

---

# Plan Rapport de stage

---

Résumé .....	5
Remerciements .....	5
<b>1. Introduction.....</b>	<b>6</b>
1.1 Objectifs de l'étude .....	6
1.2 Présentation SSIG .....	6
1.3 Cadastre du SPBR.....	6
1.4 Présentation SITG .....	7
1.4.1 Création d'un graphe routier unique .....	8
<b>2. Principes de Base.....</b>	<b>9</b>
2.1 Segmentation linéaire .....	9
2.1.1 Concepts de base .....	9
2.1.2 Objet référencé linéairement .....	9
2.1.3 Avantages de la segmentation dynamique.....	11
2.2 Graphe routier .....	12
2.2.1 Création d'une polyligne M à partir du GMO .....	12
2.2.2 Elaboration d'un script.....	12
2.2.3 Attributs des graphes du GMO .....	12
2.3 Problématique des données du SPBR .....	13
2.3.1 Modèle de calcul.....	14
2.3.2 Structure de la donnée .....	15
2.4 Outils informatiques utilisés.....	17
<b>3. Phase 1 : Graphe du bruit sous forme d'événements sur le GMO .....</b>	<b>18</b>
3.1 Barrière au transfert.....	18
3.1.1 Dédoublage des tronçons .....	18
3.1.2 Incompatibilité de la Segmentation.....	19
3.1.3 Tracé de la route .....	19
3.1.4 Solution permettant une représentation graphique commune.....	20

3.2	Correction graphe SPBR.....	20
3.3	Attribut GMO sur graphe SPBR .....	21
3.3.1	Manipulations FME .....	21
3.3.2	Vérifications par les adresses.....	22
3.3.3	Corrections manuelles .....	22
3.4	Création d'évènements .....	23
3.4.1	Localisation d'un évènement .....	23
3.4.2	Erreurs relevées .....	23
3.4.3	Corrections automatiques .....	24
3.4.4	Corrections manuelles .....	24
3.4.5	Conditions empêchant la réversibilité image - évènements .....	24
4.	Phase 2 : Graphe en input pour les modèles de calculs du SPBR.....	26
4.1	Interrogation de la donnée.....	26
4.1.1	L'interrogation de la donnée dans le modèle actuel .....	26
4.1.2	Trois choix d'interrogation de données pour le futur modèle .....	26
4.1.3	Avantages et inconvénients des trois types de support pour le modèle.....	27
4.1.4	Orientation.....	28
4.2	Gestion des données .....	28
4.2.1	Gestion de la mise à jour des données .....	28
4.2.2	Gestion du statut par le Modèle .....	29
4.2.3	Gestion du statut des événements et des routes.....	29
4.3	Tronçons du GMO incompatibles avec la vision du SPBR .....	30
4.3.1	Création d'un offset .....	30
4.3.2	Création d'un tronçon préférentiel.....	30
4.3.3	Intégration de segments préférentiels .....	30
4.4	Etude de Cas .....	31
4.4.1	Localisation des zones de test.....	31
5.	Résultats .....	40
5.1	Correction de la digitalisation du graphe routier du SPBR.....	40
5.2	Correction du GMO .....	40
5.3	Graphe du bruit sous forme d'événement sur le GMO.....	41

5.4	La Géométrie du GMO est-elle utilisable en input du modèle?.....	41
5.5	Graphe évènement en input pour les modèles de calculs du SPBR.....	43
<b>6.</b>	<b>Recommandations.....</b>	<b>44</b>
6.1	En cas de non-utilisation du graphe évènement.....	44
6.1.1	Pérennité du graphe évènement .....	44
6.1.2	Modification des Identifiants .....	44
6.1.3	Assainissement des données du SPBR .....	44
6.2	En cas d'utilisation du graphe évènement .....	45
6.2.1	Généralisation de l'étude de cas.....	45
6.2.2	Précautions particulières .....	45
	Acronymes.....	46
	Bibliographie et Sites Internet.....	46
	Annexe.....	47

# Résumé

Le présent travail est le fruit d'une collaboration entre le Service des Systèmes d'Information et de Géomatique (SSIG) et le Service de Protection contre le Bruit et les Rayonnements non ionisants (SPBR), il s'agit d'un stage d'une durée de trois mois pour la validation d'un certificat de géomatique dispensé par l'Université de Genève.

Dans un premier temps, l'objectif de ce travail est de réaliser le transfert du graphe des émissions sonores du trafic routier (SPBR) sur le Graphe de la Mobilité (GMO). Cela dans le but d'homogénéiser la géométrie des graphes des différents services de l'état au sein des partenaires du système d'information du territoire genevois (SITG).

Cette première étape consiste à transférer les données du graphe du SPBR au moyen de scripts FME et des outils ESRI sur le Graphe de la Mobilité. Les données sont migrées en tant qu'évènements sur le graphe routier transformé en polyligne M, afin de permettre l'utilisation de la segmentation linéaire. L'utilisation de la segmentation linéaire est nécessaire afin de concilier la segmentation des deux graphes.

Dans un deuxième temps, il s'agit d'étudier la faisabilité de l'utilisation du graphe des émissions sonores créé sous forme d'évènements dans la première phase du travail, comme Input dans les modèles de calcul d'émissions et immissions sonores du SPBR.

Le SPBR utilise divers modèles pour effectuer les calculs des émissions et immissions sonores. Pour effectuer ces calculs, le SPBR se base sur des valeurs mesurées et calculées. Le graphe des émissions sonores du trafic routier est créé à partir d'un modèle et entre également dans le calcul des immissions des façades d'immeubles.

Il serait intéressant que le graphe élaboré dans la 1<sup>ère</sup> phase du travail soit directement utilisé en tant qu'Input dans le modèle afin de ne pas avoir à répéter une partie des manipulations nécessaires à son élaboration, à chaque fois qu'une mise à jour est programmée.

# Remerciements

Je remercie Monsieur Mumenthaler d'avoir approuvé ce stage et de me permettre ainsi de valider mon certificat de géomatique.

Je remercie tout particulièrement Pascal Oehrli (SSIG) et Olivier Caumel (OCM) qui m'ont proposé un sujet de stage intéressant. Je remercie Pascal de m'avoir guidé vers la lumière dans les moments sombres, cela malgré un emploi du temps généralement bien chargé.

Je remercie Michel Terrond et Adrien Vieira de Mello pour leurs conseils techniques toujours éclairés et leur disponibilité inconditionnelle.

Je remercie Pierre Lafontaine et Eric Bally de m'avoir accueilli dans leur bureau et de m'avoir parfois distrait de mon écran.

Je remercie Michel Lançon et Miguel Lopes (SPBR) pour leur investissement dans ce projet.

Je remercie également tout le reste de l'équipe du SSIG pour son accueil chaleureux.

# **1. Introduction**

## **1.1 Objectifs de l'étude**

Ce stage en collaboration avec le service des systèmes d'information et de géomatique (SSIG) et le service cantonal de la protection contre le bruit (SPBR), porte sur le transfert des données des émissions du bruit routier du SPBR sur le Graphe de la Mobilité du SITG.

Les données des émissions du bruit routier du SPBR sont stockées sur un graphique propre à leur service. Un modèle de calcul des immissions sonores est également lié à ce graphe comprenant en grande partie les routes et façades de la ville.

Selon le SPBR les différents graphes routiers ne permettaient jusqu'alors pas l'intégration des valeurs d'émissions du trafic routier de manière acceptable.

Pour permettre aux données du SPBR d'être représentées sur le graphe routier, un graphe issu du GMO et basé sur la segmentation linéaire a été mis en place début juillet 2007.

Le but de ce travail sera, dans un premier temps, de transférer les valeurs du niveau sonore des routes du graphe du SPBR sur le GMO et ce, dans l'optique du partage des données entre partenaires du SITG. Dans un deuxième temps, il s'agira d'étudier la faisabilité de l'utilisation de ces valeurs transférées sur le GMO en tant qu'input pour le modèle de calcul des émissions sonores.

## **1.2 Présentation SSIG**

Le Service des Systèmes d'Information et de Géomatique (SSIG) est chargé de la conception et de la mise en valeur des systèmes d'information pour le département du territoire.

Avant d'être un service à part entière, le SSIG faisait partie du Service du Cadastre du Canton de Genève, il s'occupait de la section informatique et de la saisie des données. Le Service du Cadastre s'appelle désormais Direction Cantonale de la Mensuration Officielle (DCMO).

Le SSIG a été désigné par la Loi comme étant le centre de compétence des Systèmes d'Information du Territoire Genevois (SITG). Il s'occupe également du support aux tiers et permet aux partenaires du SITG le stockage et la diffusion de leurs données.

## **1.3 Cadastre du SPBR**

La création d'un cadastre du bruit est apparue comme une nécessité depuis 1978 déjà. En effet, Ecotox, le service à l'époque en charge de la lutte contre le bruit, a décidé de créer des cartes d'isophones. Permettant ainsi aux décideurs du canton d'avoir des supports à la décision.

Ces premières campagnes de mesures portaient sur le bruit en général. Ces cartes n'étaient pas dédiées à une thématique comme le sont aujourd'hui les cadastres du bruit routier, ferroviaire ou aéronautique. Ces mesures étaient consignées dans des carnets puis transcrites sur des cartes

"papier", afin de permettre le tracé des isolignes des niveaux sonores.

La production et la diffusion de ces cartes « papier » étaient fastidieuses, l'avènement des premiers ordinateurs est apparu comme une aubaine. Il est, dès lors, devenu possible de stocker "facilement" les quantités de données ainsi que de créer les premiers modèles numériques prévisionnels.

En 1988, l'OPB demande aux cantons de produire un cadastre pour le bruit routier. La forme est fixée, mais chaque canton produit son cadastre à sa manière.

Le cadastre du canton de Genève n'existant pas encore sur support informatique, le SPBR procède à la digitalisation des axes routiers ainsi qu'à celle des façades par ses propres moyens. La numérisation se fait à partir de plans au 1 : 1'000, agrandis au 1 : 2'500. La précision est suffisante pour produire les modèles d'émissions et d'immissions sonores demandés par la confédération.

Les différents supports informatiques ont évolué jusqu'à devenir Access® et ArcGis®, outils actuellement utilisés par le SPBR.

