions de déplacements. Le croisement de ces deux thématiques, abordées par des dispositifs originaux, a pour ambition de sensibiliser et de familiariser les acteurs locaux à des approches transversales, destinées à susciter la définition de

politiques plus coordonnées et plus intégrées. Ce croisement vise aussi à construire de nouveaux outils de réflexion et d'aide à la décision à même de "favoriser un urbanisme orienté vers le rail".

Ainsi, pour atteindre ces objectifs généraux, le projet est construit à partir d'une série d'actions/recherches-actions. Celles-ci envisagent chacune l'articulation transport/urbanisme sous un angle particulier dans le but d'apporter des éléments de connaissances, de développer des méthodes et des outils et de les mettre en œuvre sur le terrain d'expérimentation. L'analyse de l'accessibilité et l'observation des dynamiques foncières constituent l'objet de deux des actions les plus représentatives du projet Bahn.Ville et nous allons les présenter ici. Enfin, dans une approche du domaine des sciences pour l'ingénieur nous présentons une méthode de simulation pour tester l'hypothèse d'introduction de nouvelles haltes ferroviaires intermédiaires susceptibles de constituer de nouvelles polarités urbaines.

4.3.2. Analyser l'accessibilité intermodale pour révéler les potentialités de réseaux

L'analyse de l'accessibilité intermodale à des lieux stratégiques à l'échelle de la région urbaine constitue un élément de référence dans le projet Bahn.Ville. En effet, le développement de l'offre de transport ferroviaire en articulation avec les transports collectifs urbains au sein de la région urbaine constitue le socle d'un développement urbain orienté vers le rail. Cette action ramenée à la question du foncier et de son accessibilité a pour objectif, à la fois de mesurer les potentialités des réseaux de transport en commun en terme de temps de parcours, et aussi d'analyser l'adéquation du réseau de transport pour la desserte des sites urbains stratégiques. Il s'agit de repérer les marges de manœuvres pour améliorer l'accessibilité des usagers, et à un autre niveau de mettre en place un outil d'évaluation multiéchelles des potentialités des réseaux, qui est utilisé pour l'ensemble des thématiques du projet.

Pour construire cet outil il est nécessaire de mettre en œuvre un travail de modélisation des réseaux, un travail sur l'identification de lieux stratégiques à l'échelle du SCOT et un travail de mesure d'accessibilité à partir de et vers ces lieux en utilisant le modèle développé au LVMT.

Pour le travail de modélisation, la méthode utilisée renvoie au recueil des données (horaires) des modes de transports pris en compte : le ferroviaire régional, le réseau des cars départementaux et les transports collectifs urbains et périurbains (bus, tram). Ensuite il faut établir une modélisation multiéchelles et multimodales de ces réseaux.

6 Titre de l'ouvrage

Pour le travail consistant à l'identification et au choix des sites, l'interrogation est portée sur la performance du système de transport collectif sur des relations stratégiques à l'échelle de l'agglomération. Deux types de relations sont considérés :

- pour aller du secteur analysé, les espaces parcourus par la ligne St-Etienne-Firminy (exemple : départ de Firminy) vers un site de l'agglomération stéphanoise (exemple : l'Université) ;
- pour se rendre sur un site du secteur analysé (par exemple : pour arriver à telle heure au centre de Firminy, d'où peut-on partir pour X temps maximum de trajet).

Le choix des sites est quant à lui limité par le nombre et soumis à des critères de centralité/attractivité, de densité, de localisation de grands équipements. Ces critères conduisent à retenir :

- Pour les sites du secteur de la ligne St-Etienne-Firminy:
 - des lieux urbains, c'est-à-dire des centralités urbaines (exemple : Centre de Firminy),
 - des lieux d'habitat importants,
 - des lieux à enjeux urbains, comme le site de renouvellement urbain autour de friches industrielles de Fraisses-Unieux-Firminy ou la ZAC Pigeot.
- Pour les sites à l'échelle du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) :
 - les grandes centralités du SCOT : Saint-Étienne / Firminy / Saint-Chamond / Montbrison / Rive de Giers,
 - les équipements majeurs générateurs de trafic : Université (Tréfilerie / Métare), Hôpital nord,
 - les sites majeurs du projet urbain stéphanois : Châteaureux, Cité du design,
 - d'autres équipements : Loisirs (Zénith)/ Lycées / grandes zones d'activité.
- Lyon qui constitue un lieu de référence à une l'échelle de la région urbaine élargie.

