
Méthode d'évaluation de couvertures d'infrastructures routières et ferroviaires en milieu urbain

Maurin - Fund Marina¹

¹ Lab'Urba, Equipe Génie Urbain, Université Paris-Est-Marne-la-Vallée, 5 boulevard Descartes - Champs-sur-Marne - 77454 Marne-la-Vallée – Marina.Maurin@u-pem.fr

Prix Jeunes Chercheurs « René Houpert »

RÉSUMÉ. Les couvertures d'infrastructure de transport en milieu urbain sont des opérations urbaines répondant à un certain nombre de problématiques de politique publique relatives à des questions urbaines, foncières, etc. Ces interventions, résolument complexes, souffrent de l'absence de cadre spécifique et d'un manque de vision globale. Afin de proposer des méthodes et des outils d'évaluation des couvertures d'infrastructures en milieu urbain aux acteurs concernés par ces projets, le travail de doctorat élabore une méthode fondée sur une approche systémique. La modélisation fonctionnelle permet d'intégrer la complexité que représente le système couverture d'infrastructure dans leurs contextes urbains et de formaliser les interactions caractérisant le système, les hiérarchiser et y associer des méthodes d'évaluations. Pour cela, il est proposé d'appliquer l'analyse fonctionnelle sur un système couverture préalablement défini dans sa composition et son rapport à l'environnement urbain. Dans l'optique de valider ou de corriger cette modélisation théorique, la méthode d'évaluation est appliquée sur plusieurs couvertures, concernant des typologies d'infrastructures différentes et des contextes urbains contrastés.

....

....

....

....

....

....

ABSTRACT. Structural covers for transport infrastructures in an urban environment answer to public policy issues relating to urban questions, real estate questions, etc. These interventions, resolutely complexes, suffer from the absence of a specific framework and a lack of overall vision. In order to propose methods and tools for urban structural cover assessment, to actors affected by these projects, this PhD work develops a method based on a systemic approach. Functional modeling allows integrating the complexity represents the system infrastructure cover in their urban contexts, and formalize interactions characterize the system, prioritize and associate in evaluation methods. In this way, it is proposed to apply the functional analysis of a previously defined urban cover system in its composition and its relation to the urban environment. In order to validate or correct the theoretical modeling, the evaluation method is applied to several covers, concerning different kinds of infrastructure and contrasting urban contexts.

...

....

....

....

....

....

....

....

MOTS-CLÉS : couverture, infrastructure de transport, nuisances, modélisation, analyse fonctionnelle, évaluation.

KEY WORDS: structural cover, transport infrastructure, nuisances, modelling, functional analysis, assessment.

1. Introduction

Initialement édifiées dans une optique de connectivité, de structuration et de développement, les grandes infrastructures de transport, routières et ferroviaires posent aujourd'hui question en milieu urbain. Elles constituent en effet de véritables fractures, au cœur d'un tissu urbain qui ne cesse de se densifier. Il convient donc de limiter cet impact intrusif en déterminant notamment les moyens d'insérer ces infrastructures dans leur environnement urbain direct¹. L'une des solutions proposée consiste à couvrir les voies de circulation. Ce type d'intervention semble répondre à un certain nombre de problématiques de politiques publiques relatives aux nuisances et aux coupures générées par l'infrastructure tout en pouvant générer de la surface foncière. Cependant, ces opérations de couvertures souffrent de l'absence d'un cadre spécifique et d'un manque de vision globale.

Les résultats de ma thèse portent sur ces objets particuliers et la définition d'une méthode de modélisation et d'évaluation des couvertures d'infrastructures routières et ferroviaires en milieu urbain. *Comment appréhender et modéliser la couverture dans sa complexité ? Quelle réflexion analytique suivre pour une approche globale, transdisciplinaire, multi-échelle et tridimensionnelle ? Quelle méthode pour évaluer ?* Il s'agit dans un premier temps de s'intéresser à la cohabitation entre infrastructures et espace urbain. Un travail de modélisation de cet environnement, construit par le prisme des nuisances met en lumière un conflit important entre ces deux entités. La couverture se positionne alors comme une réponse possible à ce conflit de cohabitation. La complexité de la situation oriente la démarche vers l'adoption d'une approche systémique et la définition du système urbain complexe couverture. L'analyse fonctionnelle, conduit à la modélisation systémique, fonctionnelle et globale de la couverture dans son environnement. L'application est menée sur deux cas de projet de couverture. Le retour d'expérience de cette étape permet de montrer l'applicabilité opérationnelle de cette approche, certains manques et/ou limites et de proposer des ajustements. Des perspectives d'évaluation peuvent ainsi être envisagées.