Les modèles de calculs utilisés par le SPBR, pour produire leur cadastre, nécessitent un certain nombre de données. Parmi ces données, on retrouve, le nombre de véhicule, la pente du tronçon, le Trafic Journalier Moyen (TJM), la vitesse de transit (généralement égale à la vitesse autorisée) et la proportion de véhicules bruyants (camions).

L'arrivée d'un cadastre "officiel" a permis au SPBR de ne plus avoir à se charger de la mise à jour des attributs n'entrant pas dans leur modèle de calcul ( ex : attribut adresse).

Pouvoir partager leurs données sur le guichet cartographique et obtenir celles des différents partenaires des SITG est apparu au SPBR, comme une nécessité. C'est pourquoi ils ont décidé de rejoindre les partenaires des SITG

## **1.4 Présentation SITG**

La réflexion autour du Système d'Information du Territoire Genevois (SITG) a débuté à la fin des années 80 et s'est concrétisée en 1991 par un arrêté du Conseil d'Etat.

Le SITG est une organisation regroupant un certain nombre de partenaires désireux de coordonner et de mettre en commun les données relatives directement au territoire du Canton de Genève. Il s'agit d'un outil essentiel, permettant la coordination entre différents niveaux d'administration, au sein de l'Administration cantonale Genevoise, ainsi qu'avec des partenaires privés. Il sert à la gestion du territoire et à l'aide à la décision. Il s'agit aussi d'un outil de communication au public.

Les différents partenaires du SITG sont :

Etat de Genève

Ville de Genève

Services industriels de Genève

Aéroport international de Genève

Transports publics genevois

Fondations des terrains industriels

Chaque partenaire est signataire de la charte du Système d'Information du Territoire Genevois. Dans ces articles, il est stipulé que chaque partenaire doit posséder des données et avoir la volonté de les mettre à jour ainsi que de les partager, cela constitue les fondements de ce partenariat.

La première phase de ce stage a pour objectif de permettre la diffusion des données du SPBR, à savoir la carte des émissions sonores des routes soumises à l'OPB, dans le cadre de son partenariat avec les membres du SITG.

#### **1.4.1 Création d'un graphe routier unique**

Parmi les différents projets du SITG dès les années 2001, le concept d'un Système d'Information de la Mobilité a commencé à émerger. Le but du « SI Mobilité » était d'homogénéiser le graphe routier pour convenir au plus grand nombre de partenaires du Système d'Information du Territoire Genevois (SITG).

En effet, malgré le graphe routier créé dans les années 90, les graphes représentant les routes pouvaient différer énormément d'un service à un autre. Chacun des partenaires SITG ayant des besoins et des modes de fonctionnement propres, de nombreux graphes ont été créés parallèlement.



Figure 1 : exemples de la représentation des routes selon les différents services : à gauche la représentation de l'OCM (représentation des charges de trafic), au centre celle du SITG (graphe du réseau routier) et à droite celle du SPBR (tronçons pour lesquels des mesures ont été réalisées)

Ces différences au niveau de la digitalisation des axes posaient des problèmes de compatibilité lors du transfert de l'information d'un utilisateur métier à un autre. Cela devenait d'autant plus flagrant, lorsqu'il s'agissait de faire fonctionner des modèles nécessitant des valeurs en provenance de services ne possédant pas une digitalisation identique.

Il a donc été nécessaire de mettre en place un groupe de travail dont le but était de définir quels étaient les besoins de chacun. Cela dans l'objectif de créer un référentiel géographique commun qui conviendrait à un maximum de partenaires du SITG.

## 2. Principes de Base

### 2.1 Segmentation linéaire

#### 2.1.1 *Concepts de base*

La segmentation linéaire ou, segmentation dynamique, est une technique permettant la gestion et la représentation d'entités géographiques sur la base d'un réseau référencé linéairement. Le référencement linéaire décrit une entité géographique d'après ses coordonnées curvilignes.

La segmentation linéaire est un outil encore peu répandu dans le monde des SIG mais en phase de développement. Les fonctionnalités requises permettant ce type de traitement sont relativement récentes.

Ce système de représentation est cependant utilisé pour la gestion des réseaux, aussi bien pour représenter les événements ponctuels que linéaires:

**Routes, autoroutes et voies ferroviaires :** signalisation, vitesse autorisée, type de revêtement, lieu d'accident, conditions de trafic, chantiers.

**Rivières ;** état des berges, qualité de l'eau, état constructif (rivières naturelles, canalisées ou renaturées).

**Canalisation (eau gaz égouts) :** débit, qualité des canalisations, détail d'entretien, lieux d'accès.

**Oléoducs, aqueducs et gazoducs :** date de création, station de pressurisation, pays traversé.

**Lignes électriques, communication :** aérien ou souterrain, pylônes.

**Lignes sismiques, failles :** profondeur, pendage, activité

L'avantage de ce mode de représentation est de pouvoir cumuler un maximum de données sur un même objet géographique, et de faciliter la gestion des données.

#### 2.1.2 *Objet référencé linéairement*

Le référencement d'événements ponctuels ou linéaires est basé sur des "routes". Il ne s'agit plus de vecteurs comprenant uniquement des coordonnées de références x, y (longitude, latitude), mais comprenant également une composante graduée. Ainsi, en tous points d'une ligne, ce référencement curviligne permet une localisation selon la distance au point de départ.

Lors de la création de ces routes, il faut s'assurer que le sens de digitalisation de chacun des segments constituant une route est bien le même. Le sens de digitalisation a évidemment une influence sur la graduation, mais également lors de la création d'offsets, c'est-à-dire lorsqu'on décale l'événement par rapport à l'axe. L'offset est localisé de part et d'autre de l'axe selon le sens de digitalisation ; à droite si la valeur de l'offset est positive et à gauche si elle est négative.

La transformation de segments en polygones M se fait en fonction d'un attribut. Il se peut que



l'attribut servant à faire ce lien soit le même de part et d'autre d'un embranchement. Cela est problématique dans la mesure où les deux bras de la fourche auront la même graduation. L'évènement, alors situé sur un des bras, sera également représenté sur le second.

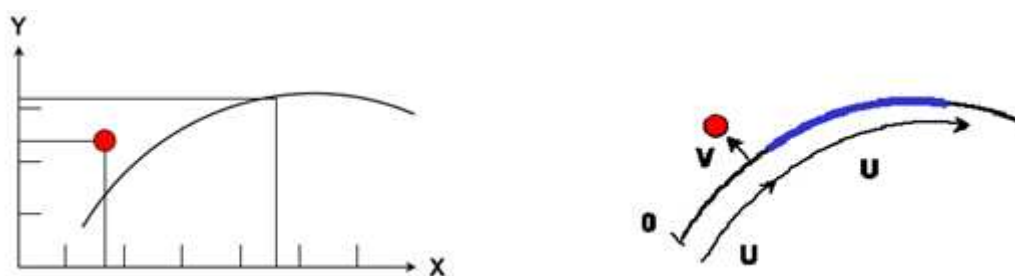


Figure 2 : A gauche ; Représentation de la description traditionnelle. A droite représentation curviligne, selon J.-Miserez et F. Golay, LaSIG, EPFL

La structure d'un évènement faisant référence à une polyligne M est relativement simple. Il s'agit d'une table attributaire sans géométrie propre. Pour la représentation de ces évènements linéaires le programme effectue une opération qui pourrait être comparée à une jointure de table.

Le segment dynamique est défini par :

- Un identifiant « machine » propre (N° Point ; N° Ligne)
- L'identifiant de l'axe auquel il est rattaché (Axe)
- Une distance à l'origine pour des objets ponctuels (Distance)
- Une distance de début et de fin, s'il s'agit d'un évènement linéaire (u1 ; u2)
- Un offset, distance mesurée perpendiculairement à l'axe, si l'évènement ponctuel ou linéaire est décalé par rapport à l'axe (Ecart)
- Les attributs propres à la thématique (Niveau sonore ; profondeur d'eau ; type d'objet)

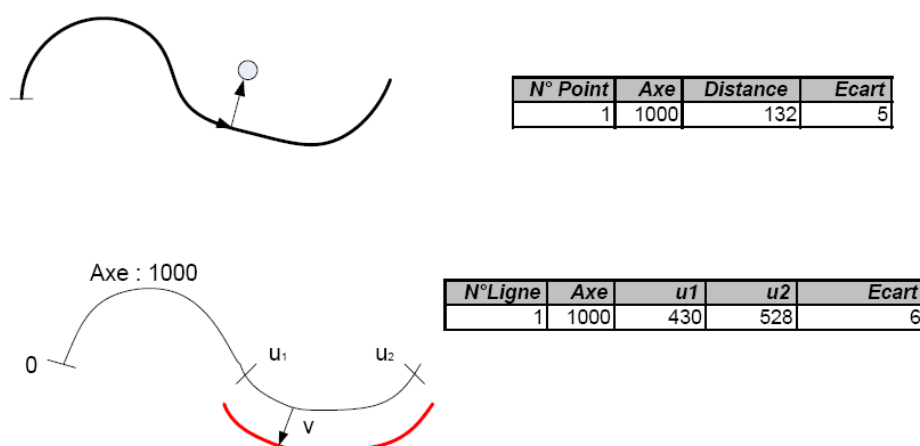


Figure 3 : Représentation des objets points et lignes sur un axe et exemple de table attributaire liée, selon J.-Miserez et F. Golay, LaSIG, EPFL

### 2.1.3 Avantages de la segmentation dynamique

Le référencement linéaire traditionnel ne permet pas la gestion efficace de plusieurs types de données sur une géométrie de base commune.

En effet, si l'on prend l'exemple d'un cours d'eau et que l'on veut y représenter la qualité piscicole, le responsable d'entretien, l'état constructif et le cours d'eau lui-même, il y a très peu de chances pour que la segmentation concorde pour chacune des données. Il en résulte un graphe de base segmenté de manière très fine et difficile à gérer.

Pour référencer ces objets linéairement il faut créer des segments de façon à ce que chacun des "événements" puisse être représenté. De plus, si la segmentation d'un événement venait à être modifiée, il faudrait corriger la table des valeurs. La mise à jour devient vite complexe et chaque modification du découpage ayant comme conséquence d'alourdir la structure du graphe de base.

