

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE DU STAGE

Le présent rapport est le résultat d'un stage de trois mois effectué du 18 janvier au 17 avril 2010 en collaboration avec deux services: le service de la protection contre le bruit et les rayonnements non ionisants (SPBR) et le service de l'énergie (SCANE).

Le lieu de travail était principalement situé au service de l'organisation et des systèmes d'information (SOSI). Pour le travail en collaboration avec le service de l'énergie, un bureau a été mis à disposition au sein du ScanE.

1.2. OBJECTIFS DU STAGE

Ce stage a pour but de prendre contact avec le monde du travail dans le domaine de la géomatique et des systèmes d'information géographique. Il vise à mettre en pratique les connaissances acquises dans le cadre du Certificat de spécialisation en Géomatique.

Dans le cadre du SPBR, il s'agit d'une part de créer une carte des ambiances sonores de treize espaces publics genevois. D'autre part, il s'agit d'accomplir une démarche exploratoire quant à la possibilité de visualiser le cadastre routier en 3D. Pour réaliser ce projet, il faut tout d'abord utiliser le logiciel de simulation acoustique IMMI pour les calculs de bruit en façade et de propagation. Puis, transférer les résultats d'IMMI sur ArcScene et les visualiser en 3D.

Dans le cadre du ScanE, il s'agit d'une part de géolocaliser les demandes de subventions de Chèque-énergie 2009. Et si le temps le permet, participer à l'élaboration du guichet énergie. D'autre part, il s'agit de contribuer à l'analyse des informations à inscrire dans les masques de saisie, permettant ainsi l'acquisition des données des demandes de subvention pour le Chèque-Bâtiment-énergie (2010).

2. CARTOGRAPHIER LE BRUIT ROUTIER

2.1. INTRODUCTION

Le bruit en ville a pendant longtemps été considéré comme inévitable ; une caractéristique nécessaire à la vie urbaine. Cependant, depuis quelques décennies, les nuisances sonores sont devenues omniprésentes, voire obsédantes dû à l'augmentation des transports motorisés notamment. Dès lors, les sociétés prennent conscience que la préservation d'une « bonne » qualité de vie passe par la sauvegarde de l'environnement.

La pollution par le bruit (ou sonore) est parmi toutes les nuisances, un peu particulière. Elle peut se révéler très désagréable, voire dangereuse. Depuis quelques années, un grand nombre de recherches ont été menées sur le bruit et ses effets sur la santé de l'Homme. Ainsi, il est prouvé qu'une exposition répétée à un bruit de niveau relativement élevé peut avoir pour conséquence une modification du rythme cardiaque et de la pression artérielle, une augmentation de l'agressivité et enfin, une diminution de la concentration¹.

Toutefois, les transports appartiennent à notre quotidien. Les systèmes de transport organisent notre société, tant sous leur forme physique avec l'appui des infrastructures qui permettent la mobilité des individus sur le territoire, que sous leur forme psychique par les représentations que les individus ont de leur territoire à un moment donné. La connaissance et la maîtrise des transports est indubitablement capitale pour la gestion organisationnelle des habitants d'un pays, d'une région ou d'une ville. En effet, l'organisation spatiale d'une société est dépendante du système de transport qui a été mis en place par la société elle-même. Ainsi, les activités (professionnelles, quotidiennes, etc.), les modes de vie et les pratiques spatiales ne sauraient se priver des transports.

Donc, le service de transport est en étroite relation avec les systèmes socio-économiques, politiques et culturels d'un pays. Nous sommes par conséquent toutes et tous dépendants des transports. De plus, nos pratiques de mobilité ne sont pas neutres. Elles ont un impact sur le territoire, mais également sur les « espaces de vie » des autres habitants. Ainsi, les échelles géographiques se transforment, permettant d'effectuer des distances toujours plus longues avec le même intervalle de temps. C'est pourquoi, les transports suscitent une mobilité accrue, signe de qualité de vie pour certains. Cependant, pour d'autres, les externalités² des transports sont négatives en raison de la forte pollution environnementale et sonore. Le bruit occasionne donc des coûts autant pour l'individu que pour la collectivité. Il entraîne également une dégradation du cadre de vie qui a pour conséquence une perte de l'attractivité des lieux et donc un dépeuplement, une baisse de la rente foncière, etc. Il en revient donc aux politiques publiques dans l'aménagement du territoire de faire des choix tant au niveau des types de transports et de leur localisation sur le territoire que des normes et des mesures à mettre en place pour atténuer ces coûts externes et indirectement maintenir le bien-être de la population.

¹ L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : [en ligne:], <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs258/fr/>, consulté le 29.03.2010

² Par externalité (ou coût externe), nous entendons un « coût économique qui n'est pas pris en compte par les marchés ni dans les décisions des agents du marché. » Dans le cas des coûts externes des transports, ce sont les coûts qui ont été produits par les utilisateurs. G. PINI, « Cours de géographie des transports, semestre d'été 1999 », p.14

Mais qu'est-ce que le bruit ? Le bruit est un phénomène physique. Il s'agit d'un mélange d'ondes qui se propagent sous la forme d'une variation de la pression de l'air³. Grâce à l'invention du sonomètre, il fut possible de mesurer les niveaux de bruit. Nous sommes donc passés d'une impression subjective (ex. « c'est calme, c'est bruyant ») à des valeurs métrologiques. Ainsi, les niveaux de bruit ont été utilisés pour qualifier un environnement sonore. Ces derniers étant variables dans le temps et dans l'espace, les scientifiques ont mis en place « des modes de saisie permettant d'obtenir des valeurs moyennes sur une durée déterminée. » (ARLAUD; 1996; 23)

L'unité de mesure des valeurs de bruit est en décibel. Le décibel (dB) est « la puissance physique des sons, exprimée en unités de pression sur le tympan, [qui] varie de 0 à plusieurs milliards ; les acousticiens ont créé le décibel qui traduit la puissance des sons selon une échelle logarithmique. Une augmentation de 3 décibels correspond au doublement de la puissance d'un bruit, l'addition de deux bruits de 60 décibels produit un bruit de 63 décibels (et non 120 décibels). »⁴ Mais comme l'être humain ne perçoit pas de la même façon les sons graves et les sons aigus, les valeurs sont calculées en décibels pondérés dB(A). À titre d'exemple, le niveau de dB(A) à l'immission⁵ dans une chambre calme est d'environ 25 à 30 dB(A), alors que dans une rue dite « à gros trafic routier », le niveau peut atteindre 80 à 90 dB(A).

L'une des premières cartes de bruit a été réalisée à Berlin en 1938. Depuis, de nombreuses villes en Europe se sont dotées de telles cartes. De nos jours, elles sont conçues de manière à répondre aux exigences légales des pays concernés. Elles traitent des nuisances mesurables et/ou calculables (ex. modélisation) pour lesquelles des valeurs limites ont été définies (ARLAUD; 1996; 23).

2.2. L'ORDONNANCE SUR LA PROTECTION CONTRE LE BRUIT (OPB)

Pendant longtemps, il revenait aux citoyens de respecter les bons « usages » et de « s'abstenir de tous agissements au détriment du voisin » (LAGUERRE ; 1991 ; 42). Puis, durant le XX^{ème} siècle, certaines règles ont vu le jour en Suisse comme la valeur limite d'émission pour véhicules (depuis 1952) et d'avions (1971). D'autres mesures comme l'interdiction aux camions de rouler pendant la nuit ont été instaurées (LAGUERRE ; 1991 ; 44).

Cependant, la Confédération ne se préoccupe légalement des nuisances sonores que depuis l'adoption d'un article constitutionnel datant de 1971. Cet article attribue une compétence fédérale en matière de protection de l'environnement. Puis, le 15 décembre 1986, a été adoptée une Ordonnance sur la Protection contre le Bruit (OPB). Elle fixe des seuils de valeurs limites d'immission selon les zones de sensibilité préalablement définies, de telle manière à assurer le bien-être de la population. L'OPB impose ainsi aux cantons de prévoir un programme d'assainissement afin de respecter les limites déterminées. Ces mesures d'assainissement obligent notamment les propriétaires à effectuer des isolations acoustiques des bâtiments dits « problématiques » (insonorisation des fenêtres, ...) (BEUCHAT ; 1998 ; 10).

³ Le journal du CNRS, [en ligne:], <http://www2.cnrs.fr/presse/journal/3232.htm>, consulté le 21 mars 2010

⁴ G. PINI, « Cours de géographie des transports, semestre d'été 1999 », p. 29.

⁵ On entend par immission les effets du bruit enregistrés par les capteurs de mesure et non pas à la source.

Cette Ordonnance sur la Protection contre le Bruit intervient sur trois échelons différents (se complétant les uns les autres): (LAGUERRE ; 1991 ; 44).

- 1) La restriction du bruit à la source en limitant les émissions.
- 2) Aménager des éléments sur le territoire (ex. parois de protection contre le bruit) et planifier le trafic au niveau de l'aménagement du territoire.
- 3) Installer des mesures de protection passive contre le bruit chez les personnes touchées par les immissions sonores (ex. fenêtres anti-bruit).

Lorsque les valeurs limites sont dépassées au niveau des immissions, la Confédération accorde des subventions afin d'assainir les installations visées. Ces montants sont prélevés sur les droits de douane et les suppléments perçus sur les carburants (LAGUERRE ; 1991 ; 45).