Une illustration de la mise en œuvre de cet outil est proposée sur la figure suivante.

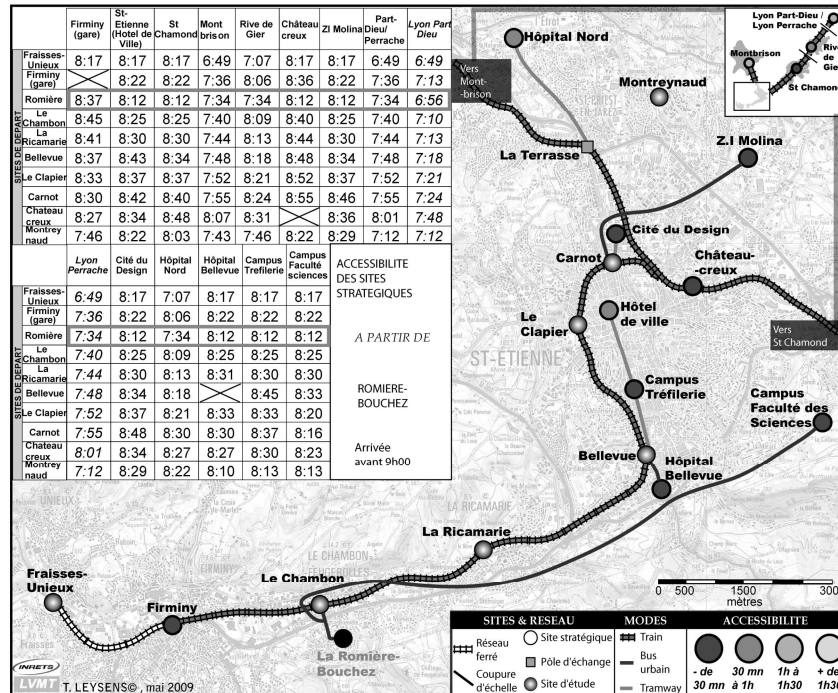


Figure 4.3 : mesure d'accessibilité horaire multimodale au départ de la Romière vers les sites stratégiques de la région urbaine stéphanoise

La figure 4.3 montre les conditions d'accès au départ de la Romière, quartier d'habitat social concerné par une opération de renouvellement urbain situé sur la commune du Chambon-Feugerolles, pour une arrivée avant 9h le matin vers une série de sites stratégiques à l'échelle de la région urbaine de St-Etienne. La cartographie montre les enchainements de modes de transport et le tableau indique les heures de départ correspondantes aux lieux stratégiques d'arrivée. La principale indication en termes de modes de transport est la performance du système ferroviaire qui est bien le mode principal, malgré la présence forte des bus urbains de l'opérateur STAS. En effet tous les trajets au départ de la Romière débutent en bus puis tous sauf un qui se prolonge en bus jusqu'au site de la faculté des Sciences, empruntent la ligne ferroviaire pour atteindre directement ou par le biais d'une rupture de charge les principaux lieux à enjeux de l'agglomération stéphanoise.

L'outil, basé sur une mesure du service de transport [LHO 04], permet de construire une vision très proche du besoin des usagers. Il est aussi possible, grâce à l'approche horaire, de mesurer la performance des correspondances entre le train et

8 Titre de l'ouvrage

les transports urbains sur des déplacements types à l'intérieur de l'espace urbain. Enfin le tableau horaire figurant sur la représentation permet de situer du point de vue de la performance territoriale [STA 97] le site étudié par rapport à des sites voisins.

A partir de ces mesures fortement désagrégées dans l'espace et le temps il devient possible de porter l'analyse sur des espaces de renouvellement ou de développement de la ville pour révéler leur niveau d'accessibilité. Nous allons maintenant nous intéresser à la seconde thématique centrale du projet Bahn.Ville, celle du foncier.