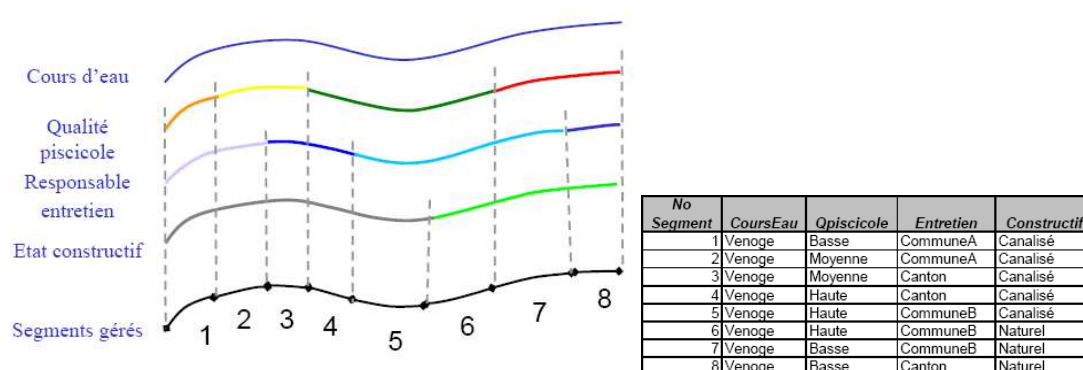


Figure 4 : Exemple de référencement linéaire traditionnel, accompagnée de sa table d'attribut, selon J.-Miserez et F. Golay, LaSIG, EPFL

La segmentation dynamique permet, quant-à-elle, d'associer à une géométrie de base unique, des jeux d'attributs liés à des thématiques distinctes sans devoir pour autant modifier la segmentation.

La segmentation de chaque thématique est virtuelle, elle a lieu dans la table attributaire de chacune des thématiques représentées. De cette façon si la segmentation d'un événement venait à varier, cela n'aurait d'implication que sur la thématique concernée. Ainsi chaque spécialiste métier peut gérer à sa guise sa segmentation et ses attributs sans que cela ait un impact sur celle des autres.

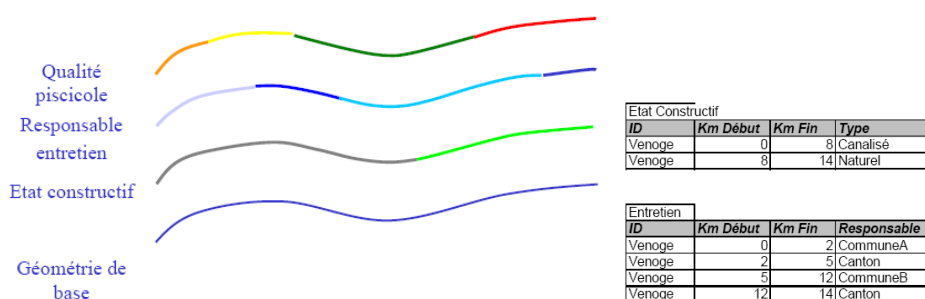


Figure 5 : Exemple de segmentation dynamique, accompagnée des tables attributaires, selon J.-Miserez et F. Golay, LaSIG, EPFL

## 2.2 Graphe routier

### 2.2.1 Création d'une polyligne M à partir du GMO

La segmentation dynamique ne pouvait pas directement être mise en place sur le graphe routier (GMO), car le but n'était pas de créer des événements sur des segments de route, mais bien, sur les routes elles-mêmes. Il a donc été décidé que la segmentation du graphe permettant la segmentation dynamique serait produite sur la base du nom des rues (code voie).

Dans la table du GMO les attributs caractérisant les adresses (nom des rues) sont le CODE\_VOIE et le NOM\_VOIE, le premier correspond à une numérotation et le second correspond au nom en toutes lettres.

Un nouvel attribut a été créé spécialement pour la segmentation linéaire, il s'agit de CODE\_VOIE\_ROUTE. Ce dernier comprend les mêmes chiffres que CODE\_VOIE mais auxquels une ou plusieurs lettres ont été ajoutées afin de différencier les embranchements des différentes polygones.

L'ajout de ces lettres a été effectué par un des opérateurs du SSIG. Ce travail a été accompli sans support informatique permettant la localisation assistée des segments nécessitant une lettre supplémentaire. Cette manière de procéder a impliqué des erreurs de saisie qui ont par la suite dû être corrigées.

La transformation du GMO de base en une polyligne M servant de support aux événements, a donc été produite d'après l'attribut CODE\_VOIE\_ROUTE.

### 2.2.2 Elaboration d'un script

Un script a été créé pour gérer la transformation du Graphe Routier (GMO) en Graphe Routier Route (GMO polygones). Il a pour but de permettre, en cas de changement de digitalisation du graphe routier, le transfert et la conservation des événements. Il est exécuté toutes les semaines au moyen de routines FME, (ce script a été réalisé par un mandataire, il a été programmé en langage Python).

### 2.2.3 Attributs des graphes du GMO

Graphe Routier

OBJECTID	SHAPE	ID_GM_TRONCON	DATEDT	STATUT	CODE_VOIE	CODE_VOIE_ROUTE	NOMVOIE	HIERARCHIE	CLASSIFICATION
1		116748	16-août-07	1	04200	04200a	route de Céligny	2	RC

Graphe Routier Route

OBJECTID	Shape	CODE_VOIE_ROUTE	NOMVOIE	Shape_Length
1		00116	rue AGASSE	460.7097686

Ci-dessus, ce sont les exemples d'attributs des deux graphes. Les attributs du Graphe Routier ne sont pas tous représentés, il s'agit d'un simple extrait, d'autres attributs "métier" sont également présents mais ne nous intéressent pas dans le cadre de cette étude. Le Graphe Routier Route ne comprend que le nombre minimum d'attributs. Cependant, une colonne supplémentaire pourrait être rajoutée par le SPBR en cas de nécessité. Cela leur permettrait de faire une sélection des segments qu'ils

intégreraient à leur graphe, auxquels ils pourraient joindre des segments propres à leur problématique.

## 2.3 Problématique des données du SPBR

Le SPBR a digitalisé son propre graphe routier ainsi que la plupart des façades du canton, avant la création du SSIG. Cette digitalisation a été réalisée par le SPBR car le cadastre n'existait pas encore.

Ce travail était nécessaire à la production des modèles de prédiction des émissions et immissions sonores, demandés par la confédération. Ces Modèles ont alors permis de produire les cartes essentielles pour conseiller et assister l'état major du département du territoire.

Lors de la création des SITG, le SPBR était enthousiaste à l'idée de partager ces données et de pouvoir profiter de celles des autres partenaires, notamment des comptages trafic de l'Office Cantonal de la Mobilité (OCM).

La digitalisation des routes et des façades ne correspondait pas à celle du cadastre officiel. Elle s'en approchait cependant au mètre près.

Un script a été créé pour permettre le transfert des valeurs d'immissions sonores sur les façades digitalisées d'après les plans de la Direction Cantonale de la Mensuration Officielle (DCMO). C'est ainsi que le cadastre des immissions de bruit du trafic routier est devenu la première couche environnementale du SITG.

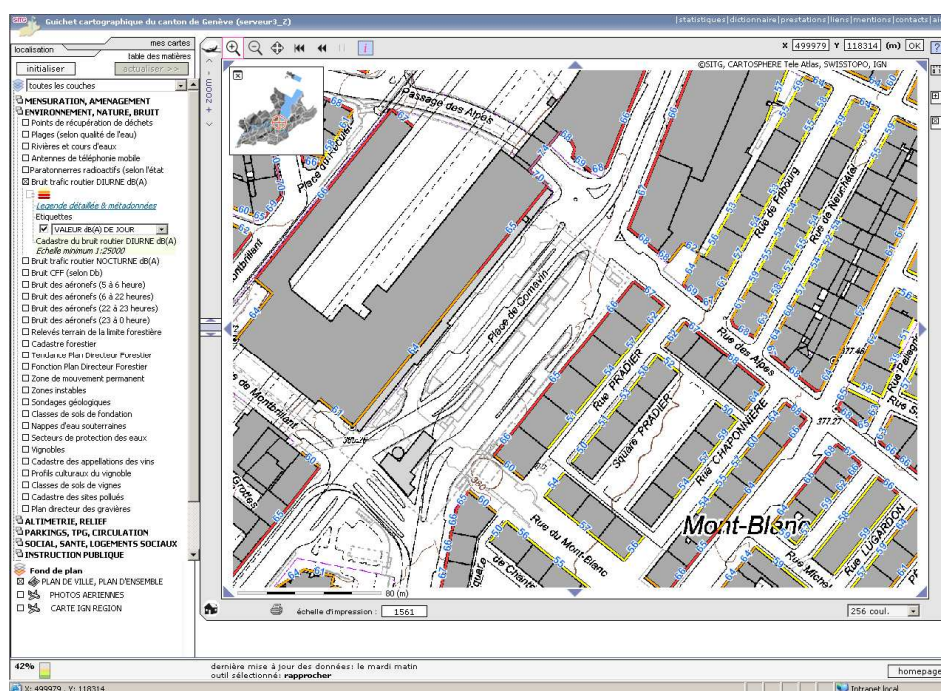


Figure 6 : Représentation aux façades des immeubles des immissions sonores due au trafic routier, sur le portail de topoweb

Contrairement aux valeurs d'immissions des façades, la représentation des valeurs d'émissions du trafic routier n'a pas pu être transférée sur le guichet cartographique du canton.

Si les données aux façades ont pu être implémentées, c'est parce que le passage de la digitalisation du SPBR à celle du cadastre ne changeait rien à leur modélisation, ni n'interférait avec la vision « métier » d'acousticien. Il s'agissait, en effet, plutôt de réajuster leur graphe à la réalité.

Cela n'est pas aussi aisé pour le transfert du graphe des émissions. Jusqu'alors plusieurs paramètres entraient en conflit, empêchant ainsi le transfert de l'information d'un graphe à l'autre. Parmi ces paramètres on retrouvait principalement une géolocalisation (digitalisation) ainsi qu'une segmentation souvent très dissemblable, ce qui les rendait globalement incompatibles.

Pour le graphe de la mobilité la digitalisation se trouve, ou devrait se trouver, au centre de la chaussée et la segmentation devait avoir lieu à chaque croisement de routes. Pour le graphe du SPBR la digitalisation se situe au centre des sources d'émissions et la segmentation est faite en fonction des fluctuations de niveau sonore.

### **2.3.1     *Modèle de calcul***

Contrairement à la plupart des cantons, Genève produit des données d'émissions et d'immissions sonores qui proviennent de l'interaction entre des valeurs mesurées et des valeurs modélisées. Le fait de combiner ces deux types de données complexifie les procédures du modèle.