2.3. LE SERVICE DE LA PROTECTION CONTRE LE BRUIT ET LES RAYONNEMENTS NON IONISANTS (SPBR)

Le service de la protection contre le bruit et les rayonnements non ionisants (SPBR) fait partie du département de la sécurité, de la police et de l'environnement (DSPE). Pour ce qui concerne le bruit, le SPBR cherche à contrôler et à gérer les nuisances sonores, notamment liées aux systèmes de transport, aux chantiers et aux établissements publics. Pour ce faire, le service se base sur l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) et s'occupe, entre autres activités, de faire des expertises, préavisier les autorisations de construire, contrôler les établissements publics et enfin, mettre en oeuvre et à disposition le cadastre du bruit routier du canton de Genève.

Ainsi, l'OPB fixe des valeurs limites d'exposition au bruit pour les principaux types de bruit (routier, ferroviaire, aérien, industriel et installations de tir). Ces valeurs sont différenciées selon le jour ou la nuit et selon quatre degrés de sensibilité (zones de détente, zones d'habitations, zones mixtes et zones industrielles). Voici la carte des degrés de sensibilité (pour les valeurs « jour ») pour le canton de Genève.

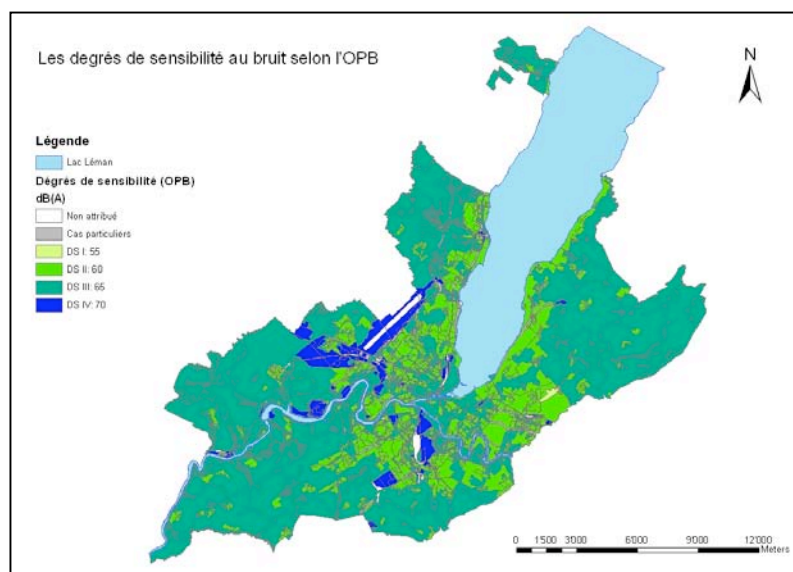


Figure 1 : Les degrés de sensibilité au bruit selon l'OPB (carte réalisée lors d'un précédent travail, mai 2008)

DS I. Zones qui requièrent une protection accrue contre le bruit: zones de détente
DS II. Aucune entreprise gênante n'est autorisée: zones d'habitation
DS III. Zones où sont admises des entreprises moyennement gênantes : zones d'habitation et artisanales, et les zones agricoles.
DS IV. Les zones où sont admises des entreprises fortement gênantes: zones industrielles.

Comme il a été dit précédemment, le SPBR effectue le cadastre du bruit routier du canton de Genève. Il est basé en fonction des amplitudes de dépassements des niveaux de bruit par rapport aux degrés de sensibilité. Les principaux axes routiers ont été mesurés et évalués pour ensuite mettre en exergue - dans le cadastre routier - les bâtiments qui font l'objet d'un dépassement de valeur d'immission. La mise à jour du cadastre est effectuée si un nouveau quartier voit le jour ou si le trafic a été fortement modifié à un endroit ; incluant des modifications définitives telles que de nouveaux feux de signalisation, un nouveau revêtement de sol, un nouveau rond-point, etc (GOUNEAUD ; 2009 ; 4).

Le cadastre routier est cartographié selon un mode de représentation en deux dimensions. Les résultats obtenus sont le fruit de calculs effectués au point de réception des immissions provenant de sources linéaires (les routes). Ces résultats se basent sur une première couche de mesure de bruit (points). À partir de cette couche sont établies les routes (émissions). Et enfin, les façades prises en considération sont celles qui sont touchées par les rayons de bruits émanant des routes (immissions). Le point de calcul se situe à mi-hauteur de la façade (partie sensible au bruit), sachant que la hauteur est limitée à 10 mètres (GOUNEAUD ; 2009 ; 6). Les résultats ainsi obtenus sont représentés géométriquement sous forme de ligne, en tenant compte du code couleur officiel : violet (plus de 70 dB(A)), rouge (plus de 65 dB(A)), orange (plus de 60 dB(A)) et jaune (plus de 55 dB(A)).

Voici un extrait du cadastre du bruit routier.

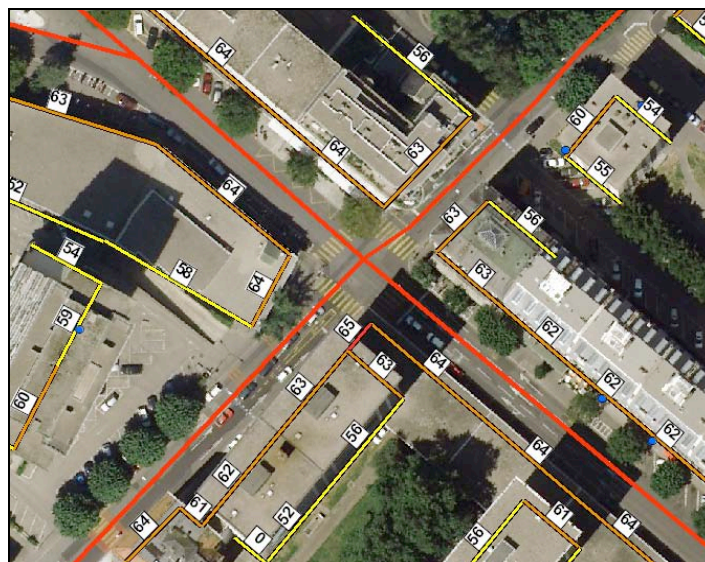


Figure 2 : Extrait du cadastre du bruit routier, réalisé par le SPBR

2.4. CARTOGRAPHIE DE L'AMBIANCE SONORE DES ESPACES PUBLICS GENEVOIS

2.4.1. INTRODUCTION

La perception d'une ambiance est pluri-sensorielle car elle combine nos cinq sens (ex. images, odeurs, température, courants d'air, etc.). Selon Augoyard (in ARLAUD; 1996; 9), l'ambiance est constituée à la fois des conditions extérieures agissant sur l'individu (signaux physiques repérables dans l'espace) et également des perceptions sensibles et des usages des sujets ainsi que des représentations sociales et culturelles. Donc, le bruit n'est pas seulement un élément chiffrable, il est également une perception personnelle et subjective. De plus, le paysage sonore est considéré comme une caractéristique indissociable de la vie en ville.

L'approche quantitative permet de résoudre de nombreux problèmes, tels que le repérage de situations critiques et la réponse aux exigences légales. Mais elle néglige d'autres aspects et n'offre qu'une compréhension partielle de la réalité sonore. C'est pourquoi, il est important d'associer une approche qualitative pour tenir compte des aspects non identifiables par l'approche quantitative. Un des procédés utilisés comme outil de communication est l'écriture. C'est un moyen de communication qui permet de différencier divers aspects de l'analyse sonore d'un lieu (ARLAUD; 1996; 6). Cependant, un écrit à lui seul ne permet pas d'avoir une représentation précise de l'ambiance sonore. C'est pourquoi l'adéquation des observations écrites à une représentation cartographique semble intéressante et importante pour clarifier les résultats analysés, de manière plus opératoire⁶.

Toutefois, la cartographie de l'ambiance sonore a ses limites car d'une part, la représentation cartographique impose un temps arrêté, alors que l'environnement sonore n'est perceptible qu'en fonction du temps qui passe (secondes, jours de la semaine, saisons, jours fériés, etc.). D'autre part, la carte ne comporte que deux dimensions alors que le son se propage dans toutes les directions, incluant de ce fait la 3^{ème} dimension (ARLAUD; 1996; 16).

2.4.2. CONTEXTE

Pour ce travail sur l'ambiance sonore, treize espaces publics ont été choisis.

Les espaces publics sélectionnés sont les suivants :

- Squares Bd. D'Yvoy (deux espaces publics différents)
- Parc Gourgas
- Square rue Dancet, rue Moulins-Raichlen
- Place des Augustins
- Croisement Bd. Emile Jaques-Dalcroze et Bd. des Philosophes
- Croisement Bd. Emile Jaques-Dalcroze et rue de l'Athénée
- Croisement Bd. Emile Jaques-Dalcroze et rue Charles Galland
- Parc des Bastions
- Croisement Bd. James-Fazy et Quai du Seujet
- Parc des Acacias
- Square rue Ernest-Bloch; route Frontenex; Av. William-Favre
- Croisement Bd. des Promenades et Av. Vibert

⁶ Une telle approche pourrait être effectuée également pour d'autres types de travaux, comme par exemple la pollution de l'air atmosphérique.

Les mesures ont été prises durant les mois d'août et de septembre 2009 par une stagiaire engagée par le SPBR. Pour chaque espace public étaient définis différents points de mesures. Son travail a consisté à se rendre dans les treize espaces publics, à deux reprises (à des journées et à des heures différentes). Le sonomètre était placé à 1,5 mètres du sol et mesurait le niveau de bruit ambiant pendant 15 minutes. Entre-temps, la stagiaire inscrivait ses impressions sur l'ambiance sonore du lieu pour ainsi apporter une dimension « subjective » aux mesures « objectives ».