4.3.3. Un observatoire des temps de parcours et du foncier pour densifier autour des gares

La question du foncier est rarement considérée en relation avec le train et avec l'offre de déplacements qu'il propose. Les disponibilités foncières sont le plus souvent vues comme au service du projet urbain local pour répondre aux besoins en fonctions urbaines, qu'il s'agisse de logements, de commerces ou d'activités. Pourtant, il apparaît crucial d'examiner aussi la question des opportunités foncières par rapport à leur accessibilité en transports collectifs autour de la ligne ferroviaire.

C'est pourquoi le projet Bahn.Ville 2 cherche à croiser ces dimensions dans l'analyse et développer notamment des outils permettant de repérer, analyser, observer et suivre les potentialités foncières les mieux placées et les plus accessibles, dans le but d'optimiser leur utilisation et leur destination au regard des développements urbain et ferroviaire. Pour cela le projet prévoit la construction d'un observatoire des temps de parcours et du foncier. L'objectif principal de cet observatoire consiste à repérer et à analyser les potentialités foncières locales au regard du développement urbain et ferroviaire. Il s'agit de préfigurer la constitution d'un observatoire foncier et des temps de parcours autour des gares en s'appuyant sur l'apport d'un groupe de travail composé de partenaires de différents horizons (collectivités locales, acteurs et opérateurs du transport, du foncier, aménageurs, institutionnels).

L'observatoire devra pour être pérenne associer à un pilotage politique fort, des objectifs précis, et un socle de données actualisables annuellement. Il devra permettre un partage des connaissances et être pertinent par rapport au territoire et à l'échelle d'observation retenue. Trois fonctions ont été identifiées – observation, simulation et veille – chacune contenant des objectifs propres ainsi que des indicateurs.

La fonction d'**observation** vise à suivre et à mesurer des évolutions. Il s'agit de comparer les territoires entre eux, de mesurer les évolutions entre deux périodes et d'apprécier la qualité du foncier et des temps de parcours. Pour y parvenir, un certain nombre d'indicateurs du foncier et des transports sont recensés :

- Indicateurs fonciers : prix et volumes de transactions par commune...
- Indicateurs déplacements : évolution des parts modales, quantités transportées, mesure de l'offre de transport (fréquences des dessertes), et évolution des amplitudes horaires...

La fonction de **simulation** vise à projeter et à rendre visibles les opportunités liées à une modification du quartier de gare et des systèmes de déplacement. Il s'agit d'identifier l'élargissement du foncier accessible par le développement d'un axe de transport en commun ou d'un nouveau cheminement piéton. Le travail de simulation permet aussi d'identifier des espaces et des parcelles à surveiller dans le but de rendre possible le développement des réseaux pour l'accès à la gare.

La fonction de **veille** a pour objectif d'alerter sur les opportunités foncières. Pour cela il est nécessaire de définir le foncier stratégique à surveiller à partir de périmètres ou bien à partir d'éléments mis à jour dans le travail de simulation. La fonction de veille porte sur le foncier mais aussi sur les conditions d'articulation des modes de transport à la gare en mesurant en particulier la coordination horaire des trains et des transports urbains.

En plus de l'identification des trois fonctions de l'observatoire, il est nécessaire de déterminer les périmètres d'observation qui sont centrés sur les gares. Deux mesures centrées sur les gares sont retenues : d'une part un disque avec un rayon donné et d'autre part une isochrone pour des trajets empruntant les réseaux de déplacement. Ces deux mesures sont ensuite confrontées pour indiquer :

- L'espace (parcelle) potentiellement accessible ;
- L'espace (parcelle) réellement accessible dans l'état actuel ;
- Les interventions sur les réseaux qui placeraient tel ou tel espace (parcelle) à distance accessible des gares.

Une fois ces principes fixés, il est nécessaire de définir un certain nombre de paramètres d'application ; deux périmètres sont à définir : un « périmètre marchable » [BER 03] et un périmètre en transport collectif autour des gares.