#### **Mesures**

Dans un premier temps, des mesures de niveau sonore sont effectuées, ces mesures sont de courte ou de longue durée.

Les mesures de courte durée (15min) sont relevées par un technicien, à l'aide d'un sonomètre. Les mesures de longue durée sont le produit d'une étude plus approfondie qui consiste à la mise en place d'une station de mesure mobile qui enregistre les variations du niveau sonore d'un axe routier sur plusieurs jours.

Ces mesures sont géoréférencées et introduites dans la base de donnée ArcGIS comme étant des valeurs ponctuelles.

#### **Modélisation**

La création du cadastre du bruit, soit le graphe des émissions (routes) et le graphe des immissions (façades), s'effectue en trois étapes principales. Des outils ont été spécialement développés dans ArcMAP 9.1 pour faciliter la saisie des données ainsi que différents modèles de calculs.

La première étape consiste à estimer le niveau d'émissions provoqué par une rue donnée. Cette évaluation se fait sur la base de la formule StL-86. Cette formule, fournie par l'EMPA (institution de recherche EPF), permet le calcul des émissions sonores dues au trafic routier.

Les données nécessaires sont : le nombre de véhicules par heure, la vitesse nominale ou réelle, le nombre de véhicules bruyants et leur vitesse, ainsi que la pente du tronçon.

Le résultat de cette première étape permet de fixer le niveau d'émissions de la rue, et ne sert qu'à préparer la deuxième phase de la modélisation.

La deuxième et la troisième phase de la modélisation se font sur la base des modèles de type « ray tracing », un programme de ce type a été spécialement développé par les collaborateurs du SPBR (programme de type Mithra). C'est un modèle basé sur la recherche du rayon séparant le récepteur de la source du bruit et sur la modélisation de la propagation des ondes et des réflexions.

Le but de la 2<sup>ème</sup> phase est de déterminer le plus exactement possible le niveau d'émission d'une rue donnée. L'opérateur va procéder par itération. Un premier calcul va être lancé sur la base de l'estimation donnée par le modèle StL-86.

Le modèle tient compte des différents points de mesure ponctuels proches de la rue à modéliser. Une série de rayons espacés de cinq degrés part de chaque point de mesures et se propage dans l'espace (2D), chaque rayon va alors croiser une ou plusieurs rues. Pour chaque point de mesure, un niveau sonore moyen est calculé en fonction de la distance aux routes croisées. Si la valeur des points de mesures calculée correspond à  $\pm 0.5$  dBA de la valeur mesurée sur le terrain, la valeur de la rue calculée par StL-86 est considérée comme exacte, et est donc entrée dans le cadastre. Si ce n'est pas le cas, l'opérateur réitère la manipulation jusqu'à obtenir une valeur calculée aux points de mesure qui corresponde aux mesures effectives.

Parfois, les différences entre les valeurs mesurées et calculées sont trop grandes, cela indique à l'opérateur qu'il y a eu une erreur de manipulation ou de placement lors de la phase de mesures.

La troisième phase de la modélisation concerne le calcul des immissions aux façades. L'opérateur sélectionne manuellement les façades pour lesquelles sont recalculées les valeurs d'immissions. Le concept de « ray tracing » est similaire à celui utilisé dans la 2<sup>ème</sup> phase. Dans ce cas, les rayons partent du centre de chacune des façades. Il faut noter que les rayons sont réfléchis sur les différents obstacles ou façades et tiennent compte des routes traversées.

### **2.3.2      *Structure de la donnée***





Les données du SPBR sont comprises dans deux geodatabases personnelles.

La première geodatabase est un fichier qui comprend les données géographiques digitalisées par le SPBR, polygones ou points. Elle comprend les façades de la ville pour lesquelles le niveau des immissions sonores a été mesuré, les points où des mesures de niveau sonore ont été effectuées, les objets considérés comme des obstacles sonores ainsi que les routes digitalisées par le SPBR.








La seconde geodatabase comprend les tables attributaires permettant le calcul, le stockage et le suivi des données.

Il est étrange de stocker les données dans deux geodatabases séparées, mais il est cependant impossible de les réunir sans modifier le modèle de calcul.

– AD\_BRUIT\_GEODB  comprend :

- FACADE 
- MESURE 
- OBSTACLE 
- ROUTE 

– ADBRUITDATA  comprend :

- FACADE\_CALCUL 
- MESURE\_CALCUL 
- OBSTACLE\_CALCUL 
- OTHER\_CALCUL 
- ROUTE\_BRUIT 
- ROUTE\_SUIVI 
- STATUT\_ 

Les objets utiles à ce travail sont la couche ROUTE et la table ROUTE\_BRUIT

Les attributs de ROUTE sont :

OBJECTID	Shape	Shape_Length	Statut_ID	Rte_NoTroncon	DebutValid	FinValid
----------	-------	--------------	-----------	---------------	------------	----------

OBJECTID : relique d'un identifiant machine mais également l'attribut qui permet de faire le lien avec la table ROUTE\_BRUIT

Shape : champ automatique désignant le type de géométrie de l'objet.

Shape\_Length : champ automatique désignant la longueur du segment.

Statut\_ID : champ déterminant le statut du segment, 1 actif, 5 archive

Rte\_NoTroncon : correspond à l'attribut d'un ancien graphe de l'OCM

DebutValid : correspond à la date de digitalisation

FinValid : correspond à la date de mise en archive

Rte\_NoTroncon n'est plus utile, il est néanmoins conservé par crainte de répercussions sur le modèle en cas de suppression.

Les attributs de ROUTE\_BRUIT sont :

RBruit_ID	Rte_ID	Statut_ID	Pente	TJM	PropVB	Vitesse	Leq1m	CorNuit	DebutValid	FinValid	Revetement
-----------	--------	-----------	-------	-----	--------	---------	-------	---------	------------	----------	------------

RBruit\_ID : identifiant machine de numérotation automatique.

Rte\_ID : attribut permettant de faire le lien avec la couche ROUTE.

Statut\_ID : attribut déterminant le statut du segment, 1 actif, 5 archive.

Pente : attribut indiquant la pente du segment sur une échelle de 0-10.

TJM : attribut stipulant le nombre de véhicules/heure.

PropVB : attribut donnant la proportion de véhicules bruyants passant sur le segment.

Vitesse	: attribut correspondant soit à la vitesse limite, soit à la vitesse réelle estimée.
Leq1m	: attribut correspondant au niveau de bruit moyen $L_{eq}$ en (dBa) à 1 mètre du sol pour la période diurne.
CorNuit	: attribut correspondant à la correction qu'il faut effectuer sur Leq1m pour obtenir le niveau sonore moyen nocturne.
DebutValid	: attribut correspondant à la date de mise à jour.
FinValid	: attribut signalant la date de fin de validité
Revetement	: attribut indiquant le type de revêtement du segment (de loin pas complete)

## 2.4 Outils informatiques utilisés

Les principaux outils utilisés pour ce rapport furent les logiciels ESRI et FME.

Les outils ESRI utilisés pendant cette étude étaient ceux de la gamme 9.2 d'**ArcGIS**. Les principales opérations furent : l'édition, la création de routes, la création d'événements.

Dans le cadre de ce stage j'ai eu l'occasion de découvrir le programme **FME 2007** (Feature Manipulation Engine). Il s'agit d'un programme qui permet la manipulation des données géographiques issues de plus de 200 formats de logiciels. Ce logiciel permet la création et la gestion de scripts. Ce logiciel m'a essentiellement permis de réaliser des opérations géographiques, logiques ou des transformations de géodonnées.

J'ai également eu l'occasion de découvrir d'autres programmes tels que TerraExplorrer, Deep Exploration, SketchUp, Crystal Report.

Le programme **Statistica** a également été nécessaire à la production des histogrammes présentés dans le chapitre de l'étude de cas.



## 3. Phase 1: Graphe du bruit sous forme d'événements sur le GMO

### 3.1 Barrière au transfert

La représentation graphique des valeurs d'émissions du bruit routier sur le graphe de la mobilité n'avait, jusqu'à aujourd'hui, jamais été envisageable pour différentes raisons.

Dans le premier graphe de la mobilité, les différents conflits qui empêchaient le transfert des informations entre les deux graphes étaient : le dédoublement des routes au niveau des bornes centrales, la segmentation de carrefour à carrefour, les giratoires et carrefours complexes ainsi qu'une digitalisation parfois décalée par rapport à l'axe réel de la route (la source d'émission sonore ne concordant pas forcément avec le centre de la chaussée).

Dans le second graphe de la mobilité le seul progrès fut l'abandon du dédoublement des axes au niveau des bornes centrales et la simplification des carrefours complexes.

#### 3.1.1 *Dédoublement des tronçons*

Le dédoublement de la représentation graphique au niveau des bornes centrales posait effectivement un problème au niveau du stockage et du transfert de la donnée.

Le modèle d'émission du SPBR utilise, pour ses calculs, la valeur du niveau énergétique moyen des tronçons, situés à un mètre au dessus du niveau de l'axe de la route. Il n'est pas possible de répartir de manière simple l'énergie sonore d'un axe sur deux. En effet, on peut imaginer qu'il suffit de diviser l'énergie par deux (soit de soustraire 3dBa) et de la répartir sur les deux segments. Cependant, lors de cette opération, la distance entre les façades et la source va inmanquablement varier, le problème provient du fait que la décroissance du niveau sonore est fortement liée à la distance. De plus, l'ensemble des variables influençant le calcul d'émission n'est pas forcément applicable de manière uniforme sur les deux axes.

Il faut donc, pour passer de la représentation d'un axe simple à un axe double sans perdre la pertinence des valeurs, réévaluer l'ensemble des variables par tronçon (charge trafic, proportion de véhicules lourds..), refaire tourner le modèle et réajuster les valeurs obtenues par rapport aux mesures effectuées.

Le niveau des immissions aux façades étant calculé à partir du modèle des émissions aux axes, il faudrait également relancer le calcul de toutes les façades situées à proximité des axes modifiés.



Figure 7 : Exemple de dédoublement de rue lors de présence de bornes centrales sur l'ancien graphe routier, route de Chancy.