Une fois les mesures terminées, elles les a retranscrites sur un fichier Word, en y intégrant ses remarques. Voici un exemple de ces retranscriptions :

17 septembre 2009

Localisation Bastion G

Entre 10h13 et 10h28

LEQ ⁷	MinL	MaxL	L1	L10	L50	L90	L99	Durée
52	44,3	65,5	59	54	51	48	46,5	15

Source des bruits :

Les bruits routiers sont assez faibles et proviennent de la rue surplombant le parc qui est assez éloignée mais plutôt bruyante, et aussi de la rue attenante, nettement plus proche mais bien moins fréquentée. L'endroit est très calme.

On entend les gens, les voix, les pas. On perçoit les chants des oiseaux et même leurs mouvements dans les arbres, lorsqu'ils font bouger les branches. C'est un endroit très agréable, ensoleillé, assez vivant sans être trop bruyant.

Son par minute :

3^e minute : sirène + camionnette

6^e minute : camion

9^e minute : klaxon

11^e minute : klaxon + bande d'enfants

14^e minute : groupe de jeunes qui font du jogging + touristes + camion dans le parc.

C'est à partir de ces données que j'ai ensuite pu créer sur ArcMap un nouveau projet représentant les ambiances sonores des divers espaces publics concernés.

⁷ Le LEQ (Level Equivalent) est une moyenne dans le temps de l'énergie acoustique diffusée.

2.4.3. MÉTHODOLOGIE

Le but est de digitaliser les différents points de mesures dans les divers espaces publics et d'intégrer les remarques « subjectives » retranscrites par la stagiaire.

Voici les étapes:

1. Vérification des données de mesures de bruit dans les parcs.
2. Intégration des données sur Excel et mise en forme adéquate
3. Sur ArcCatalogue: création d'une géodatabase file (gdb)
4. Création d'une nouvelle couche point_digitalisation avec comme attributs ID_MESURE_POINT (short integer)
5. Sur ArcMap: ajout de cette nouvelle couche
6. Début de la digitalisation avec Editeur: attention particulière à ce que l'identifiant du point digitalisé coïncide avec l'identifiant de la table Excel
7. Une fois les points digitalisés: jointure avec la table Excel. Mais dû à la question des caractères très nombreux dans la colonne remarque, choix de faire cette jointure via FME. De plus, ajout de l'attribut remarque et de ses champs de texte correspondants dans la couche ambiance_sonore_digitalisation
8. Ajout sur ArcMap de la nouvelle couche avec tous les attributs nécessaires: ambiance_sonore (mdb)
9. Vérification: toutes les informations figurent lorsque l'on clique sur le point avec « i »
10. Pour pouvoir lire les textes en entier dans la table attributaire, il faut cliquer sous option « appearance » et augmenter au maximum la hauteur des cellules, puis élargir au maximum les colonnes.
11. Création d'un projet mxd avec les couches: ambiance_sonore et A.GEO_RASTER_ORTHOPHOTO_16CM

2.4.4. RÉSULTATS

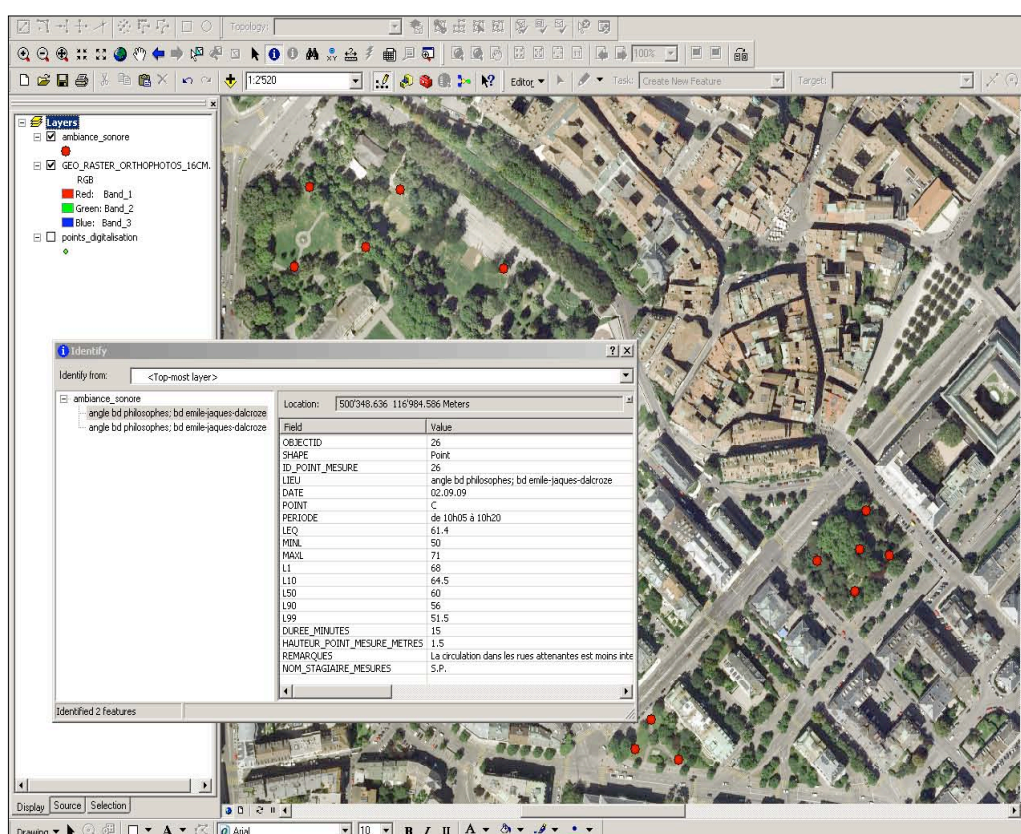


Figure 3 : Cartographie des ambiances sonores (mesures et remarques)

2.5. CARTOGRAPHIE 3D DU BRUIT ROUTIER

2.5.1. INTRODUCTION

La modélisation 3D a pris des proportions de plus en plus importantes ces dernières années. En effet, la 3D n'est plus cantonnée qu'aux domaines spécifiques tels que le design ou les projets d'architectes, mais prend d'avantage de place dans les jeux vidéos, dans le cinéma ou encore dans le domaine médical. Les systèmes d'Informations Géographiques (SIG) s'intéressent - eux aussi - d'avantage au développement des modes de représentations 3D. Grâce aux progrès techniques dans le domaine de l'imagerie virtuelle (surtout grâce aux améliorations techniques dans les jeux vidéos) et de la cartographie graphique ; ces diverses compétences séduisent particulièrement les professionnels de l'aménagement du territoire (KOEHL ; 2008). En effet, représenter une réalité territoriale sous forme virtuelle géoréférencée constitue un enjeu important, tant pour la planification territoriale (simulations) que pour la gestion normative dans les différents domaines urbains (mobilité, environnement, tourisme, etc.). Cependant, pour pouvoir utiliser l'imagerie 3D, il est important de structurer les données 3D de manière pertinente, et ainsi permettre une exploitation plus riche qu'une simple visualisation.

En 2006, une étude prospective (du centre-ville genevois) a été effectuée afin de montrer la faisabilité de l'acquisition et de la gestion des bâtiments et des ouvrages d'art en 3D⁸. Le résultat a été concluant et a suscité un vif intérêt envers les

⁸ <http://etat.geneve.ch/dt/dcmo/historique-763-4269-9247.html>, consulté le 8 avril 2010

possibilités qu'offre la 3D par rapport à la 2D. Puis, l'administration genevoise a confié au service de la mensuration officielle (SEMO), et à d'autres partenaires, le projet 3D-MO Genève. Il s'agissait de créer un socle de données tridimensionnelles constitué des bâtiments, des ouvrages d'art, des infrastructures de transport, des signalisations et enfin de la végétation (NIGGELER ; 2008 ; 11).

En ce qui concerne les bâtiments, ils ont été modélisés manuellement au nombre de 76'000 (avec une précision moyenne de 30 cm), sur la base de photos aériennes orientées (avec une résolution de 16 cm) et avec la base de données vectorielles cadastrales en 2D (NIGGELER ; 2008 ; 11). Les photos aériennes orientées ont été produites grâce au procédé de photogrammétrie. Il s'agit de photos aériennes prises selon différents points de vue, mais avec un morceau de territoire en commun. Aussi, sur le principe de vision stéréoscopique, il a été possible de reconstituer une image 3D du territoire.

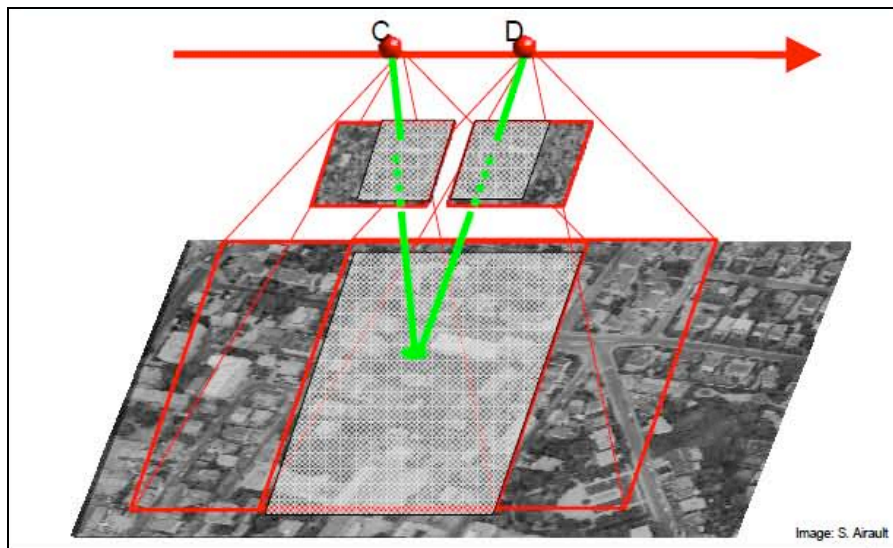


Figure 4 : Photogrammétrie,
(METRAL C., cours « space-city », automne 2009)

Ainsi, le résultat du projet 3D-MO est constitué de données vectorielles 3D, de données raster (orthophotos) qui sont superposées sur le modèle numérique de terrain (jusqu'à un mètre de précision) (WERNLI ; 2009 ; 10).