2. Cohabitation infrastructures et espace urbain

Les grandes infrastructures de transport entretiennent une relation tumultueuse avec l'espace urbain dans lequel elles s'insèrent. Implantées et développées par soucis de mobilité, d'urbanisation et d'accessibilité [GRI 05] elles sont souvent ressenties, décrites localement (par les riverains et/ou usagers de l'espace) comme des « monstres urbains » [GUI 11], [PRE 07] aussi bien visuels que sonores. Des désagréments relatifs à la pollution atmosphérique et aux vibrations sont aussi largement évoqués. D'un point de vue structurel et technique, l'infrastructure tient lieu de coupure urbaine [HER 11a], [NGU 12], entre les deux rives qu'elle génère. En effet, les voies de déplacement portées par l'infrastructure occasionnent une importante consommation d'espace et scindent brutalement et linéairement l'espace urbain et l'activité qu'il supporte. La coupure engendre notamment des difficultés de franchissement des réseaux et une partition morphologique du territoire urbain. Cette discontinuité urbaine peut, entre autre, conduire à un phénomène d'enclavement des quartiers [ANC 14]. Cette coupure peut aussi être psychologique. L'activité de déplacement intensif génère un certain nombre de nuisances déjà mentionnés ci-dessus (bruit, pollution, ...). Elle impacte donc l'ambiance et le confort urbain local. En outre, elle peut causer un sentiment d'insécurité lorsqu'un franchissement de l'infrastructure est envisagé. Enfin, la rupture est aussi visuelle du fait de son fort impact sur le paysage urbain. Cette question interpelle sur le caractère paradoxal de l'infrastructure de transports qui tient lieu de connexion territoriale à grande échelle et de barrière physique et psychologique localement [HER 11a], [HER 11b].

Une réponse possible, pour pallier ces désagréments, consiste à couvrir l'infrastructure par une dalle : la couverture. L'analyse fine d'une base de données qui détaille plus de cent opérations de couvertures [CHA 15], réalisées le plus souvent en France, montre de façon explicite, concrète, effective que ces projets répondent (essentiellement) à des problématiques de bruit, de pollution atmosphérique et de coupures. Ces constats sont corroborés par des visites de terrain, et des rencontres avec des acteurs majeurs de ces opérations. Ces observations, tant bibliographiques que factuelles, incitent à poursuivre la réflexion et à réinterpréter cette cohabitation entre infrastructure et espace urbain à travers le concept de nuisances, concept moteur dans la décision d'initier les projets de couverture.

¹ Cette recherche est financée par l'agence nationale de la recherche *Bâtiments et villes durables* dans le cadre du projet de recherche Canopée 2012-2015 : « Méthodes et outils pour optimiser la programmation, la conception, la réalisation et l'exploitation de couvertures d'infrastructures de transports en milieu urbain. ».

3. Modélisation nuisances / gênes

La définition proposée pour le terme de nuisance fait apparaître une relation évidente de causalité avec la gêne : une nuisance est un facteur de gêne, occasionné volontairement ou involontairement par un agent nuisible sur un agent sensible. L'étude des nuisances ne peut être abordée sans la prise en compte des gênes qu'elles provoquent [MOR 12].

Les nuisances volontaires correspondent aux contraintes imposées par une politique ou une population sur un objet urbain ou les usages de celui-ci (réduction de vitesse sur l'infrastructure). Celles qualifiées d'involontaires se réfèrent soit aux obstacles ou entraves physiques (c'est le cas de la coupure générée localement par l'infrastructure), soit aux pollutions (bruit, intrusion visuelle ou encore pollution atmosphérique).

La gêne s'apparente à la conséquence sensible et préjudiciable de la nuisance. Elle se traduit par un désagrément ou une situation préjudiciable pour un agent sensible et est principalement liée à un inconfort ou à une contrainte directe d'adaptation (concernant une pratique). Ces deux types de gêne ne peuvent pas être considérés comme indépendants puisque chacun d'eux peut influencer sur l'autre et accroître son effet (un inconfort peut conduire à une adaptation d'une pratique par exemple). Un troisième type de gêne, qualifié de secondaire, à savoir la gêne psychologique, lié aux deux autres et influençant la perception même de gêne, est également retenu et aura un intérêt particulier dans la phase de quantification [MOR 12].

Cette typologie peut être croisée avec celle établie pour les nuisances. Les nuisances volontaires, dont les contraintes, vont provoquer des gênes vis-à-vis des pratiques de l'espace (circuler ou accéder à un équipement par exemple), tout comme les « entraves physiques ». En revanche, les nuisances involontaires de type pollution occasionnent des gênes d'inconfort. Ces trois types de nuisances peuvent également être la source de gênes psychologiques. L'expression de la gêne et sa perception par une population va dépendre des territoires, des politiques locales, du tissu urbain local...