Dans la version actuelle du graphe routier ce dédoublement au niveau des bornes centrales a été abandonné. Cependant, le SPBR possédait deux segments pour lesquels un dédoublement de la route avait été digitalisé, cela était dû à la présence de places de parking et d'arbres entre les deux sens de circulation. Afin de faciliter le transfert des données, le niveau sonore a été recalculé, pour les deux segments considérés, de manière à pouvoir être représenté sur un axe unique.

### **3.1.2 Incompatibilité de la Segmentation**

Jusqu'à présent les différents graphes de la mobilité étaient segmentés en tronçons de carrefour à carrefour. Le graphe du SPBR comprend une segmentation faite au gré des changements d'émissions sonores ces dernières peuvent varier le long d'un même tronçon de route ainsi que temporellement.

Il faudrait donc, pour que les données du SPBR puissent se greffer sur le graphe de la mobilité, segmenter les tronçons de carrefour à carrefour en autant de segments qu'il existe de changements de valeurs d'émissions sonores. Cela n'est pas concevable car il en résulterait un alourdissement du graphe de la mobilité qui n'aurait d'utilité que pour l'un des utilisateurs du SITG. En plus de cela la segmentation des valeurs d'émissions sonores peut varier au fil du temps, ce qui impliquerait de revoir la segmentation à chaque fois que celles-ci changeraient.

### **3.1.3 Tracé de la route**

En ce qui concerne la plupart des tronçons, le fait que le tracé des deux graphes routiers diffère n'a aucune influence d'un point de vue acoustique et relève plutôt de la précision et de l'esthétisme.

Cependant, certains segments sont volontairement désaxés du centre de la route de façon à être le plus proche possible des sources réelles d'émissions. C'est particulièrement le cas lorsqu'on se trouve sur un axe comprenant une voie dédiée aux transports collectifs, comme l'est par exemple l'avenue des Communes-Réunies ou la rue du Conseil-Général avec la présence du tramway sur l'un des côtés de la rue. Dans ces cas particuliers, le point de vue de l'acousticien ne peut correspondre au point de vue du géomètre.

### 3.1.4 Solution permettant une représentation graphique commune

La solution la plus élégante de représenter les valeurs de niveau sonore est d'utiliser la méthode de segmentation linéaire greffée sur le graphe de la mobilité. L'objectif étant à terme l'utilisation d'un graphe unique, le graphe routier route sur lequel seront liées des tables d'événements propres à chacun des utilisateurs du SITG.

Le transfert des données du SPBR sur un nouveau graphe de la mobilité basé sur la segmentation linéaire est donc l'objectif de ce travail. Si cet objectif est atteint suffisamment rapidement, l'étude de l'utilisation de ce nouveau graphe en input du modèle de calcul des émissions sonores deviendra alors le nouvel objectif.

## 3.2 Correction graphe SPBR

Après examen du Graphe du SPBR, il a été constaté que les connections entre les différents tronçons n'étaient pas toujours parfaites.

Plusieurs types de problèmes ont été répertoriés :

- Des vertex de fin de segment ne sont pas connectés
- Un segment venant se connecter entre des vertex d'un autre segment sans pour autant arriver au contact de celui-ci (segment trop court)
- Un segment venant se connecter entre des vertex d'un autre segment le coupant mais dépassant de l'autre côté, (segment trop long).

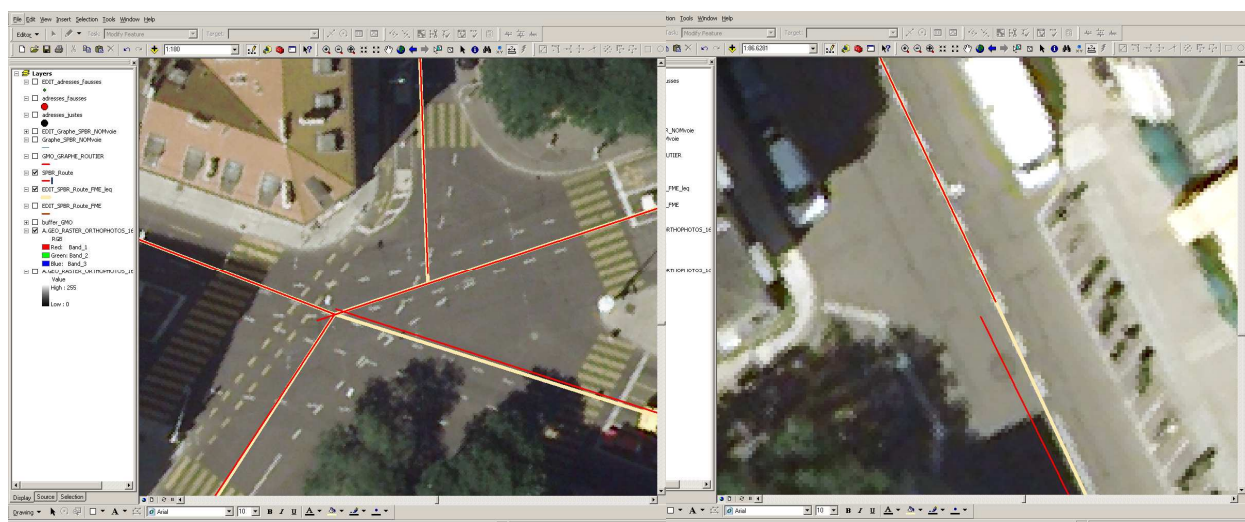


Figure 8 : Représentation en rouge du graphe du SPBR avant correction, et en jaune après correction. On peut voir que la connectique a pu être corrigée.

Ces erreurs de digitalisation ont été corrigées par des scripts aux moyens du logiciel FME.

Pour corriger les erreurs de connexion en fin de vertex, c'est un outil de « snapping » qui a été utilisé. L'inconvénient de cette manipulation vient du fait qu'un objet reste fixe et que les autres viennent se « coller » à lui. L'objet restant fixe est déterminé dans l'ordre d'attribut *ObjectId*.

Pour corriger les segments trop courts, ce sont les outils *lengthcalculator*, *tester*, *extender*, *intersector* et *aggregator* qui ont été utilisés. Le but étant de prolonger les segments, de les réagréger, de créer des vertex aux intersections et de supprimer les segments dépassant. Il faut savoir que la prolongation des segments pose problème lorsqu'il y a trop de vertex. Il est donc nécessaire, avant cette opération, de découper tous les segments à chaque vertex.

La correction des segments trop longs se fait grâce aux opérations; *intersector* et *tester*. Il s'agit de créer des vertex aux endroits où deux segments se croisent et de supprimer les segments dépassant.

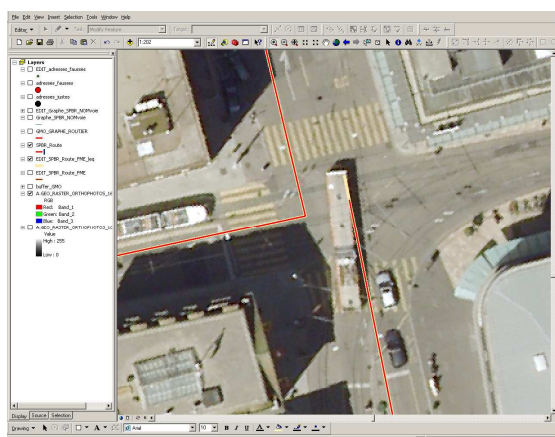


Figure 9 : Toutes les erreurs n'ont cependant pas pu être corrigées par les manipulations FME. Dans cet exemple 7 mètres séparent les deux routes, ce qui est un écart trop important pour être corrigé automatiquement, ce type d'erreurs a été corrigé manuellement après coup.

Cette correction améliore la précision du modèle. En effet, cela évite lors de la modélisation que des rayons (« ray Tracing ») passent entre deux segments ou en coupent plusieurs à cause d'une digitalisation imparfaite.

Ce graphe corrigé est désormais utilisé par le SPBR comme input du modèle d'émissions sonores.

## 3.3 Attribut GMO sur graphe SPBR

### 3.3.1 Manipulations FME

Une des manipulations qui a été entreprise fut le transfert d'un attribut du GMO sur le graphe du SPBR. Cet exercice avait pour but d'aider par la suite au transfert des données du graphe du SPBR en événements sur le graphe du GMO en établissant une relation par ID uniques.

Les attributs du GMO qui ont été migrés sur le graphe du SPBR sont *ID\_GM\_TRONCON* le *CODE\_VOIE* et le *NOMVOIE*.

Les opérations requises pour effectuer ce transfert ont également été mises en œuvre avec le logiciel FME. Le script permettant ce transfert est relativement complexe, il s'agit de multiples opérations tel que, *chopper*, *LengthCalculator*, *tester*, *buffer*, *clipper*, *intersector*, *LineOnAreaOverlayer*, *FeatureMerger*.

### 3.3.2 Vérifications par les adresses

Pour s'assurer que le transfert d'attributs c'était déroulé correctement, un script FME a été créé. La vérification s'est faite par comparaison de la couche officielle des « points » adresses du Canton à celle transférée sur le graphe du SPBR.

Le script FME consistait à créer un buffer sur le graphe du SPBR, et à récupérer les attributs de ce buffer sur le cadastre des adresses par la fonction *PointOnAreaOverlayer*. Le résultat de cette manipulation FME est la création d'une couche de points d'adresses sous forme de shapefile permettant la visualisation sur ArcMap des zones problématiques.

Cette vérification a montré que la plupart des NOM\_VOIE et CODE\_VOIE ont été transférés correctement. Mais pour les segments sans adresse comme les carrefours, ponts, places ou autoroutes, la vérification a été partielle puisque réalisée manuellement.

L'ID\_GM\_TRONCON qui correspond à la numérotation des segments a été récupéré mais est inutilisable puisque le nombre de segments entre les deux graphes n'est pas le même.

### 3.3.3 Corrections manuelles

Grâce à cette opération les corrections ont été effectuées sur le graphe du SPBR. Ces corrections n'ont eu aucune répercussion sur la qualité du modèle.

Les erreurs corrigées consistaient à améliorer la compatibilité entre les deux graphes, les changements qui ont été opérés portent sur la segmentation.

En effet, certains tronçons du graphe du SPBR n'avaient pas été segmentés en fonction des noms des voies. Deux rues pouvaient être représentées par un seul segment, cela était le cas lorsque le niveau des nuisances sonores était identique pour les deux segments.

Les places et ponts n'avaient pas non plus de segmentation propre, des corrections ont également été effectuées sur ces objets dans la mesure où ils ont été identifiés.