Figure 5 : La modélisation 3D des bâtiments de Genève, interface du SITG

L'interface 3D semble être séduisante pour le bruit également. En effet, la 3D pourrait apporter des informations supplémentaires par rapport à la 2D, ce qui pourrait être très profitable pour une meilleure analyse et gestion des nuisances sonores au sein du SPBR. C'est pourquoi, un des travaux de ce présent stage a été d'étudier cette question et d'effectuer une recherche exploratoire sur la faisabilité de représenter le cadastre routier en 3D.

2.5.2. CONTEXTE

Pour ce travail exploratoire sur la 3D, des portions de territoires ont été sélectionnées. Il s'agit des mêmes treize espaces publics que pour le travail sur l'ambiance sonore.

Les données utilisées sont les suivantes : (extraites du serveur métier du SITG)⁹

- Courbes de niveaux :
 Nom de la couche : A.GEO_MNA_COURBE_NIVEAU
 Type de donnée: vectorielle
 Date d'acquisition : 2009
- Routes :
 Nom de la couche : A.SPBR_ROUTES (pas consultable)
 Type de donnée: vectorielle
- Bâtiments (ayant la hauteur comme attribut) :
 Nom de la couche : A.GEO_HAUTEUR_BAT
 Type de donnée: vectorielle
 Date d'acquisition : 2005
- Orthophotos :
 Nom de la couche : A.GEO_RASTER_ORTHOPHOTOS_16CM
 Type de donnée: raster
 Date d'acquisition : 2005
- Modèle numérique de terrain (MNT) :
 Nom de la couche : A.GEO_MNA_GRID_TERRAIN

⁹ Les couches ne sont pas prises dans leur totalité. Elles ont été découpées pour ne prendre que les morceaux de territoire concernés.

- Type de donnée: raster
 Date d'acquisition : 2009
- Bâtiment 3D¹⁰ :
 - Nom de la couche : A.CAD_BATIMENT_3D
 - Type de donnée: vectorielle
 - Classes d'entité :
 - les fondations : BATIMENT_BASE
 - les façades principales : BATIMENT_BASIC_FACADE
 - les toits principaux : BATIMENT_BASIC_TOIT
 - les façades des superstructures : BATIMENT_SP_FACADE
 - les toits des superstructures : BATIMENT_SP_TOIT
- L'*EGID*, c'est-à-dire l'identifiant unique fédéral du bâtiment, est le lien entre les différentes couches SIG.

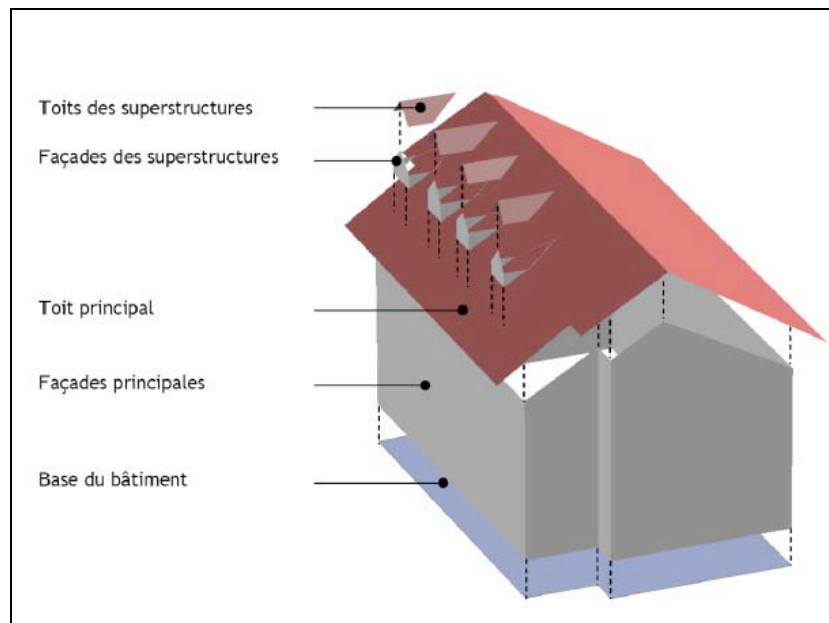


Figure 6 : Composition d'un bâtiment 3D de Genève
 (VIEIRA DE MELLO A., 2006)

2.5.3. MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

A. INTRODUCTION

L'objectif principal de cette partie 3D est de tester la faisabilité du transfert d'informations, c'est-à-dire des simulations d'immissions du bruit routier, entre le logiciel IMMI de Wölfel et l'interface ArcScene d'ESRI.

Cette étude exploratoire se divise en trois parties. Tout d'abord, il a fallu découvrir et apprendre à utiliser le logiciel IMMI afin de saisir et comprendre ses potentialités de simulations acoustiques. Deux types de simulations ont été effectuées, à savoir l'immission en façade du bruit routier ainsi qu'une grille de propagation du bruit routier. Ensuite, les résultats obtenus ont été importés sur ArcScene pour une visualisation en 3D. Et enfin, dans le but d'avoir une représentation plus réaliste et plus précise, les résultats des simulations de bruit ont été ajoutés à la nouvelle couche de bâtiment 3D.

¹⁰ Des informations supplémentaires seront apportées au point 2.5.3.d

B. IMMI

IMMI, créé par l'entreprise allemande Wölfel, est un programme qui permet entre autres de simuler et cartographier différentes sources de bruit, tels que le bruit routier, le bruit ferroviaire, le bruit aérien et le bruit industriel. Ce programme produit ainsi des algorithmes capables de simuler la propagation de ces diverses sources tout en prenant en compte les émissions et les immissions. Ce programme est en constante adaptation par rapport aux normes et standards nationaux et internationaux des méthodes de calcul du bruit. Afin d'assurer une meilleure interopérabilité¹¹ des données entre IMMI et d'autres programmes, il existe plusieurs formats d'importations et d'exportations, dont notamment : DXF (ex. AutoCAD), ASCII, ArcGIS (.dbf, .shx, .shp) et MapInfo (.mif, .mid).

Pour ce qui nous concerne, nous avons utilisé IMMI pour simuler le bruit routier, en fonction des mesures issues du cadastre de bruit genevois. Nous avons utilisé les fonctions « calcul en façade » et « calcul de grille »¹².

C. ARCSCENE

ArcScene est une application d'ESRI qui permet de visualiser la 3D et ainsi les données SIG en trois dimensions. Cette application permet de superposer différentes couches dans un environnement 3D¹³. Les couches sont automatiquement placées à la bonne altitude pour autant que ce soit des objets ayant une géométrie 3D avec des informations concernant la hauteur (z). Si tel n'est pas le cas, la couche est placée à l'altitude 0. De plus, ArcScene dispose de plusieurs extensions favorisant l'utilisation d'objets et de couches 3D¹⁴.

¹¹ Il s'agit de la « capacité à échanger des informations et des données de manière fiable et consistante entre deux applications logicielles différentes ». METRAL C., 2009, *Dimensions spatiales, temporelles et sémantiques de l'environnement urbain*, p.21, [en ligne]: http://infogeo.unige.ch/IMG/pdf/Metral_Intro_080109.pdf

¹² La description technique des étapes à suivre se trouve dans la partie « annexe » (1).

¹³ ArcGis 9.2. Desktop Help, [en ligne]: http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?id=2804&pid=2800&topicname=ArcScene_3D_display_environment, consulté le 09.04.2010

¹⁴ La description technique des étapes à suivre se trouve dans la partie « annexe » (2).

Voici le résultat obtenu (calcul en façade et grille)