L'application de ce concept aux infrastructures en milieu urbain désigne deux agents nuisibles correspondant à l'infrastructure de transports d'une part, et à l'espace urbain au-dessus et autour de la couverture d'autre part. Les activités inhérentes de ces deux agents sont intégrées dans ces termes. Le terme « activité » désigne tout usage possible de l'entité (habiter, circuler,...) par une population. Les agents sensibles sont quant à eux humains ou urbains. La population est le premier agent sensible humain concerné. Elle regroupe l'ensemble des individus évoluant, de quelques manières que ce soit, dans l'espace urbain. Dans ce travail, la population utilisatrice de l'infrastructure et la population utilisatrice de l'espace urbain sont dissociées pour obtenir une meilleure intelligibilité. Il est cependant important de préciser qu'il ne s'agit pas concrètement d'une classification exclusive. Un individu peut appartenir à l'une et/ou l'autre de ces populations. Ainsi, quatre couples agent nuisible / agent sensible sont analysés (Tableau 1).

Tableau 1. *Couples d'agents nuisibles/sensibles*

| | Couple 1 | Couple 2 | Couple 3 | Couple 4 |
|----------------|--|---|----------------|----------------|
| Agent nuisible | Infrastructure | Espace urbain | Infrastructure | Espace urbain |
| Agent sensible | Population utilisatrice de l'espace urbain | Population utilisatrice de l'infrastructure | Espace urbain | Infrastructure |

Le premier couple identifié, par exemple, associe l'infrastructure de transport comme agent nuisible et la population utilisatrice de l'espace urbain comme agent sensible. Ce couple est impliqué dans les processus de deux types de nuisances. L'infrastructure tient lieu de coupure. Dans un second temps, ce premier couple est concerné par les nuisances environnementales et les gênes associées. L'infrastructure de transport et l'activité qu'elle supporte, constituent la principale source de pollutions (sonores, atmosphérique, vibratoire, visuelle), dont les gênes impactent directement les populations utilisatrices de l'espace urbain.

Il existe un lien direct de causalité, non systématique, entre la nuisance et la gêne. Ce lien peut être littéralement traduit de la manière suivante : un agent nuisible occasionne une nuisance; cette nuisance est potentiellement le vecteur d'une ou plusieurs gênes. Cette gêne est plus ou moins perçue par un agent sensible. Dans le cas du bruit par exemple, correspondant au couple 1: l'infrastructure de transport occasionne une pollution sonore. Cette pollution sonore est potentiellement facteur d'inconfort sonore. Cet inconfort sonore est plus ou moins perçu par la population utilisatrice de l'espace urbain (Figure 1).

Une modélisation conceptuelle du processus nuisances/gènes a pu être réalisée, selon le formalisme *Nijssen Information Analysis Method* (NIAM), pour chacun de ces couples d'agents. La synthèse des résultats montre une proportion importante des nuisances générées par la cohabitation de l'infrastructure et de l'espace urbain (Figure 2) et fait aussi apparaître un conflit entre espaces urbains, populations et activités. Se dessine alors le besoin de résoudre ce conflit de cohabitation urbaine.

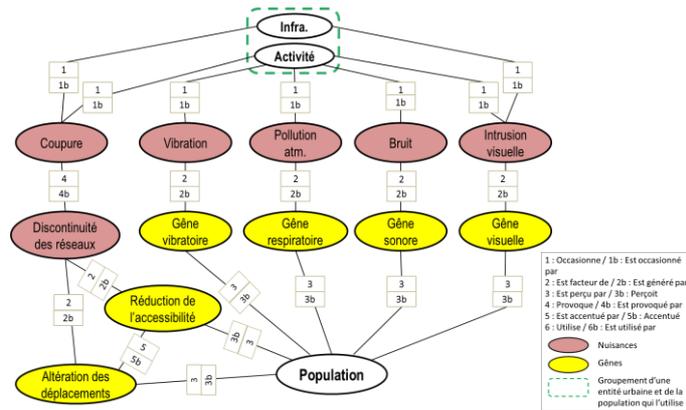


Figure 1. Modèle conceptuel du couple 1

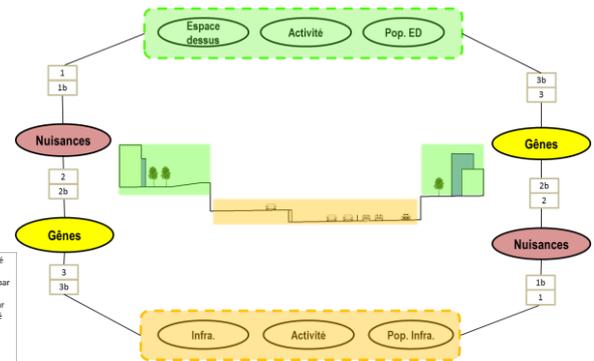


Figure 2. Modèle conceptuel synthétique du processus nuisances/gènes entre les deux entités