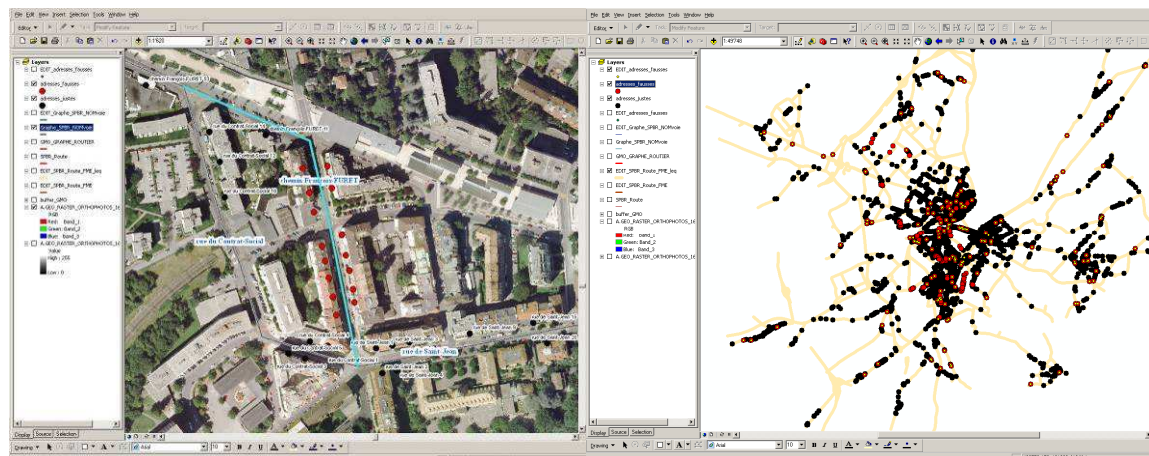


Figure 10 : Représentation à gauche d'un tronçon correspondant à deux rues, à droite la carte des points adresse et le graphe routier du SPBR, les points rouges étant les adresses considérées fausses par le script FME.

Lors de cette vérification quelques 3900 points adresse ont été sélectionnés dans les zones tampon. 380 d'entre eux ont été classés comme étant des erreurs et nécessitant une correction, ce sont les points pour lesquels l'adresse ne correspondait pas à celle du buffer qui les englobait.

Chacun de ces points décrit comme faux par la manipulation FME, a été répertorié et contrôlé afin de déterminer quelle était la source du conflit. 140 erreurs provenaient d'un buffer trop large ce qui a



eu comme conséquence de sélectionner la mauvaise adresse. Plus de 160 erreurs provenaient du fait que certains tronçons du SPBR n'étaient pas segmentés en fonction du nom des voies, un segment pour deux rues différentes. La segmentation a été corrigée pour tous les tronçons posant problème. Les 2% d'erreur restants sont dus à la méthode utilisée pour récupérer les attributs du GMO sur le graphe du SPBR. C'est surtout la dissemblance entre les deux graphes qui a obligé, lors de cette opération, l'utilisation de buffers trop larges et a induit des erreurs.

## 3.4 Création d'évènements

### 3.4.1 Localisation d'un évènement

La localisation des routes du SPBR, sur le graphe routier, s'est faite au moyen de l'option d'*ArcToolbox*, *Linear Referencing Tools : Locate Features Along Route*. Une fenêtre s'ouvre dans laquelle il faut : introduire l'objet à localiser, la polyligne qui supportera les événements et surtout une taille de buffer. D'autres champs et options sont également disponibles dans cet outil. Le résultat de cette opération est la création d'une table événementielle.

### 3.4.2 Erreurs relevées

Lors du transfert des données par l'outil *Locate Features Along Route*, plusieurs types d'erreurs sont apparues. Des erreurs dues à la polyligne du GMO (GMO\_ROUTIER\_ROUTE), des erreurs dues à la divergence des deux graphes et celle dues au buffer utilisé pour la localisation des événements. Ces erreurs se caractérisent soit par une absence d'événements soit par la présence d'événements superposés.

#### Les erreurs dues au GMO

Une des erreurs provenant du GMO qui a été fréquemment rencontrée, vient du fait que l'attribut `CODE_VOIE_ROUTE` a été introduit manuellement. En effet, un attribut devait être introduit, permettant de caractériser les différents embranchements d'une route, en vue de la création des polygones M. Certains de ces embranchements n'ont pas été différenciés, ce qui a impliqué le dédoublement de la graduation de la route et des événements associés.

Un autre type d'erreur vient du fait que des segments du GMO n'ont pas de dénomination, ni `CODE_VOIE` et donc par conséquence pas de `CODE_VOIE_ROUTE`. Cela implique que des segments du GMO ne sont donc pas représentés dans le graphe en polygones. Cela ne porte pas à conséquence dans la mesure où ce sont généralement des chemins peu fréquentés et donc sans grand intérêt. Des erreurs de saisie ont toutefois été repérées sur des tronçons du GMO.

#### Différence de digitalisation

La différence entre la digitalisation des deux graphes pose problème dans la mesure où certains tronçons ne sont pas sélectionnés par le buffer lors de la localisation des événements. Cette différence de digitalisation peut être due à des erreurs de saisie, des changements de tracé non répertoriés ou à une perception différente de la réalité. L'impact de ce type de divergence se caractérise par une absence d'événements.

#### L'utilisation du buffer

L'utilisation d'un « buffer » dans la fonction *Locate Features Along Route* crée des artefacts, notamment aux intersections et lorsque des segments sont trop proches les uns des autres. En effet,

lorsque deux segments sont trop proches, la valeur d'un segment est répertoriée sur les deux segments. C'est également le cas aux intersections et ramifications.

### **3.4.3 Corrections automatiques**

La correction automatique des données a été envisagée au moyen de script FME ou par des règles de topologie.

La première idée était de corriger les événements grâce aux attributs transférés précédemment du GMO sur le graphe du SPBR. Le problème relevé lors de ce transfert d'attributs vient du fait que le nombre d'objets des deux graphes n'était pas identique, cela notamment à cause de la segmentation. Le seul attribut pouvant être utilisé se révèle être le nom des routes, sous réserve des segments ne comprenant pas d'adresse comme les autoroutes, bretelles d'autoroutes, ponts et places. L'utilisation de cette option ne permet pas de corriger automatiquement les données car l'attribut transféré n'est pas totalement fiable, cela permet cependant de visualiser les événements ne possédant pas un nom de voie correspondant au nom de voie du GMO.

Une des options de FME « matcher » permet de trier les objets ayant une géométrie commune en fonction de leurs attributs. Cela peut être utile dans les cas où de petits segments se sont vus attribuer plusieurs valeurs. Cela ne permet pas non plus de trouver toutes les erreurs car la plupart des événements qui se superposent ne possèdent pas la même géométrie (longueur) et ne peuvent donc pas être différenciés.

Il n'a pas été possible de trouver une règle de topologie qui permette de corriger toutes les erreurs, car les seules règles agissant sur la superposition d'objets le font entre des couches différentes. Dans notre cas il s'agit d'une seule couche comprenant des objets superposés.

### **3.4.4 Corrections manuelles**

Les corrections ont été effectuées manuellement avec l'assistance du programme FME pour la localisation des erreurs. La correction des événements a été faite soit directement sur la table des événements, soit sur l'export des événements en image.

Pour supprimer des événements, il est plus facile de passer par la gestion image des événements, car une fois l'objet excédentaire sélectionné en mode édition il suffit d'utiliser la touche Delete. Alors que pour supprimer un événement dans la table d'événements, il faut sélectionner la ligne dans la table, faire un clic droit et supprimer les événements sélectionnés.

De plus, la suppression d'événements dans la table provoque parfois un bug dans la version 9.2 d'ArcMap, certains événements perdent momentanément leur référence spatiale. Le moyen le plus simple de palier à ce bug d'interface est de fermer et de rouvrir le projet.

Pour corriger la segmentation d'événements, il est capital de travailler sur la table d'événement, car en travaillant sur l'image il y a des risques de modifier la géométrie des routes. En changeant la géométrie des segments on perd la réversibilité du passage d'image en événement.

### **3.4.5 Conditions empêchant la réversibilité image - événements**

Lors du transfert de la couche image en événements, par l'outil *Locate Features Along Route*, certains tronçons n'ont pas été récupérés lors de cette manipulation. Cela a permis de mettre en avant quelques incompatibilités de cet outil. En effet, le transfert en événement pose problème lorsque l'objet à localiser est une ligne complexe, il y a également des problèmes lorsque les polygones font

des boucles. Dans ces cas, les événements récupérés sont fragmentaires ou inexistants.

Seul une dizaine de giratoires et segments posaient problème dans le cadre de ce travail, cependant les courbes complexes ont été supprimées sur l'ensemble du GMO. Ainsi environ 150 segments ont été transformés, afin de permettre l'utilisation ultérieure de la segmentation linéaire.

Les lignes complexes ont simplement été corrigées en passant, les objets intéressés, du format geodatabase en shapefile. Les lignes complexes n'étant pas supportées par le format shape, cette opération a comme résultat de remplacer automatiquement les lignes complexes par des lignes simples.

Les polygones formant des boucles ont été segmentées, de manière à ce que le point de départ et d'arrivée de chacune des boucles ne soit plus le même. Cette opération était également nécessaire, car lorsque les vertex de départ et d'arrivée étaient superposés, cela avait pour conséquence de générer des erreurs.



## 4. Phase 2: Graphe en input pour les modèles de calculs du SPBR

Les données du SPBR ont été transférées sur le graphe de la mobilité sous la forme d'une table événementielle. Un attribut permet désormais de faire le lien entre cette table et le graphe du GMO. Pour représenter graphiquement ces données, il faut utiliser l'outil *Tools* (outil) puis l'option *add route Event...* (ajouter un événement route). Il apparaît alors une fenêtre qui demande sur quelle polyligne va être "drapée" la table d'événements. Un nouveau graphe est alors généré, il s'agit de la représentation des événements selon la géométrie du graphe choisie dans notre cas : « graphe routier route ». L'objectif est désormais de savoir s'il est possible d'utiliser les données stockées sur cette nouvelle représentation comme entrée dans le modèle de calcul d'émission du SPBR

### 4.1 Interrogation de la donnée

Une des phases de calcul du modèle du SPBR consiste à trouver l'intersection des rayons interrogateurs avec une ou plusieurs rues, lors de cette opération le modèle doit trouver la valeur de l'attribut du niveau sonore sur la table annexe liée aux segments interrogés.