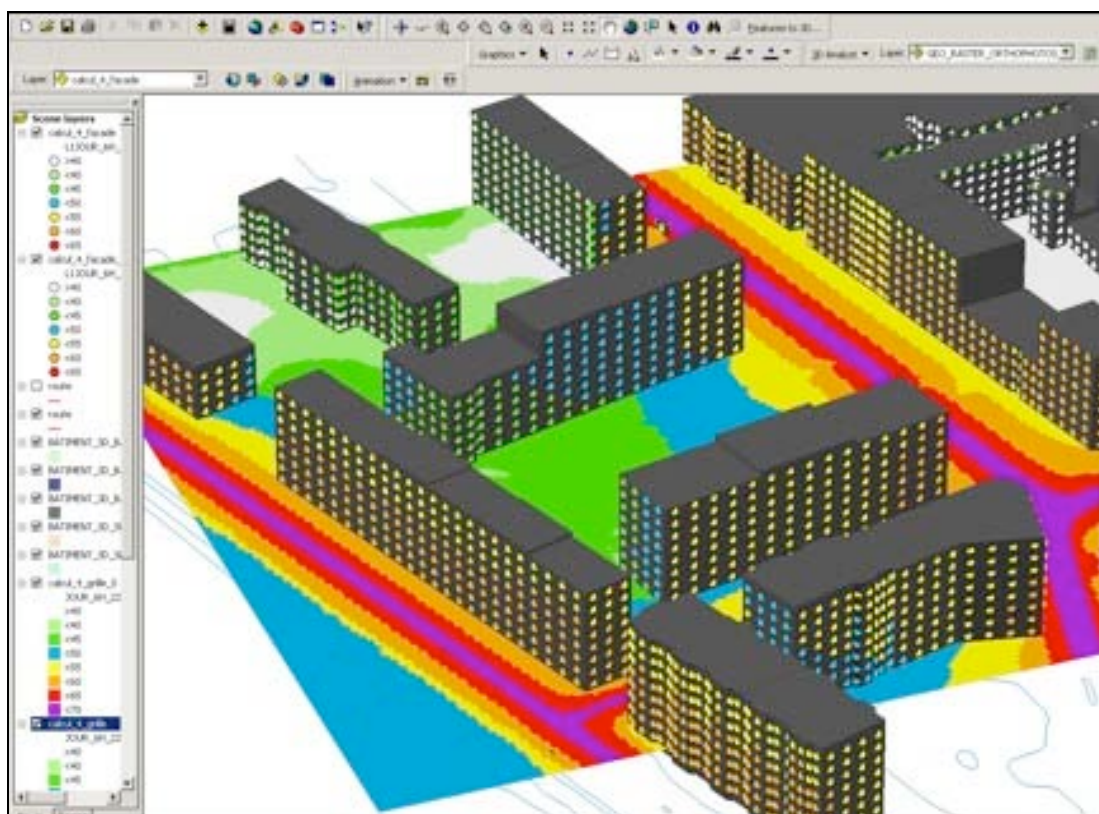


Figure 7 : Représentation de l'immission du bruit routier sur les façades et de la propagation du bruit routier, sur l'interface ArcScene

Le résultat obtenu est dans l'ensemble satisfaisant. L'image semble à première vue intéressante car la juxtaposition de l'immission du bruit en façade et de la grille de propagation présente de manière explicite la diffusion et l'exposition au bruit des habitants. De plus, la 3D permet de mettre en évidence que la valeur des décibels varie selon les étages et la proximité à une route, alors que la 2D à elle seule ne pourrait pas nous éclairer sur cette réalité. C'est pourquoi, la forme géométrique de point semble pertinente, tant pour l'analyse que l'expertise au sein du SPBR. Toutefois, si on regarde de plus près, on peut voir que certaines façades n'ont pas été calculées. Il s'agit des façades qui sont attenantes à des bâtiments de hauteur plus basse. Donc, avant de procéder à une analyse plus détaillée, il faudrait résoudre ce problème sur IMMI¹⁵.

S'il est vrai que cette présentation est à priori séduisante, il ne s'agit que d'une visualisation 2,5D car la troisième dimension est déduite des informations attributaires de l'altitude z des données vecteurs 2D (extrusion du polygone bâtiment). C'est pourquoi, l'étape suivante vise à intégrer les bâtiments 3D modélisés par le SEMO et ses partenaires.

D. ARCSCENE ET LES BÂTIMENTS 3D

Le géoportail du SITG se base sur les produits ESRI. L'application ArcSDE, lié à la base de donnée relationnelle Oracle, permet de gérer les données. Le format des bâtiments 3D est le Shapefile 3D Multipatch et Polygone 3D. Pour ce travail, les données ont été téléchargées du serveur métier en format Polygone 3D. Le but était

¹⁵ En attente de la réponse du responsable technique d'IMMI.

d'avoir les faces des bâtiments différenciées des unes des autres (à leurs sélections) en cas de besoins pour d'autres utilisations.

Lorsque que l'on importe les différentes couches des bâtiments 3D, elles se placent automatiquement à la bonne altitude, de même que pour la couche de calculs de bruit. Afin d'apporter une impression de réalisme, la couche des orthophotos a été drapée à celle du MNT ; cette dernière étant elle aussi à la bonne altitude. La couche grille de propagation du bruit a été mappée également au MNT, mais avec 1,5 mètres de hauteur en plus.

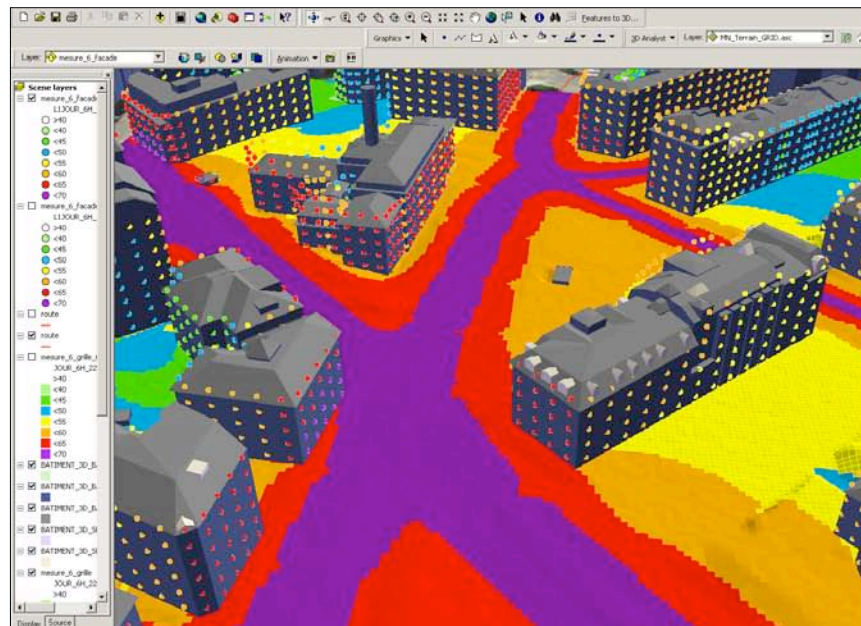


Figure 8 : Représentation 3D de l'immission du bruit routier sur les façades et de la propagation du bruit routier, sur l'interface ArcScene

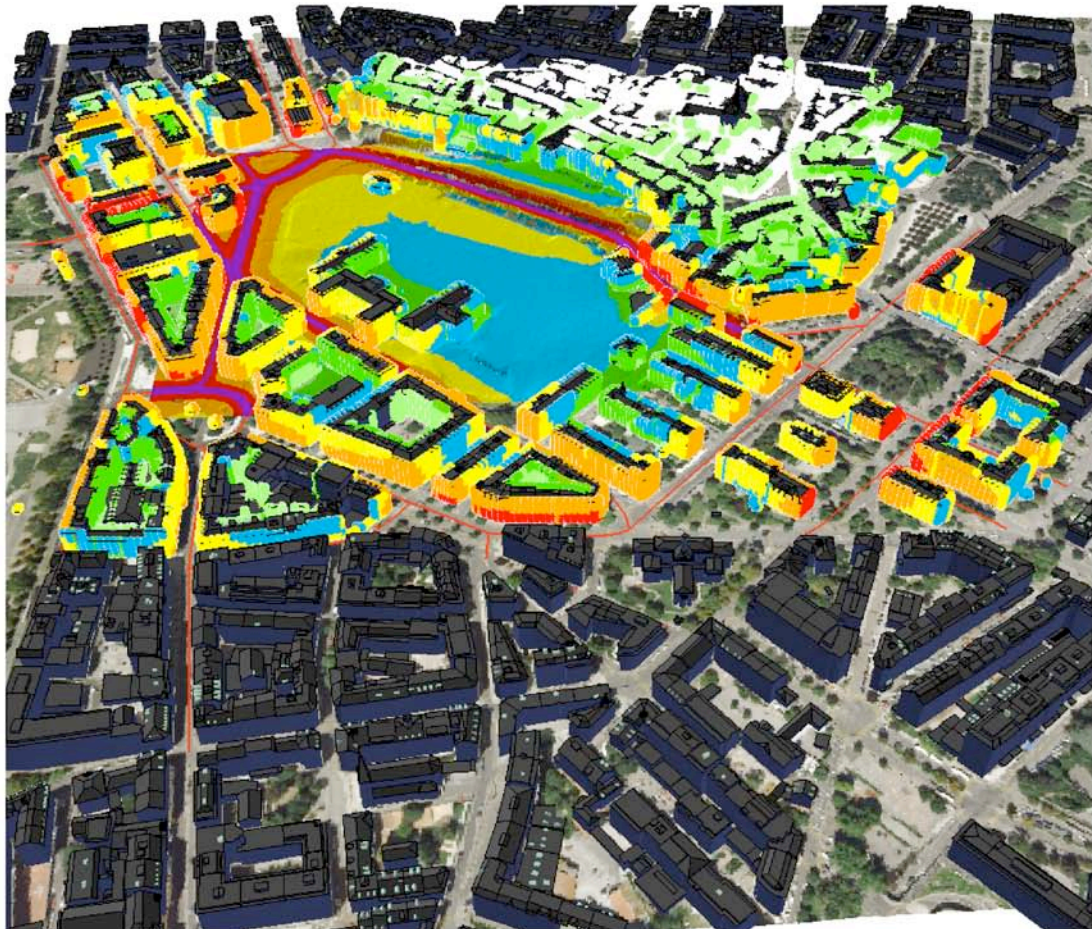
Afin de pouvoir mettre en forme les résultats obtenus avec un titre, une légende, etc., il a fallu exporter en 2D ces objets 3D (selon l'angle de vue choisi), et les importer sur ArcMap. Puis, en cliquant sur « Layout », il a été possible de faire la mise en page.

Voici les résultats pour un des espaces publics sélectionnés, le parc des Bastions (selon six différents angles de vue)¹⁶:

¹⁶ Les mêmes procédés ont été réalisés pour tous les espaces publics sélectionnés au départ.