La définition du rayon pédestre comme celle du rayon du bus doit prendre en compte une distance en mètres, une vitesse et une durée. Pour le rayon pédestre, deux approches sont possibles pour définir la distance à retenir [BER 98]. L'entrée se fait soit par l'analyse des coûts du foncier – l'effet d'une gare sur les prix du foncier en Hollande est prouvé jusqu'à une distance de l'ordre de 700 m pour les

activités, tandis que pour le logement l'influence est plus lointaine¹ – soit par l'analyse de la mobilité. Des études du Certu retiennent des distances en fonction du mode qui est analysé : 300 mètres pour un arrêt de bus, 500 mètres pour des arrêts de tram et 700 mètres pour le métro. La vitesse à prendre en compte dans la définition du rayon pédestre doit là encore faire l'objet de plusieurs choix. Premièrement, la marche est intégrée dans l'analyse comme mode de déplacement. Aussi, dans cette configuration, la vitesse moyenne du piéton est estimée entre 4 et 5 km/h en milieu urbain dense². Pour la durée du rayon pédestre, les enseignements tirés de Bahn.Ville 1 cité en 4.2.2 indiquent un minimum de 10 minutes [PRE 05]. Ainsi, comme le montre la figure 4.2, plus de 60 % des rabattements vers les gares étudiées autour de Strasbourg sont effectués en 10 minutes ou moins, que le déplacement se fasse à pied, en vélo ou encore en voiture. La figure 4.1 montre que la marche reste très présente au-delà d'un kilomètre. Ces 10 minutes se retrouvent également dans les travaux de Luca Bertolini³, lorsqu'il définit le « périmètre marchable » autour d'une gare [BER 98].

Autour de ces gares, on propose de retenir de manière générale pour le rayon, une durée de 10 min à une vitesse de 5 km/h, soit 800 mètres. On fait ensuite le choix de distinguer le rayon en fonction du type de gare et on obtient deux mesures :

- une distance de 1000 mètres qui correspond à 12 min à 5 km/h pour les gares les plus importantes.
- une mesure à 800 mètres pour les gares secondaires et haltes ferroviaires.

Un raisonnement similaire est conduit pour définir le périmètre des transports collectifs.

La vitesse moyenne du bus est souvent évaluée entre 15 et 20 km/h en milieu urbain dense⁴ ; les 15 km/h correspondent aussi à une vitesse moyenne de vélo ou de taxi en tissu urbain dense⁵. Aussi, à une vitesse moyenne de 15 km/h on parcourt 2,5 km et à 20 km/h on parcourt 3,3 km en 10 minutes (Cf. Carte 4.4).

¹ Debrezion, G. (2006) *Railway Impacts on Real Estate Prices*. Amsterdam: Tinbergen Institute.

² 5 km/h dans une étude de la Ville de Paris (2007), 5 km/h Jourdan (2004), 5 km/h pour le Réseau Pédestre de Genève (2005), 4 à 5 km/h dans diverses études aux USA (1976) et au Canada (2005).

³ Bertolini, L. & T. Spit (1998) *Cities on Rails, the redevelopment of Railway Station Areas*, London & New-York, Spon/Routledge

⁴ 15 à 20 km/h selon densité urbain (Cf. Chapelon, L. 1997), 22 km/h pour un Bus à Haut Niveau de Services (COST BHNS), 10 (bouchon) à 25 (circulation fluide) km/h GART (<http://www.gart.org/>).

⁵ Ville de Paris 2007, GART

La représentation suivante montre les différents périmètres de l'observatoire avec les disques d'accessibilité potentielle et les isochrones d'accessibilité réelle pour la marche seule et pour les transports urbains à partir ou à destination de la gare de Bellevue située au sud du centre-ville de St-Etienne.

Les périmètres sont représentés sur un fond cadastral qui permet d'identifier les parcelles à surveiller. L'écart entre l'isochrone et le disque montre les espaces qui seraient potentiellement intéressants pour une densification autour de la gare. L'analyse des réseaux actuels et de leurs lacunes indique quelle modification introduire dans la phase de simulation. Le croisement entre l'analyse foncière et l'analyse des temps d'accès prend ici tout son sens en indiquant quelles actions les collectivités devraient mener sur les parcelles et sur les réseaux, pour atteindre un objectif de densification autour des gares ferroviaires.