#### 4.1.1 *L'interrogation de la donnée dans le modèle actuel*

Pour le calcul et la validation d'émissions sonores des routes, le modèle va interroger la géométrie du graphe des routes du SPBR, relever les coordonnées X et Y, pour déterminer la distance de la cible à l'objet, puis effectuer une requête dans la table attributaire liée. La valeur du niveau sonore (Leq) est alors sélectionnée et peut donc être utilisée pour les calculs. Il faut savoir qu'à chaque objet géographique correspond un seul objet de donnée valide.

#### 4.1.2 *Trois choix d'interrogation de données pour le futur modèle*

##### **N°1 : Table événementielle**

Le premier choix consiste à travailler directement sur la géométrie du GMO. L'interrogation de la géométrie par le modèle devra déterminer les coordonnées X,Y mais également la coordonnée M du graphe. En effet, dans le nouveau graphe, les objets géographiques sont des polygones M. A un objet géographique (route) peut correspondre plusieurs objets de données (événement). Ces événements sont localisés par rapport à une graduation propre à chaque objet géographique. C'est pour cette raison que le modèle devra être capable de lire la coordonnée M du GMO et de localiser par une requête l'événement correspondant dans la table des événements. Cela devrait être réalisable grâce aux attributs de début et de fin de localisation d'événements.

## **N°2 : Couche de visualisation**

Le deuxième choix consiste à travailler avec la couche qui permet la visualisation des événements par drapage. Lorsque le modèle interrogera la géométrie il devra déterminer les coordonnées X, Y mais il ne sera pas nécessaire de rechercher les données de Leq dans une table séparée, puisque celle-ci se trouve directement en attribut de l'objet interrogé.

## **N°3 : Export en shapefile**

Le troisième choix consiste à travailler sur l'export de la couche virtuelle de visualisation. Il suffit dans la *Table of Contents* de faire un clic droit sur le shape virtuel, de cliquer sur *edit* et d'exporter. Lors de l'export du shape « virtuel », un shape est créé avec les données des événements sur un objet graphique bien réel. Comme dans le deuxième choix d'interrogation de données, la lecture des coordonnées et des données de Leq se fera sur le même objet géométrique.

### **4.1.3 Avantages et inconvénients des trois types de support pour le modèle**

#### **Table événementielle**

L'avantage de cette méthode vient de sa simplicité. Non pas du point de vue de la conception du modèle mais des données nécessaires. En effet, il suffirait pour faire tourner le modèle d'utiliser la géométrie du GMO (plus quelques segments propres au SPBR) et la table événementielle, sur lesquels s'effectueraient les mises à jour.

L'inconvénient principal de ce choix est qu'il interdit l'utilisation d'offsets permettant de personnaliser le graphe du SPBR. La géométrie du graphe du SPBR devra être identique à celle du GMO ou éventuellement comprendre des segments de substitution. L'utilisation de segments de substitution est possible dans la mesure où le SSIG est disposé à introduire un attribut propre au SPBR sur le graphe routier route, ces segments annexes devraient somme toute rester des exceptions.

Du point de vue de la conception du modèle, celui-ci devrait être capable, à partir de la coordonnée M d'un objet lambda, de retrouver l'événement correspondant dans une table annexe.

#### **Couche de visualisation**

L'avantage de cette solution provient de la possibilité d'utiliser les offsets. Il s'agirait d'une simplification du modèle car les données se trouvent directement sur l'objet géométrique, il ne sera pas nécessaire de réaliser des requêtes sur les tables d'attributs liées pour les obtenir.

Le défaut majeur de cette solution vient du fait que la couche permettant la visualisation des événements est "virtuelle". ArcMap crée cette couche qui permet de visionner les événements, le logiciel génère cette couche à l'ouverture du MXD. Il n'est pas sûr que le modèle puisse utiliser ce type d'information.

#### **Export en shapefile**

L'avantage de cette option est que l'utilisation d'offsets est possible, et que la donnée se trouve également sur la géométrie des objets.

L'inconvénient de cette solution est qu'après chaque modification d'évènements, il faut réexporter la couche. Cela est gênant dans la mesure où une partie de la validation des calculs se fait par itération et tâtonnements. Le choix de cette solution alourdirait probablement les opérations à effectuer lors de la phase de tâtonnement de la modélisation. Cela risque de ralentir le rythme de travail de l'opérateur, ce qui n'est pas désirable. Le passage du shape en table événementielle se doit d'être automatisé, sans quoi l'opérateur risque d'oublier l'export après modification.

#### **4.1.4 Orientation**

Après concertation avec Michel Lançon, ingénieur au SPBR, sur les différents choix de fonctionnement possible du modèle. Nous avons déterminé que le deuxième choix était le plus intéressant. En effet, c'est celui pour lequel les transformations nécessaires consistent en une simplification du modèle. Michel Lançon a affirmé être capable de procéder lui-même aux modifications qui permettraient d'adapter ce choix au modèle de calcul. Il faudra cependant s'assurer que l'utilisation de l'« Image virtuel » est bien lisible par le modèle.

Si le modèle ne permet pas l'utilisation du choix « couche de visualisation », il faudra alors choisir entre les deux alternatives la moins préjudiciable.

Dans le cas d'une orientation vers le premier choix, l'utilisation d'offsets serait abandonnée et les modifications nécessaires à l'adaptation du modèle demanderaient l'intervention d'un spécialiste. Cette solution ne sera très certainement pas envisagée puisque trop coûteuse.

Le troisième choix consisterait à une simplification du modèle et serait réalisable sans l'intervention d'un spécialiste, puisque l'interrogation de la donnée serait similaire au choix 2. L'automatisation de l'export en shape pourrait cependant nécessiter l'intervention d'un spécialiste sans pour autant coûter extrêmement cher.

## **4.2 Gestion des données**

### **4.2.1 Gestion de la mise à jour des données**


Pour mettre à jour les données d'une table événementielle, il suffit de rentrer en mode édition et de modifier les champs concernés.

Lors de la mise à jour des données, si un champ est modifié, il faut pouvoir conserver l'historique de ces changements. La manière la plus simple de procéder est d'avoir un code. Le SPBR utilise un attribut *statut* qui détermine la validité des valeurs, il est égal à 1 lorsque l'événement est valide et égale à 5 lorsque celui-ci passe en archive.

Ce n'est cependant pas très pratique car dans l'interface de base il n'y a pas de moyen efficace pour dupliquer toutes les données attributaires d'un objet. Chaque champ doit être rentré manuellement ou copié séparément.

C'est pour cette raison qu'il serait judicieux de créer une application sur ArcMap permettant une saisie facilitée. Cette application aurait pour but d'invalider une donnée modifiée, en changeant le statut et en dupliquant automatiquement les attributs.

Pour créer un nouvel événement, il suffit de sélectionner, dans le GMO, la route concernée de relever le *Code\_Voie\_Route* ainsi que les coordonnées de début et de fin du-dit événement.

Un outil permet d'ailleurs d'interroger les coordonnées des polygones M, cet outil se trouve dans *Linear Referencing* il s'agit de *Identify Route Locations* .

Une fois ces données saisies, il n'y a plus qu'à passer en mode édition dans la table événementielle et à reporter les attributs dans les colonnes adéquates, le logiciel placera automatiquement l'évènement.

#### **4.2.2 Gestion du statut par le Modèle**

##### **Choix 1 : « table événementielle »**

La sélection du statut devra se faire lorsque le modèle ira chercher par une requête les valeurs de *Leq* dans la table des événements.

##### **Choix 2 et 3**

La sélection du statut peut se faire soit par les propriétés de la couche *LAYER PROPERTIES / DEFINITION QUERY / Statut = "1"*, soit par le modèle qui sélectionnera automatiquement l'évènement ciblé ayant un statut actif.

#### **4.2.3 Gestion du statut des événements et des routes**

Il serait judicieux d'avoir un moyen de vérifier, qu'il n'y ait pas dans le graphe du bruit d'événements actifs superposés. Cela pourrait se faire par l'activation d'une boîte de dialogue lorsque le modèle rencontrerait ce type de situation. Un script FME permettrait également de localiser ce type d'erreurs.

S'il est possible d'ajouter un attribut sur la table événementielle afin de gérer l'archivage des événements, la gestion d'archivage du graphe routier polyligne n'est pas prévue. En effet, si des segments du graphe routier peuvent être modifiés et archivés, le graphe routier polyligne sera, quand à lui, uniquement régénéré sur la base du graphe routier actif. La colonne *Loc\_error* de la table d'événements peut aider à déceler une partie de ces modifications de géométrie.

La colonne *Loc\_error* contient, en effet, trois types d'inscriptions indiquant l'état des différents événements « *No Error* », « *Partial Match for the to-Measur* » ou « *Route Not Found* ». *No Error*, indique que l'évènement est bien localisé, *Partial Match for the to-Measur* indique que l'évènement est plus long que la route, et *Route not Found* indique que la route n'a pas pu être localisée. Les deux dernières indications sont utiles dans les cas où des segments venaient à être raccourcis ou supprimés, cela se traduirait par une modification de l'attribut. Dans le cas où un segment serait rallongé, cet attribut ne permettrait pas de le déceler.

## 4.3 Tronçons du GMO incompatibles avec la vision du SPBR

Comme mentionné précédemment le SPBR ne pense pas pouvoir utiliser la géométrie seule du GMO. Les deux solutions qui s'offrent à nous pour palier à ce problème sont la création d'offsets et la création de tronçons préférentiels.

### 4.3.1 *Création d'un offset*

L'utilisation d'offsets permet de décaler les événements parallèlement à la polyligne M. Cette option pourrait s'avérer utile pour représenter le décalage qu'il existe parfois entre l'axe réel de la route et celui des nuisances sonores.

La création d'offsets ne sera toutefois pas suffisante pour compléter le GMO selon les besoins du SPBR. En effet, cette mesure peut s'avérer efficace pour les segments rectilignes ou en dehors des agglomérations, mais sera difficile à utiliser dans les zones fortement bâties, aux rues étroites et aux carrefours fréquents.

Pour créer un offset, il suffit de remplir la colonne dédiée à l'offset d'un événement avec un nombre réel pour que celui-ci soit décalé à souhait. Il faut toutefois faire attention au signe de l'offset et au sens de digitalisation des objets.