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue d'ensemble



Secteur: parc des Bastions

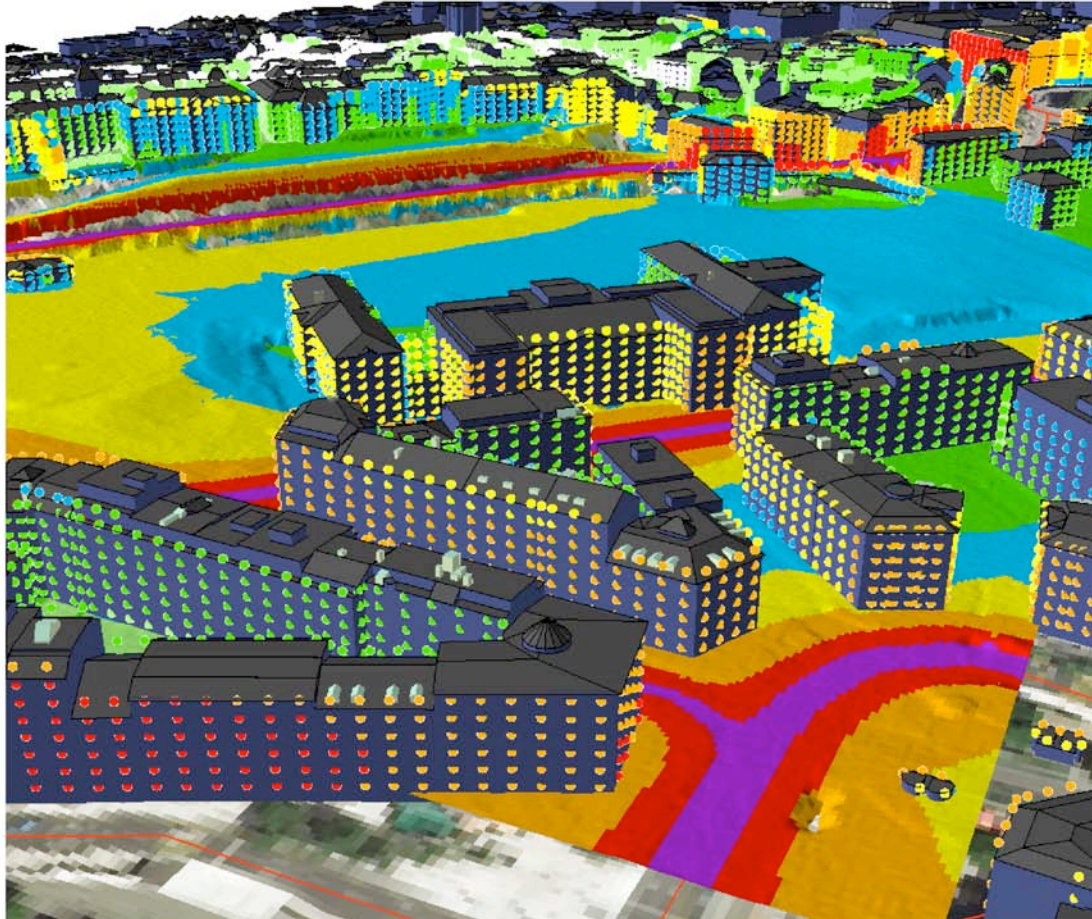
26.03.2010



Figure 9 : Parc des Bastions, vue d'ensemble

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue Est



Secteur: parc des Bastions

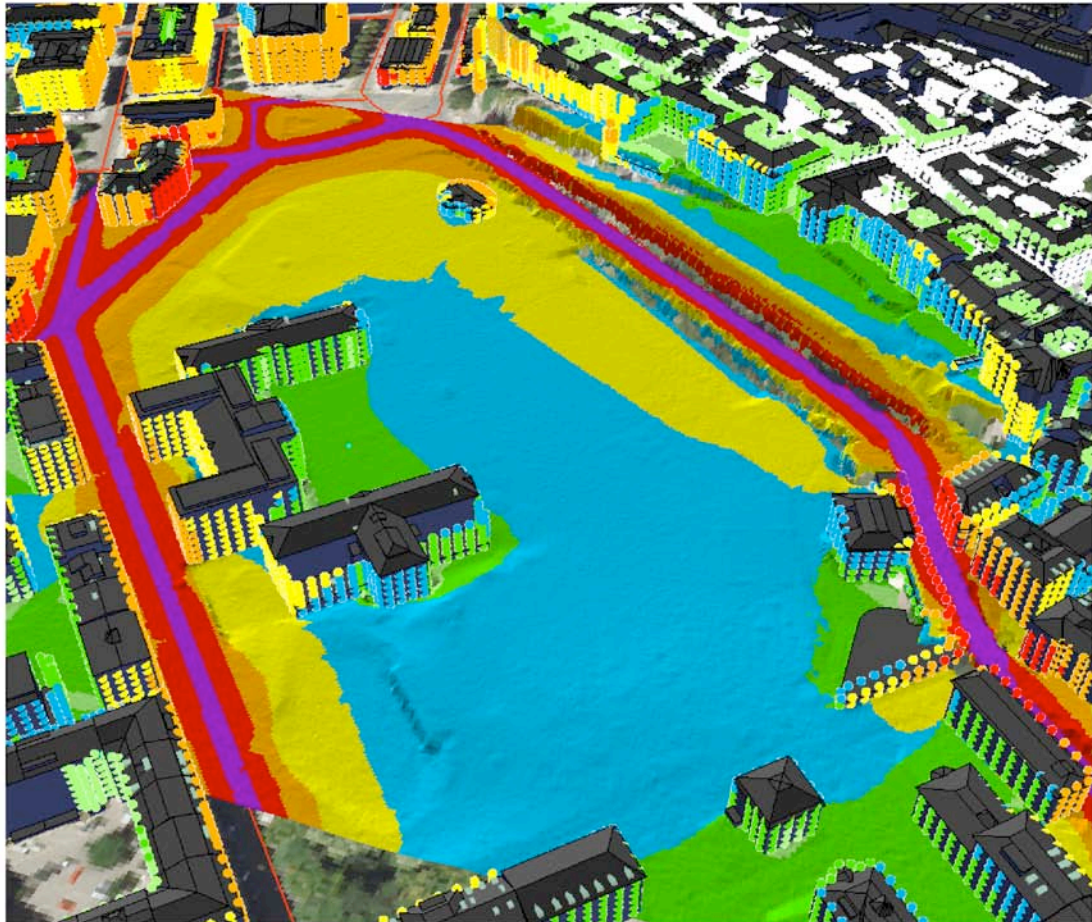
26.03.2010



Figure 10 : Parc des Bastions, vue Est

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue Nord



Secteur: parc des Bastions

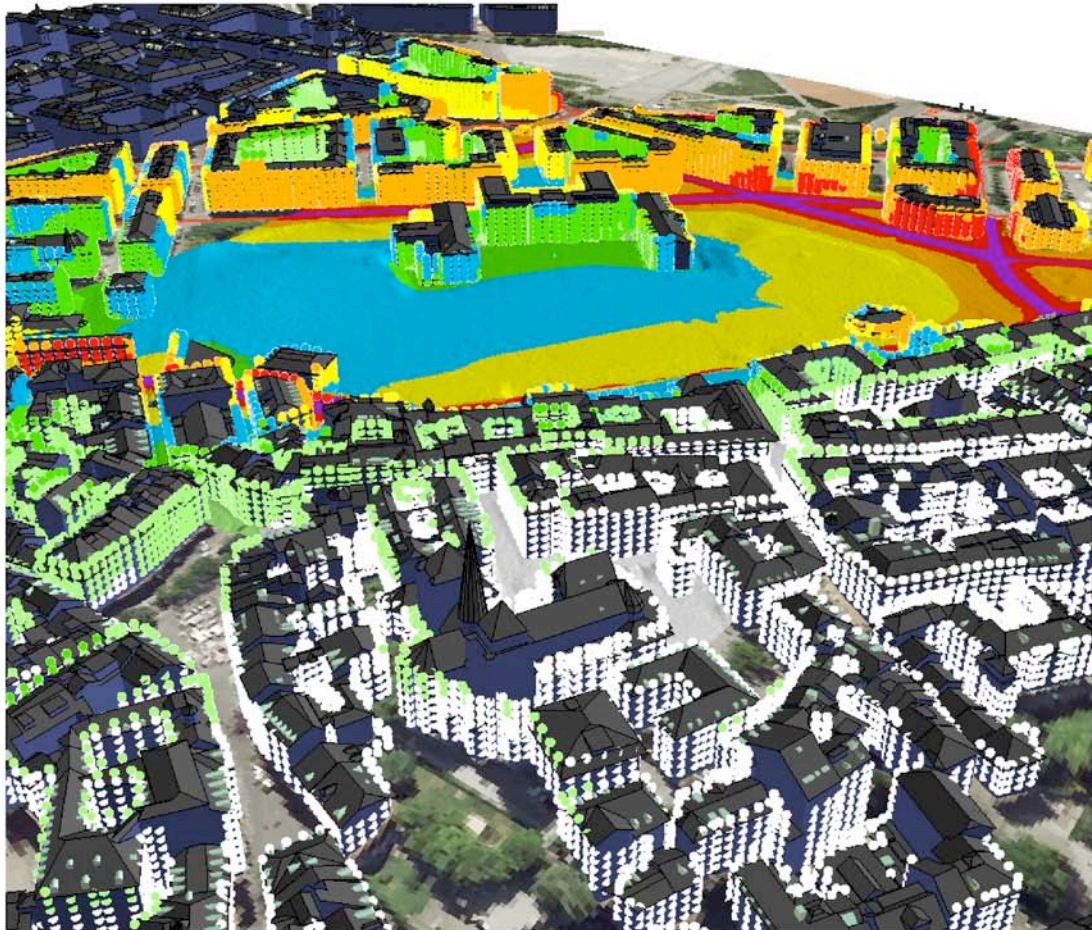
26.03.2010



Figure 11 : Parc des Bastions, vue Nord

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue Ouest



Secteur: parc des Bastions

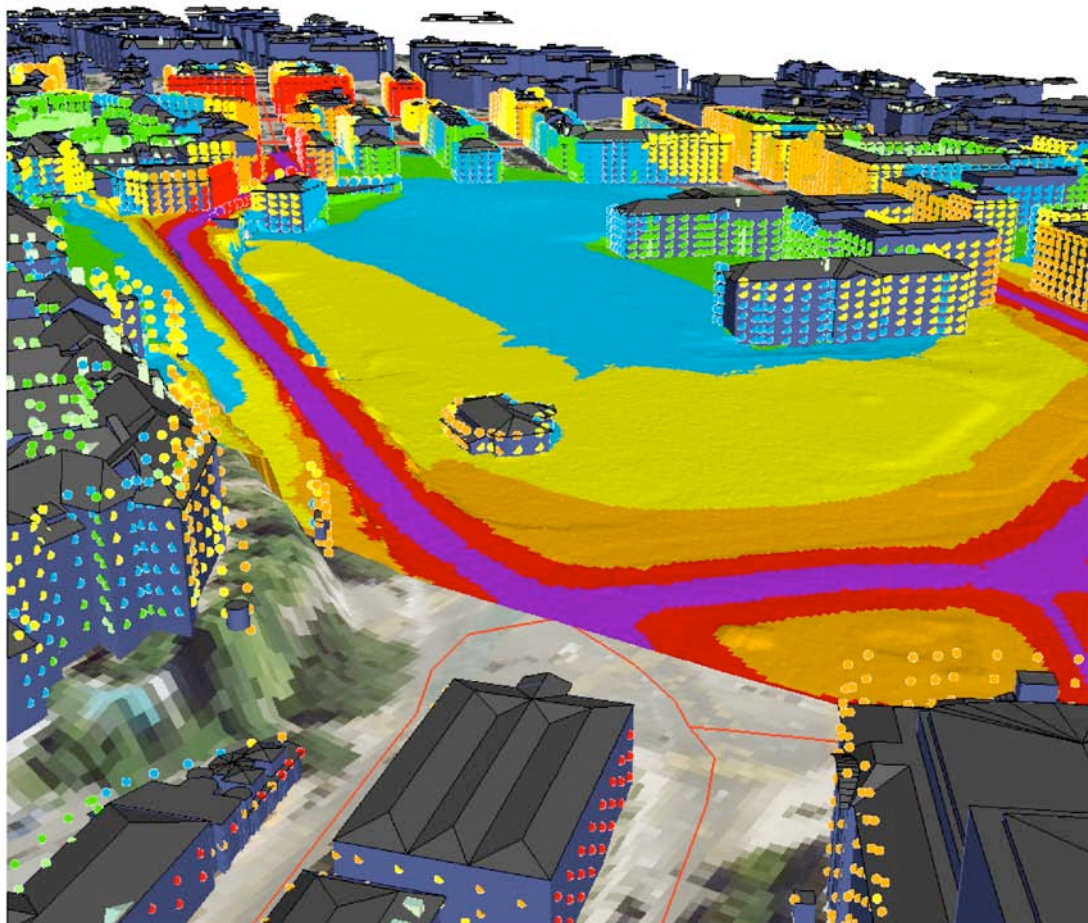
26.03.2010



Figure 12 : Parc des Bastions, vue Ouest

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue Sud



Secteur: parc des Bastions

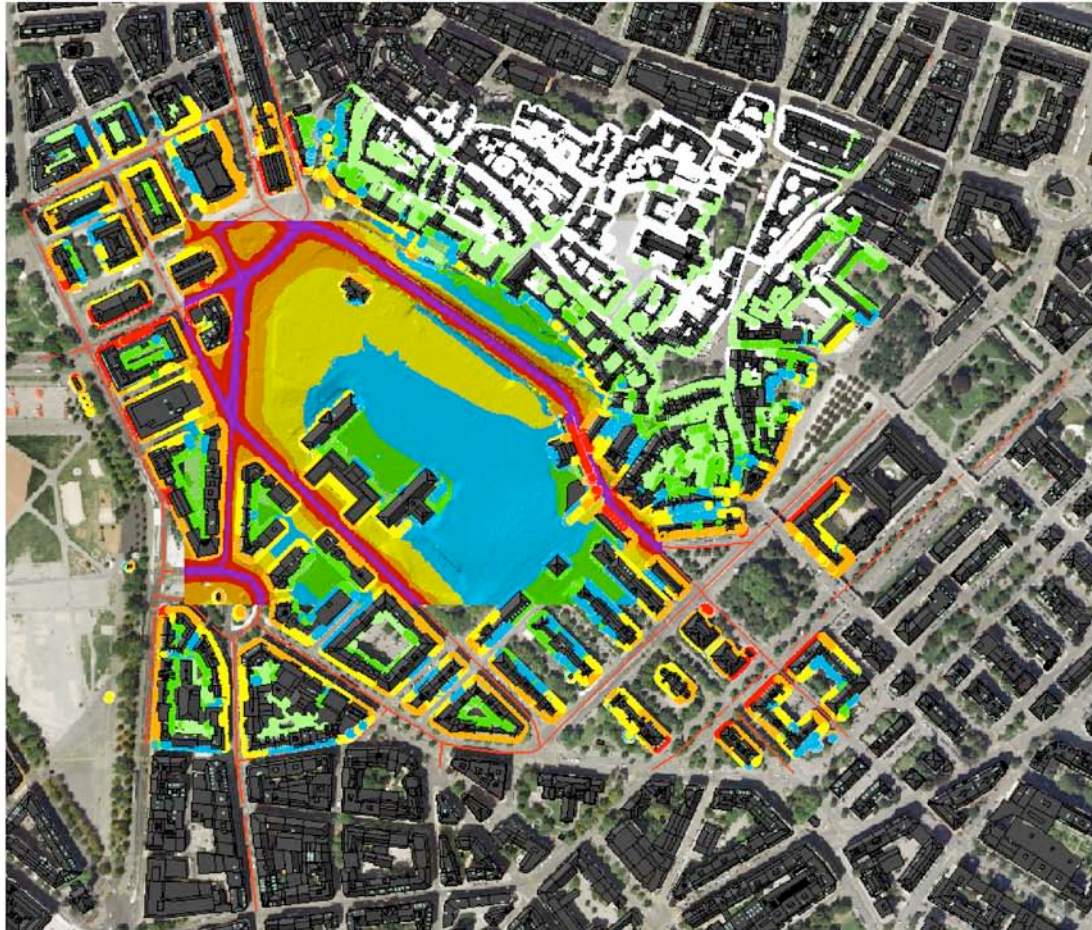
26.03.2010



Figure 13 : Parc des Bastions, vue Sud

Immission du bruit routier sur les façades des bâtiments
et grille de propagation du bruit routier

Vue Zénithale



Secteur: parc des Bastions

26.03.2010



Figure 14 : Parc des Bastions, vue Zénithale