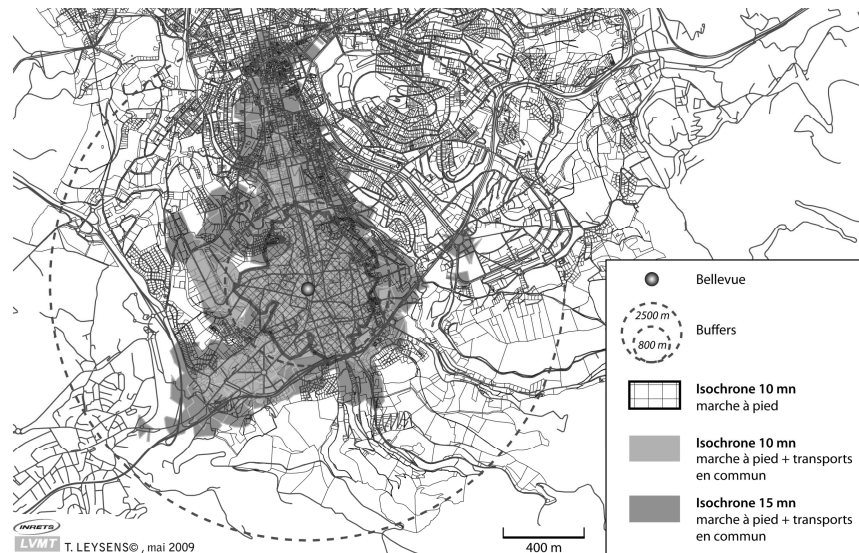


Figure 4.4 : périmètres et isochrones pédestres et en transport en commun autour de la gare de Bellevue à St-Etienne avec fond cadastral pour l'analyse foncière

4.3.4. Opportunités d'évolution du système de transport et hypothèse d'ajout de stations intermédiaires

La densification urbaine autour des gares (et nœuds de transport en commun plus généralement), ainsi que la nécessité d'atteindre les gares (le réseau) à pied dans un temps raisonnable pourrait amener décider de la création de nouveaux

arrêts, susceptibles de favoriser l'émergence de nouvelles polarités urbaines. Cette hypothèse pose plusieurs questions :

- le matériel roulant actuel (les TER 2N Z23500 & X73500) est-il bien adapté ?
- quel est l'impact d'une augmentation du nombre d'arrêts sur les temps de parcours ?
- l'infrastructure permettra-t-elle une augmentation du trafic (dans le contexte d'une voie double comportant des portions en voie unique) ?

Pour répondre à ces questions la simulation est un moyen pertinent. Dans la suite nous décrivons la méthode utilisée dans la simulation pour répondre aux deux premières interrogations. Concernant l'étude du trafic une autre simulation (avec un autre logiciel) doit être réalisée ; nous ne la présenterons pas ici.

Il existe une multitude de logiciels [BAD 97] permettant la modélisation d'un véhicule. Nous nous intéressons uniquement à ceux qui simulent des véhicules du point de vue énergétique et dynamique. Cette classe de logiciels utilise des modèles plus simples que les éléments finis par exemple, pour assurer un bon compromis entre le temps de la simulation et la précision des résultats. Le temps de simulation est important car le véhicule est un système complexe, avec beaucoup d'organes, et les profils de mission (description de la vitesse en fonction de la distance ou du temps) imposent des durées de l'ordre de l'heure :

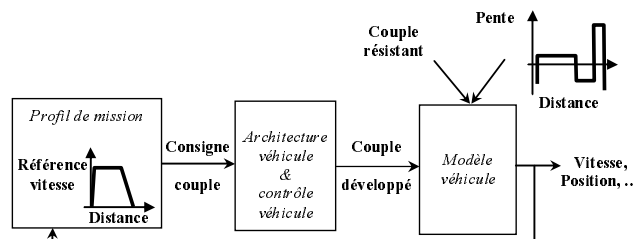


Figure 4.5. Schéma de principe dans la simulation d'un véhicule

La plupart de ces logiciels, au moins les plus connus (ADVISOR, CRUISE), sont développés pour des applications automobile, pour simuler un véhicule thermique ou hybride, sur un profil de mission, un cycle, donné. VEHLIB, logiciel développé à l'INRETS par le Laboratoire Transport et Environnement (LTE), fait partie de cette classe de logiciels. Au Laboratoire des Technologies Nouvelles (LTN) nous avons rajouté une bibliothèque qui prend en compte la longueur du véhicule et permet la simulation des véhicules longs (type trains, métros, tramways), et une autre pour simuler le contact roue-rail [VUL 05].