Gilbert Simondon introduit la notion de « médiation », en considérant un « objet technique » comme outil de médiation avec une population utilisatrice d'un environnement [SIM 89]. Outre ce concept de médiation pour aborder et donner des éléments de réponse au conflit, il est également probant de se rapprocher de la notion d'action de conciliation urbaine, à l'image des pratiques sociales instaurées dans certains cas de discordance entre deux individus. La conciliation est entendue ici comme un mode d'action permettant de régler des conflits. La conciliation urbaine opèrerait sur ce principe sur des entités urbaines. Elle aurait pour but de rétablir une coexistence harmonieuse et plus ou moins communicante (établissement de relations fonctionnelles) entre elles, et de résoudre les conflits identifiés. L'action de conciliation évoquée peut être envisagée comme un service : le fait de créer un service de conciliation urbaine apparaît ainsi comme la finalité de l'objet couverture. Afin de limiter les restrictions de sens et de compréhension, la notion de service ici est définie comme un « ensemble organisé d'activités destinées à remplir le besoin. » [REY 05]. Il permet ainsi de regrouper et d'intégrer l'ensemble des disciplines concernées par ces problématiques et projets dans cette action de conciliation urbaine.

4. Définition du système urbain complexe couverture

L'ouvrage de couverture n'est pas complexe en soi. La structure de génie civil est connue et maîtrisée par les experts du domaine. Elle dispose de limites spatiales clairement et unanimement définies et d'une importante pérennité temporelle. Ces couvertures ne constituent généralement pas des caractéristiques de systèmes complexes [ALL12] [LEM 77]. Pourtant, une part de complexité émane de cet objet. La couverture, en tant qu'objet de génie civil, intervient comme une modification du système urbain, c'est-à-dire un changement de comportement d'un système avéré complexe. Son intégration dans le système urbain constitue ainsi un problème complexe. L'ouvrage de couverture est absolument indissociable du projet urbain. Dans le domaine de la ville et de l'urbain, la complexité n'est plus à démontrer [ALL 12]. Les dynamiques, la pluralité des échelles spatiales et temporelles, la diversité des structures et des formes, ou encore la composante sociale, les jeux d'acteurs etc., sont autant d'éléments qui rendent le projet urbain extrêmement complexe. Le questionnement et la réflexion, autour des méthodes et des outils, sont naturellement orientés vers l'étude des systèmes complexes, menés via la systémique.

L'analyse fonctionnelle, une des méthodes de l'approche systémique, propose de se positionner vis-à-vis du fonctionnement au regard d'une finalité clairement établie. Il s'agit d'un processus visant à rechercher, organiser (ordonner, caractériser, hiérarchiser) et évaluer les fonctions d'un système au sein de son environnement [TAS 03], [BRE 00]. La méthode interprète un système en un ensemble de fonctions structurées, répondant à un même but. Elle en modélise son organisation et la rend intelligible et exploitable. L'application de la méthode au système couverture nécessite dans un premier temps de se concentrer sur la définition du système lui-même. Il est indispensable d'en définir très précisément les limites, sa composition, les dynamiques qui l'animent... Pour cela, il est proposé de se référer à la démarche proposée par Jean-Louis Le Moigne [LEM 77], [ALL 12].

La mise en place de couvertures est très fortement liée à des projets d'aménagement intégrant la création d'une interface physique entre un espace urbain et une grande infrastructure de transport qui le traverse. Cette interface (ouvrage de génie civil) constitue un nouveau sol/support urbain inséré en continuité de l'existant et venant couvrir l'infrastructure. De fait, l'étude ne peut se limiter à l'ouvrage de génie civil et doit intégrer un second périmètre, plus large, correspondant au territoire du projet d'aménagement dans lequel il s'implante. Deux périmètres se dessinent alors : un périmètre structurel qui adopte les contours physiques de l'ouvrage de génie civil et un périmètre projet qui correspond au territoire urbain directement concerné par la mise en place de la couverture (Figure 3).

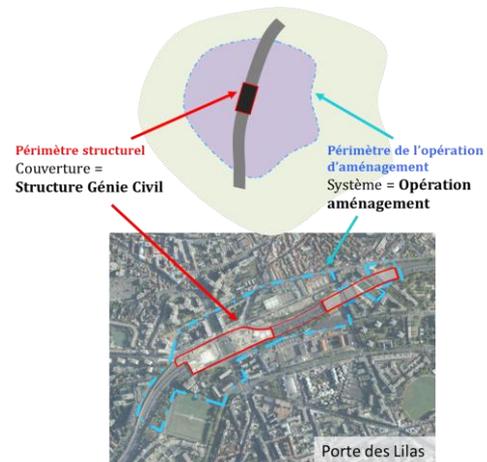


Figure 3. Illustration des deux périmètres et visualisation sur le cas de Porte des Lilas