Selon l'échelle à laquelle on examine les résultats, les impressions changent. À petite échelle, le résultat est intéressant pour avoir une idée générale de la diffusion du bruit. La visualisation avec la couche bâtiment 3D apporte bien plus de réalisme que la 2,5D. Cependant, à grande échelle, on peut constater quelques problèmes. En effet, les points de calculs de bruit en façade ne tombent pas toujours parfaitement sur les façades des bâtiments car les calculs sur IMMI ont été effectués à partir de la couche bâtiment 2D qui date de 2005, et n'est donc pas à jour.

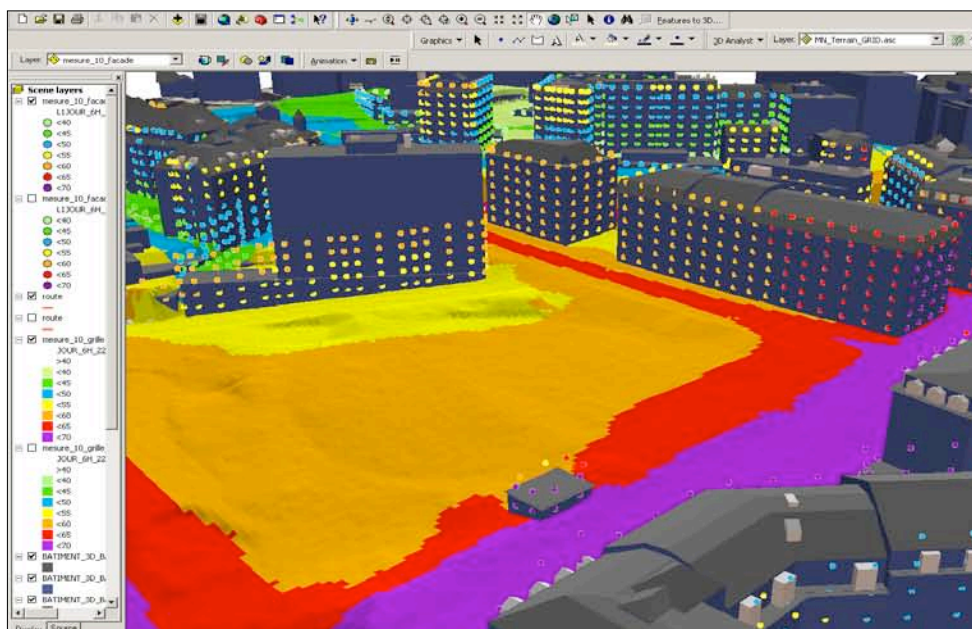


Figure 15 : Problème de juxtaposition entre les résultats d'IMMI et la couche des bâtiments 3D

Afin de remédier à ce problème, il faudrait pouvoir intégrer la couche bâtiment 3D dans IMMI ; où la classe d'entité `BATIMENT_BASIC_FACADE` serait la seule nécessaire au calcul de façade. Cependant, IMMI est un programme qui travaille sur des données en 2D, malgré qu'il soit doté d'un visualiseur 3D¹⁷. Donc IMMI ne peut pas distinguer les quatre façades de la même base, mais ne prend que la base ayant pour attribut une hauteur¹⁸. Cela constitue par conséquent une limite non négligeable par rapport à l'opérabilité de la 3D pour le cadastre routier ; à moins que la couche bâtiment (avec la hauteur) ne soit mise à jour. Mais cela ne semble pas d'actualité d'autant plus que la couche bâtiment 3D fait partie des nouveaux enjeux SIG.