La brève description de VEHLIB se base sur les travaux de l'équipe lyonnaise, résumés très bien dans l'article sur la modélisation des véhicules hybrides [TRI 04]. Sous VEHLIB, un véhicule est vu comme l'association de plusieurs sous-systèmes. Chacun correspond à un organe physique du véhicule et peut constituer lui-même un ensemble de sous-systèmes.

Les modèles sont liés entre eux par des règles de causalité tout en respectant le principe de la conservation de l'énergie (théorie des graphes de lien [KAR 04]). Pour un organe, plusieurs niveaux de modélisation sont possibles : de la simple cartographie à des modèles analytiques, dynamiques ou statiques. Les paramètres du modèle sont identifiés par l'expérimentation ou fournis par un constructeur.

La logique de commande (le control), propre à chaque type de véhicule, est modélisée sous VEHLIB sous la forme d'un « calculateur ». Il gère par exemple la traction, les auxiliaires d'un véhicule (climatisation, compresseurs du système de freinage, ventilation, ...) mais aussi l'énergie embarquée dans le cas d'un hybride.

La précision d'une simulation dépend donc de la précision cumulée des sous-systèmes. Quand il est possible il est donc souhaitable de recalibrer les modèles (leurs paramètres) en fonction des mesures. Dans la plupart des cas il est difficile de modéliser entièrement les véhicules car certaines données sont très difficiles, voire impossibles, à trouver. Des données importantes pour la simulation sont présentées dans le tableau 4.1, mais par exemple la cartographie du moteur de traction FXA2858 ou le rendement de la transmission mécanique, appartiennent aux constructeurs et ne sont pas disponibles. Pour pallier le manque de données fiables, principalement la partie électrique, nous les avons remplacées par des données « génériques » et surtout nous avons limité la force de traction/freinage par l'effort à la jante (connu grâce à la SNCF) – voir Figure 4.2.

14 Titre de l'ouvrage

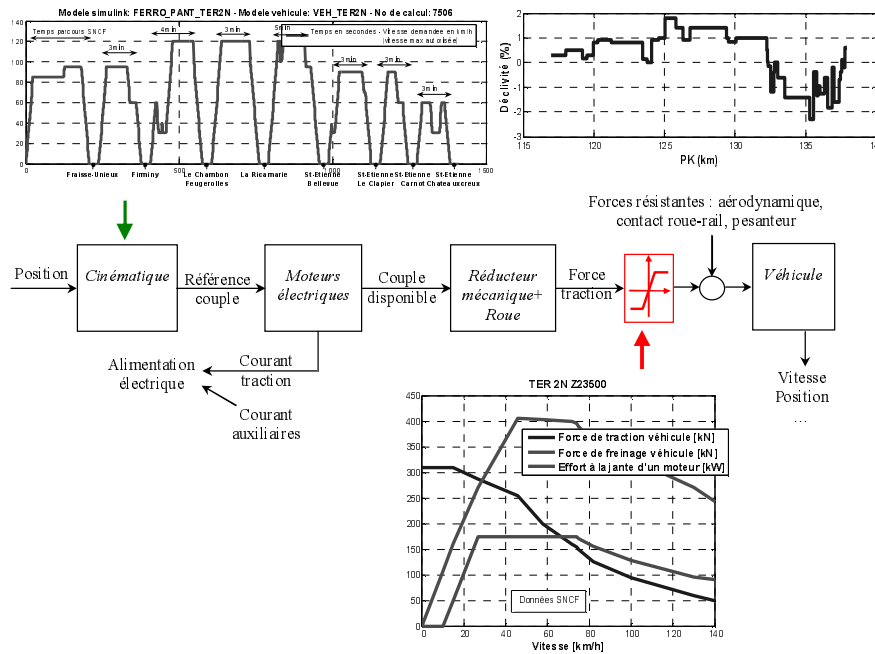


Figure 4.7. Schéma de principe dans la simulation du TER 2N Z23500

A cause de cette limitation, seule la cinématique du véhicule sera prise en compte, la consommation électrique n'étant pas correcte, mais n'influant pas non plus sur la cinématique.