La couverture s'inscrit donc dans un système urbain : son environnement qui présente son fonctionnement propre. L'environnement est considéré comme un espace urbain sur un territoire géographique, accueillant les activités de populations. Le but étant de saisir le fonctionnement du système et ses interactions avec l'environnement, les typologies de populations sont élaborées en quatre catégories d'usages : la population riveraine (habitant dans le périmètre du projet de couverture), la population active (exerçant une activité professionnelle dans le périmètre du projet de couverture), la population mobile (empruntant les réseaux viaires et réseaux de transport dans le périmètre du projet de couverture), la population usagers (profitant d'espaces publics, d'équipements, ou de commerces locaux dans le périmètre du projet de couverture).

Ces populations nécessitent un support pour évoluer et exercer leur(s) activité(s) : l'espace urbain. Chaque type de population dispose d'un espace associé à son activité (défini selon même la typologie fonctionnelle que les populations) : espace mobile, espace habité, espace actif, espace équipé (Figure 4). Cette décomposition se base sur quatre fonctions urbaines : *Ville mobile*, *Ville résidentielle*, *Ville active*, et *Ville équipée* (précepte adopté, implémenté et utilisé pour des approches aussi bien conceptuelles qu'opérationnelles par l'agence d'urbanisme et de programmation urbaine Alphaville²). Ces fonctions font également écho aux travaux de Le Corbusier et notamment aux enseignements de La Charte d'Athènes [LEC 57]. En pratique, des études d'impact utilisent également ce découpage en fonctions urbaines pour appuyer leurs expertises. Ce modèle présente l'intérêt d'aborder le territoire et la ville selon une approche fonctionnelle (et systémique) en se basant à la fois sur la composition urbaine et sur les pratiques de la population qui y évolue.

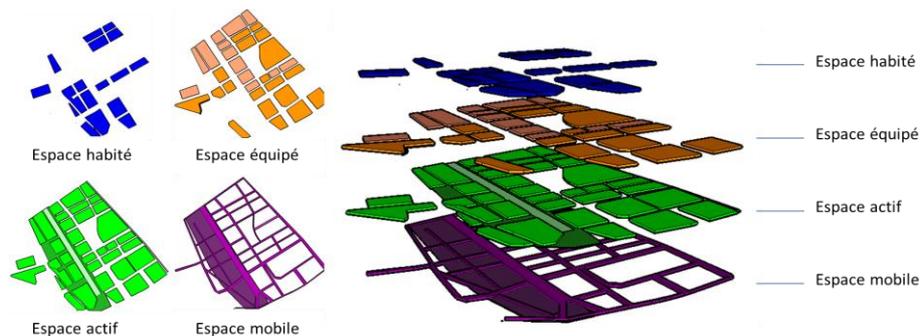


Figure 4. Décomposition et superposition de l'espace urbain sur le secteur Massena, Paris-Rive-Gauche

Le système retenu, dans le cadre de ce travail de thèse, est donc le système urbain de couverture, dont le périmètre correspond à l'opération d'aménagement dans lequel vient se greffer la couverture. Ce système est également qualifié d'environnement (populations + espace urbain) de la couverture.

² Agence d'urbanisme Alphaville - <http://alphavilleurbanismes.wordpress.com/>.

5. Modélisation fonctionnelle de la couverture dans son environnement

L'étude de l'environnement de la couverture via le processus nuisance/gêne a mis en exergue un besoin vis-à-vis du conflit résultant de la cohabitation entre infrastructure de transport et espace urbain. La couverture s'est avérée être une réponse possible à ce conflit. Le but de la modélisation est d'appréhender et comprendre la position de la couverture dans son environnement et plus particulièrement de saisir comment la couverture s'intègre dans le fonctionnement du système par le biais de cette finalité particulière. Pour ce faire le travail de recherche s'appuie sur trois questionnements : *A qui profite la couverture ? Sur quoi agit-elle ? Dans quel but ?*; questionnements formalisés dans un outil graphique (Bête à cornes) de la méthode APTE [BRE 00], [ALL 12].

L'objet de génie civil, la couverture, se positionne dans son rôle de création de service de conciliation urbaine. Ce but, ou cette finalité, se traduit par une action, ou série d'actions, sur les nuisances (émanent de la cohabitation) à l'origine même du conflit, semblant assez logiquement profiter aux populations. Par ailleurs, la couverture profite également à l'espace urbain lui-même. Le graphique de modélisation de la couverture est alors adapté et prend ainsi la forme d'une double Bête à cornes emboîtée (Figure 5). La couverture profite à l'espace urbain, qui profite lui-même aux populations y exerçant une activité.