2.5.4. RÉFLEXIONS SUR LA 3D

Comme il l'a été mentionné dans la partie introductive, la 3D envahit de plus en plus notre quotidien. Mais est-ce pour autant une nécessité ? Pour qui la 3D est-elle utile et utilisable ? Qu'est-ce que la 3D apporte de plus par rapport à la 2D ?

La création et la maintenance des modèles urbains 3D impliquent un coût non négligeable car le résultat est issu de techniques et de processus complexes. De plus, il y a encore peu d'automatisations pour l'obtention de résultats précis et, l'utilisation de la 3D nécessite un apprentissage. C'est pourquoi, avant de se lancer dans une telle démarche, il faut s'assurer que la 3D est bien nécessaire.

¹⁷ Le visualisateur 3D d'IMMI n'est pas encore très performant.

¹⁸ En attente de réponse du responsable technique d'IMMI pour savoir s'il est possible d'intégrer des données 3D dans le programme ou si cela est envisagé dans un futur proche.

Selon Nielson (1993), il faut deux conditions pour que la 3D suscite de l'intérêt : d'une part une *utilité* (une pertinence de la 3D), et d'autre part, une *utilisabilité* (une pertinence de l'interprétation cognitive 3D proposée)¹⁹. Cette dernière, selon Mandran, est le « degré selon lequel un produit peut être utilisé par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis, avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié. »²⁰ Ces deux conditions sont étroitement liés aux types d'utilisateurs, ainsi qu'aux tâches qu'ils/elles peuvent réaliser avec cet outil. C'est pourquoi, il est important de définir quels sont les besoins des utilisateurs envers les outils 3D car la réponse « visuelle » ne serait pas la même. En effet, selon les besoins, les indicateurs urbains seraient différents, ainsi que les niveaux de détails et les modes de représentation.

La 3D possède des applications potentielles variées. Elle permet d'une part, une expertise approfondie du territoire car elle intègre des volumes réels. Les modèles urbains 3D permettent d'obtenir par exemple des études d'impact de nouveaux projets/bâtiments dans un environnement urbain déjà existant, de visualiser le sous-sol (ex. conduites d'eau), ou encore de visualiser le tracé de nouvelles routes. D'autre part, la simulation 3D représente un outil efficace pour par exemple la gestion de catastrophes (cyclones, inondations, incendies, etc.) ou l'évaluation et l'analyse du bruit et de la pollution de l'air, causé par le trafic routier/aérien. En d'autres termes, la visualisation 3D permet de mieux gérer les projets de constructions, que ce soit à petite échelle (ex. planification urbaine) ou à grande échelle (ex. esthétisme architectural). Niggeler récapitule dans le schéma suivant les différents domaines susceptibles d'utiliser la 3D.

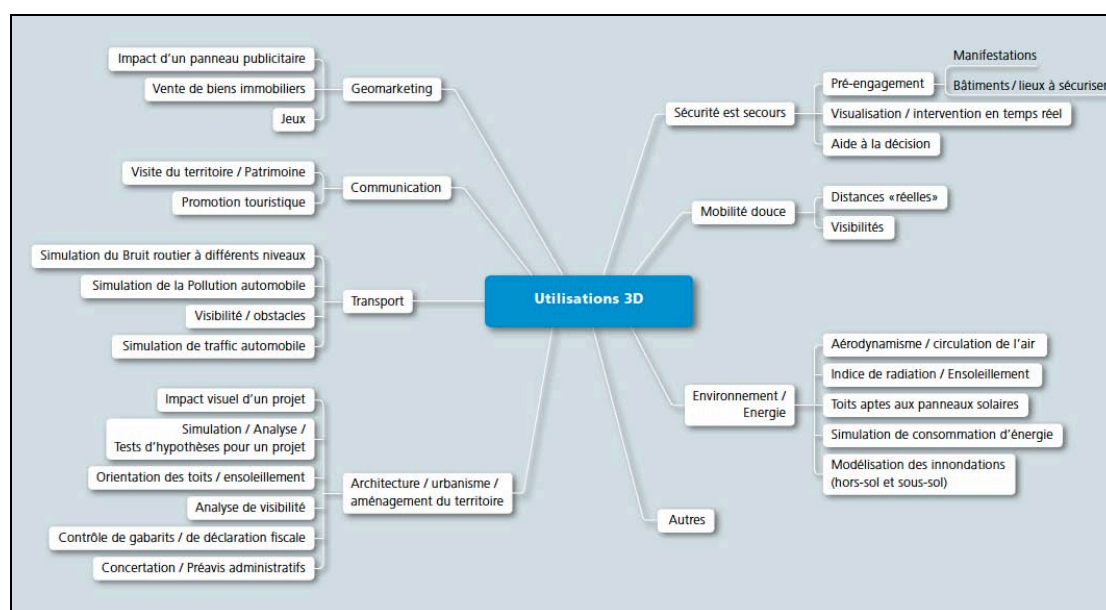


Figure 16 : Principales utilisations potentielles de la 3D
(NIGGELER L., 2008)

Ainsi, la 3D semble être principalement exploitable par les professionnels du territoire, tels que les architectes, les urbanistes, les aménagistes, les paysagistes, les environnementalistes ou encore les ingénieurs civils. Les personnes destinées à recevoir ces informations, autres que les professionnels eux-mêmes, sont les élus (pouvoir décisionnel) et la population (compréhension des projets). Au premier

¹⁹ C. METRAL, cours « space-city », automne 2009

²⁰ Ibidem.

abord, cela peut favoriser la concertation entre les différents acteurs. Cependant, la visualisation de projets en 3D peut également susciter des « peurs » et par conséquent des recours plus virulents si le projet ne satisfait pas les attentes.

Concernant le SPBR, avant de développer concrètement les outils 3D pour le cadastre routier, le service doit se poser ces questions relatives à l'utilité et à l'utilisabilité. Les utilisateurs sont des professionnels, utilisant les outils 3D à des fins d'analyses et expertises, pour une gestion « acoustique » du territoire, en fonction des normes suisses. La visualisation 3D prend tout son sens au niveau de la pertinence, notamment pour l'analyse de l'immission en façade du bruit routier. En effet, la dimension z apporte un réalisme nécessaire à l'expertise tangible de la réalité. Les résultats obtenus précédemment dévoilent les atouts de la 3D, comparée à la 2D. Quant à l'utilisabilité du cadastre routier en 3D, cela semble être également évident car suite aux résultats visualisables en 3D, les professionnels peuvent effectuer des contrôles et des expertises des dépassements des valeurs limites. Par conséquent, le développement des outils 3D pour le cadastre routier semble être approprié.

D'autres questions peuvent se poser quant à la représentation. En effet, est-ce que la visualisation 2,5D est-elle suffisante ? Car si le cadastre 3D n'est visualisable que par les professionnels du service du SPBR, l'esthétisme n'a pas grande importance. Donc la 2,5D s'avère suffisante (pour autant que la couche géographique soit mise à jour). Par contre, si la visualisation s'étend au grand public, alors la précision des bâtiments avec la couche des bâtiments 3D semble être d'avantage nécessaire pour un meilleur réalisme. De plus, est-il utile d'avoir les fenêtres représentées sur les façades pour une expertise plus précise ? Si tel est le cas, les textures des bâtiments peuvent être ajoutées ; impliquant néanmoins des données plus volumineuses.

2.5.5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce travail exploratoire sur la représentation 3D du cadastre du bruit routier est plutôt « optimiste », d'autant plus que la 3D offre de nombreuses opportunités par rapport à la 2D. Les calculs sur IMMI et leur transfert sur l'interface ArcScene montrent une bonne interopérabilité des données. Les résultats représentés en 2,5D sont très intéressants pour un développement futur, à plus large échelle. Cependant, comme nous l'avons vu, il existe encore de limites quant aux outils 3D (autant sur IMMI que sur ArcScene). C'est pourquoi le cadastre 3D du bruit routier ne pourrait pas être praticable à l'heure actuelle.

Enfin, l'acquisition d'IMMI par le SPBR, ainsi que ce travail sur le cadastre du bruit routier en 3D, dévoile une nouvelle vision concernant les pratiques d'expertises. En effet, jusqu'à présent les cartes étaient produites à la main (travail de digitalisation sur ArcMap) alors qu'avec IMMI et la 3D en général, la simulation devient une nouvelle méthode de reproduire une réalité territoriale.