Caractéristiques TER 2N Z23500	Valeurs
Nombre de places assises (Motrice+Remorque)	210
Bogies	2 par motrice (ou remorque)
Longueur/Largeur/Hauteur	52.5m/2.8m/4.32m
Masse en charge normale	127.6 t
Accélération/décélération max	0.9 m/s ² / -1m/s ²
Vitesse max	140 km/h (2830m en 1min47")
Diamètre roue (neuve-usée)	1020 – 960 mm
Moteurs électriques (puissance nominale)	4 x 375kW

Tableau 4.1. Caractéristiques TER 2N Z23500

Dans VEHLIB nous pouvons aussi imposer le temps d'arrêt en station (nous faisons l'hypothèse de 30s en moyenne mais nous pouvons le modifier après

mesures sur le terrain), ainsi que le nombre de passagers à bord, pour chaque interstation.

A partir de la distance et du temps nécessaires pour atteindre les 140 km/h en charge normale, nous pouvons caler le modèle du véhicule. Ensuite nous simulons le trajet de Firminy à Saint-Etienne-Châteaucreux pour vérifier que les temps de parcours actuels sont bien respectés, et la troisième étape consiste en l'insertion d'une nouvelle station.

Les premiers calculs (station virtuelle entre La Ricamarie et Saint-Etienne Bellevue) montrent qu'il est bien possible d'insérer une interstation tout en gardant le matériel roulant actuel, mais le temps du parcours augmente d'environ 3 minutes. Ce temps pourrait être réduit si la distance entre les stations est plus grande (ce qui permettrait l'augmentation de la vitesse moyenne). Néanmoins, sur ce trajet, les distances entre les arrêts sont assez courtes, ce qui limite la possibilité d'insertion de nouvelles stations sans augmentation significative du temps de parcours.

4.5 Conclusion

Le projet d'un urbanisme orienté vers le rail implique l'investigation d'une multiplicité de relations et de dimensions qui concourent à produire la ville et les réseaux de transport. Les spécificités de la mobilité autour des gares, la mesure des temps d'accès dans le réseau multimodal alternatif à la voiture, l'éclairage de l'action foncière par une analyse des réseaux, et la simulation du potentiel d'évolution du système ferroviaire vis-à-vis de la création de nouveaux arrêts représentent quatre pistes de développement pour les recherches menées en ce sens à l'Inrets.

4.5 Bibliographie

[BAD 97] BADIN F., *Contribution à la modélisation des transmissions hybrides thermiques électriques séries. Réalisation d'un bilan énergie-pollution en usage réel*, Thèse doctorat, 1997, Université de Savoie.

[VUL 05] VULTURESCU B., *Rapport final de post-doctorat*, Rapport INRETS, 2005, INRETS.

[TRI 04] TRIGUI R., JEANNERET B., BADIN F., *Modélisation systémique de véhicules hybrides en vue de la prédiction de leurs performances énergétiques et dynamiques. Construction de la bibliothèque de modèles VEHLIB*, Recherche Transports Sécurité 83 (2004), p. 129-150.

[KAR 04] KARNOPP D., MARGOLIS D.L., ROSENBERG R.C., *Systems dynamics: a unified approach*, Wiley-Interscience, 1990.

- [BER 03] Bertolini, L. and M. Dijst (2003). "Mobility environments and network cities." Journal of Urban Design **8**(1): 27-43.
- [BER 98] Bertolini, L. and T. Spit (1998). Cities on rails: the redevelopment of railway station areas. London, E & FN Spon.
- [LHO 04] L'Hostis, A., P. Menerault, et al. (2004). Assessing spatial planning policy with accessibility indicators: the case of Lille's metropolis scenario. Transport developments and innovations in an evolving world. M. Beuthe, V. Himanen, A. Reggiani and L. Zamparini. Berlin, Springer: 293-312.
- [PRE 05] Pretsch, H., A. Spieshöfer, et al. (2005). Enseignements du projet Bahn.Ville, DEUFRAKO.
- [WUL 05] Wulfhorst, G., A. L'Hostis, et al. (2007). "Urbanisme et transport dans les régions urbaines, enjeux et perspectives d'un urbanisme orienté vers le rail." Recherche - Transports - Sécurité(94): 11-26.