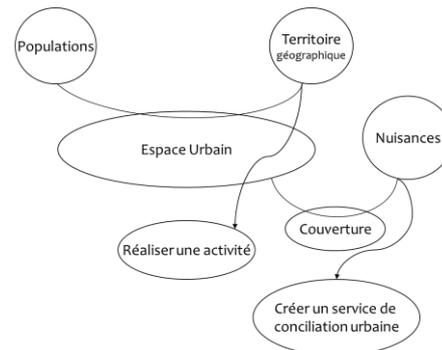


Figure 5. Application de la Bête à cornes sur la couverture

Le système urbain de couverture défini, il est possible de procéder à la modélisation fonctionnelle du système afin d'aboutir à une description fine et globale de son fonctionnement. Pour cela, un autre outil de l'analyse fonctionnelle APTE est utilisé : le diagramme pieuvre. Ce dernier permet de mener une analyse fonctionnelle externe de la couverture dans son environnement. Dans ce cas, l'analyse fonctionnelle interne correspond à une étude structurale de génie civil. Cette étape de la méthode ne concerne pas le travail mené dans cette thèse, elle fait cependant l'objet d'une étude, par ailleurs.

La méthode employée s'apparente à une mise en interaction des éléments de l'environnement avec la couverture. Se dessinent alors deux types d'interaction. Le premier met en relation deux éléments de l'environnement par le biais de la couverture, liaisons fonctionnelles constituant les fonctions principales du système urbain de couverture. Le second type d'interactions correspond aux liens directs entre un élément de l'environnement et la couverture : il s'agit des fonctions de contrainte du système (Figure 6).

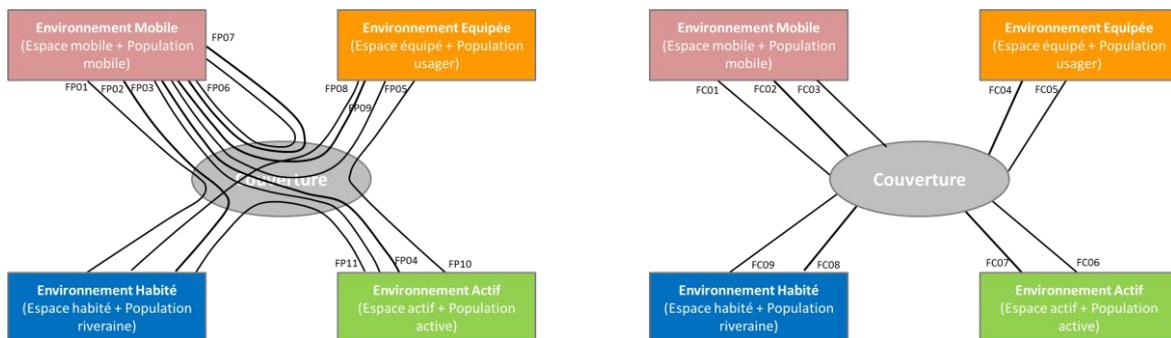


Figure 6. Détermination des fonctions principales (à gauche) et de contrainte (à droite)

Ces modèles ont pu être validés auprès des acteurs partie prenante du projet CANOPEE.

Ainsi, pour l'exemple, la fonction principale FP01 *Créer une proximité entre espace actif et espace habité* met en relation l'espace mobile et l'espace habité (Figure 6), (Tableau 2).

In fine, cinq groupes de fonctions ont été identifiés et formalisés pour le système : assurer la protection des espaces vis-à-vis des nuisances environnementales générées par l'infrastructure de transports / créer une proximité entre les différents espaces / assurer le confort des populations sur les différents espaces ; créer du foncier / assurer l'efficacité de l'infrastructure.

Tableau 2. Extrait du jeu de fonctions

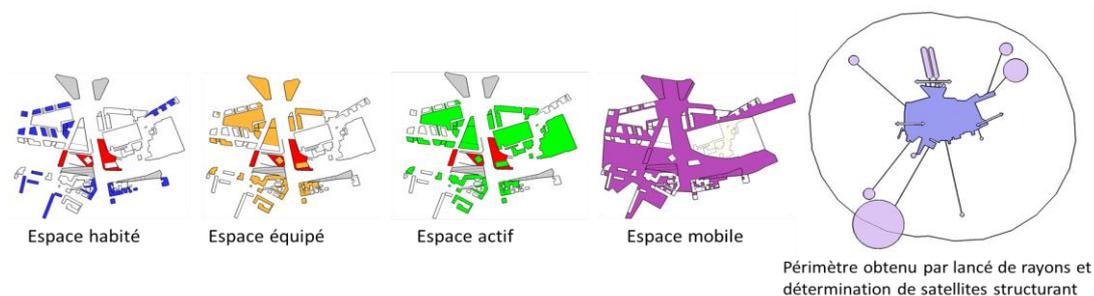
| Id_Groupe | Id_Fonction_mère | Id_Fonction_fille | Intitulé de fonctions | Composant 1 | Composant 2 |
|-----------|------------------|-------------------|--|-------------------|---------------|
| G1 | | | Créer une proximité entre les différents espaces | | |
| | FP01 | | Créer une proximité entre espace mobile et espace habité / Assurer l'accessibilité de l'espace habité pour les populations | Espace Mobile | Espace Habité |
| | | FP01-1 | Créer une proximité entre réseau automobile et environnement habité | Réseau Automobile | Espace Habité |
| | | FP01-2 | Créer une proximité entre réseau cycliste et environnement habité | Réseau Cycliste | Espace Habité |
| | | FP01-3 | Créer une proximité entre réseau piéton et environnement habité | Réseau Piéton | Espace Habité |
| | | FP01-4 | Créer une proximité entre réseau TC et environnement habité | Réseau TC | Espace Habité |
| | FP03 | | Créer une proximité entre espace mobile et espace actif / Assurer l'accessibilité de l'espace actif pour les populations | Espace Mobile | Espace Actif |
| | | FP03-1 | Créer une proximité entre réseau automobile et environnement actif | Réseau Automobile | Espace Actif |
| | | FP03-2 | Créer une proximité entre réseau cycliste et environnement actif | Réseau Cycliste | Espace Actif |
| | | FP03-3 | Créer une proximité entre réseau piéton et environnement actif | Réseau Piéton | Espace Actif |
| | | FP03-4 | Créer une proximité entre réseau TC et environnement actif | Réseau TC | Espace Actif |

La description du fonctionnement du système couverture dans son environnement, à travers ces cinq groupes de fonctions est alors affinée afin de disposer d'un jeu de fonctions exhaustif à différents niveaux de granularité. Pour ce faire, les décompositions de l'environnement sont conduites sur chacun des quatre espaces retenus (mobile, habité, équipé et actif). Il en résulte près de 200 fonctions structurées et hiérarchisées.

6. Application sur deux cas d'étude

Il était important à ce niveau de confronter cette méthode théorique de description du fonctionnement du système à la réalité du terrain. Un travail d'application de la méthode est actuellement en cours sur deux cas de couverture, l'une en projet sur une grande infrastructure routière, l'autre en exploitation concernant une infrastructure ferroviaire. Le choix de cas d'application s'est porté sur des couvertures non recensées dans la base de données, utilisée pour construire la modélisation, pour éviter tout biais.

L'application de la méthode a soulevé un premier questionnement sur la définition du périmètre du système. Le processus retenu se fonde sur le périmètre du projet urbain et présuppose que la couverture est relativement centrale. Si ce n'est pas le cas (comme pour les deux projets choisis), certaines précisions sont formalisées afin de se prémunir d'interventions subjectives qui viseraient à adapter de manière autonome les limites du périmètre. L'objectif étant, il est utile de le rappeler, d'analyser la couverture dans une finalité précise et donc, de fait, d'identifier les relations (fonctions) du système urbain de couverture effectives. Pour illustrer ces propos : un système dont le périmètre n'est pas centré sur la couverture est susceptible d'exclure des composants moteurs de relations et ainsi de fonctions pourtant effectives et essentielles dans le fonctionnement urbain local (notamment en termes de résorption de l'effet de coupure). Pour éviter un maximum de biais et de subjectivité dans le processus un protocole d'aide à la définition d'un périmètre a été mis en place, protocole fondé sur la notion de « lancer de rayons » [RAM 03] et l'identification des éléments territoriaux structurants.

**Figure 7.** Décomposition et définition du périmètre sur le cas d'application (infrastructure routière)

Ce nouveau protocole permet de positionner un périmètre du système pour chacune des couvertures étudiées (Figure 7). Les résultats de la modélisation d'évaluation des couvertures d'infrastructures routière et ferroviaire choisies, utilisant les périmètres ainsi identifiés, apparaissent comme fortement pertinents dans la description globale du fonctionnement du système aux yeux des différents acteurs concernés. Ces deux applications, très encourageantes, et les attentes des acteurs de l'urbain incitent à approfondir la partie évaluation de cette recherche, qui n'est pour l'heure que qualitative et relative. Le travail d'identification et de formalisation d'indicateurs existe, à des niveaux de granulométrie assez fins. Le questionnement scientifique est centré sur l'évaluation globale, avec les questions récurrentes de changement d'échelle, d'agrégation, concaténation ...

7. Conclusion et perspectives d'évaluation

L'intégration des couvertures d'infrastructures au sein de milieu urbain s'apparente à un questionnement complexe. Il est préconisé dans ce travail de thèse, l'adoption d'une approche systémique, et plus particulièrement l'analyse fonctionnelle, afin d'intégrer une vision globale, transdisciplinaire ainsi que le caractère multi-échelles, multi-acteurs et multi-dimension du système. L'emploi de cette méthode permet dans un premier temps de comprendre comment la couverture va répondre au conflit inhérent à la cohabitation entre infrastructure de transport et espace urbain traversé. Ainsi, la couverture crée un service de conciliation urbaine pour réduire ou palier les processus nuisance/gêne entre les deux entités urbaines en conflit. L'analyse fonctionnelle appliquée au système couverture détermine et modélise ensuite la dynamique fonctionnelle dans laquelle elle s'intègre pour mener à bien cette finalité. La mise en interaction des éléments constituant l'environnement de l'objet de génie civil (des populations utilisant des espaces urbains), décrit un jeu de fonctions sur lequel il est possible de s'appuyer pour déterminer très précisément le fonctionnement du système.

Le résultat de cette application méthodologique est employé comme support pour l'évaluation. Plus concrètement, le travail en cours vise à assigner à chaque fonction un jeu de critères (et d'indicateurs) de manière à pouvoir évaluer individuellement chacune d'elles (quantitativement ou qualitativement). La tâche suivante consistera en l'adoption et l'adaptation d'une méthode d'analyse multicritère appropriée. Elle s'attachera à agréger pertinemment les critères retenus, dans l'optique d'aboutir à l'évaluation globale de la couverture. A la suite de ce travail de thèse, un outil d'aide à l'évaluation capable d'éclairer la décision des acteurs concernés par le projet pourra être envisagé. Il permettra de comparer différents projets entre eux, un même projet dans le temps ou simplement dépendre un « état » global d'une couverture.

8. Bibliographie

- [ALL 12] ALLAIRE D., *Développement d'une approche systémique de la gestion patrimoniale d'un parc immobilier d'envergure nationale pour améliorer sa performance énergétique*. Thèse de doctorat, 2012, UPEM, 634p.
- [ANC 14] ANCLAES P., JONES P., MINDELL JS., *Quantifying community severance. 2014*, Street Mobility and network accessibility series working paper 02, On behalf of the Street Mobility research team, 38p.
- [BRE 00] BRETESCHE (de la) B., *La méthode APTE. Analyse de la valeur. Analyse fonctionnelle.*, 2000, Ed. Pétrelle., 239p.
- [CHA 15] CHANDON B., BLANC S., DUCOURTIEUX L., LIU L., *CANOPEE. Catalogue d'opérations d'insertion d'infrastructures de voirie*, 2015, 209 p.
- [GRI 05] GRILLET-AUBERT A., GUTH S., *Déplacements, Architecture du transport : territoires en mutation.*, 2005 Ed. Recherches Ipraus, 255p.
- [GUI 11] GUILLOT-LEHEIS S., *La ville et sa rocade. Un projet d'infrastructure au risque du temps long, le cas de Marseille.*, 2011, Thèse de doctorat, Ecole des Ponts ParisTech, 2011, 462p.
- [HER 11a] HERAN F., *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*. Ed. Economica, 2011, 217p.
- [HER 11b] HERAN F., *Pour une approche systémique des nuisances liées aux transports en milieu urbain*, les Cahiers Scientifiques du Transport, N° 59/2011, 2011, Pp 83-112, 30p.
- [LEC 57] LE CORBUSIER., *La Charte d'Athènes*. Ed. de Minuit, Coll. Points, 1957, 190p.
- [LEM 77] LE MOIGNE JL., *La Théorie du Système Général, Théorie de la Modélisation*, 1977, 285p.
- [MOR 12] MOREL J., *Caractérisation physique et perceptive du bruit routier urbain pour la définition d'indicateurs de gêne sonore en situation de mono-exposition et de multiexposition en présence de bruit industriel*. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, 2012, 311p.
- [NGU 12] N'GUYEN A., *Différentes approches de l'impact de l'effet de coupure sur les déplacements motorisés*, Mémoire de master, 2012, Univ. Paris-Est-Marne-la-Vallée, 32p.
- [PRE 07] PRELORENZO C., ROUILLARD D., *Le temps des infrastructures*, Ed. L'Harmattan, 2007, 157p.
- [REY 05] REY A., *Grand Robert de la langue Française [CR ROM]*, Version 2, 2005.
- [RAM 03] RAMOS F., *Modélisation et validation d'un système géographique 3D opérationnel*. Thèse de doctorat, 2003, Université Marne-la-Vallée, 175p.
- [SIM 89] SIMONDON G., *Du mode d'existence des objets techniques*. Ed. Aubier, 1989, 335p.
- [TAS 03] TASSINARI R., *Pratique de l'analyse fonctionnelle*, 2003, 176p.