### 4.3.2 *Création d'un tronçon préférentiel*

La création de tronçons préférentiels est nécessaire pour compléter le graphe du GMO. Le graphe du SPBR possède des segments qui ne sont pas digitalisés dans le GMO ou possédant une digitalisation d'une trop grande dissemblance.

### 4.3.3 *Intégration de segments préférentiels*

Comme décrit précédemment, la polyligne M, qui permet la segmentation linéaire, a été créée sur la base du graphe routier. Il s'agit donc d'intégrer les tronçons spécifiques au SPBR dans le graphe routier transformé en polyligne M. Cette intégration pourrait se faire au moyen d'un script FME, il réunirait les deux graphes tronçons préférentiels et graphe routier route, avant la transformation en polyligne. Le SPBR aura alors à sa disposition un graphe polyligne personnalisé et sera libre d'introduire des événements sur les segments de son choix.

## 4.4 Etude de Cas

Nous avons procédé à une étude de cas afin d'apprécier l'impact qu'aurait l'utilisation de la géométrie du GMO sur la modélisation du niveau sonore des façades.

Nous avons sélectionné huit localisations pour lesquels les différences de digitalisation paraissaient suffisamment importantes pour impliquer des divergences au niveau du résultat des calculs des nuisances sonores aux façades.

Ne pouvant pas tester directement la digitalisation du GMO sans transformer le modèle de calcul, il a donc fallu la « mimer ». Ce sont les routes du SPBR qui ont été dupliquées. Leur géométrie a alors été adaptée de manière à correspondre à celle du GMO.

Les immissions sonores des façades à proximité de ces tronçons test ont été ensuite recalculées. Ce sont les valeurs de plus de 400 façades qui ont été remodelées.

### 4.4.1 Localisation des zones de test

Les huit zones de test sont :

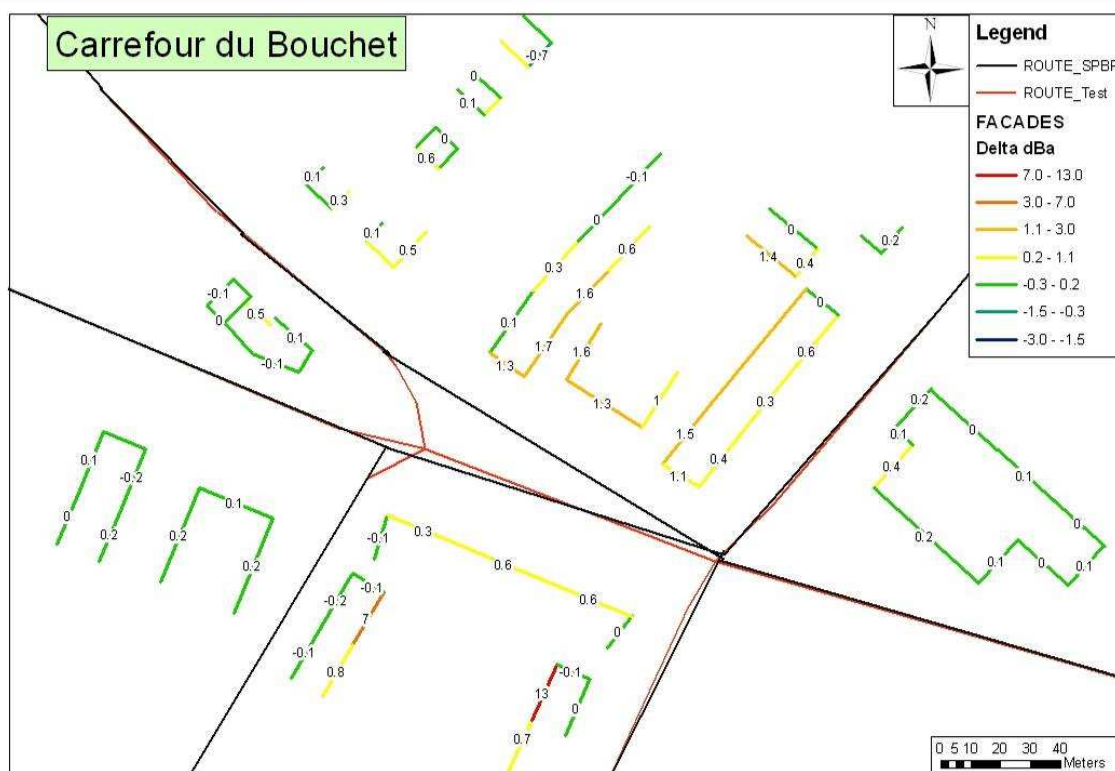
- Le carrefour du Bouchet
- Le carrefour Rte. des Franchises – Av. Edmond-Vaucher
- La place de la Navigation
- La place des Alpes
- La place Jargonant
- La place St-Gervais
- Le carrefour Rue de la Terrassière – Rte de Chêne
- Le Viaduc du Pailly

Le CD fourni en annexe comprend toutes les données permettant de réaliser les cartes qui suivent. En rouge, il s'agit des routes modifiées et en noir les routes du SPBR. La couleur des façades est fonction du delta des valeurs calculées Façades\_SPBR (digitalisation SPBR) – Façades\_Jonas (digitalisation GMO).

A noter que la géométrie du graphe du SPBR est encore imparfaite, au niveau des intersections, elle a cependant été corrigée dans son ensemble. Ici il s'agit encore de l'ancienne digitalisation qui n'est désormais plus utilisée.

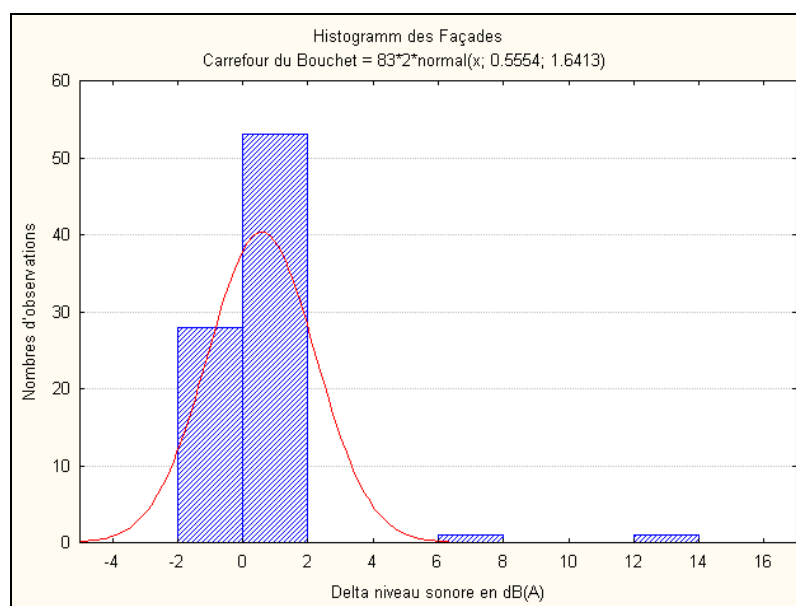
Chaque carte est accompagnée d'un commentaire et d'un Histogramme. Les histogrammes ont été obtenus au moyen du programme Statistica.

## Le carrefour du Bouchet

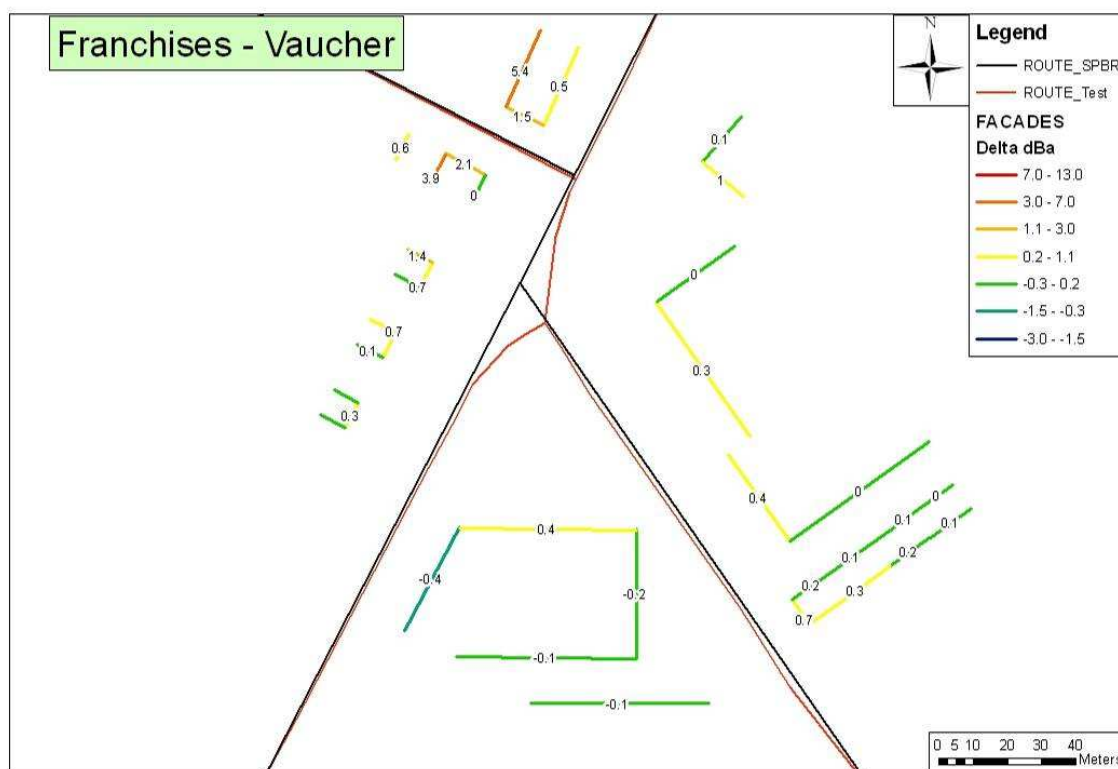


Le carrefour du Bouchet comprend les deux valeurs de delta les plus élevées de cette étude de cas. Le delta est calculé en fonction de la valeur aux façades selon la digitalisation du SPBR moins celle du test, cela implique qu'il y a un déficit de nuisances sonores. Les deux façades incriminées ne se situent pas à proximité d'une route. L'avenue du Crozet ainsi que les immeubles la bordant ont certainement été négligés lors de la modélisation.

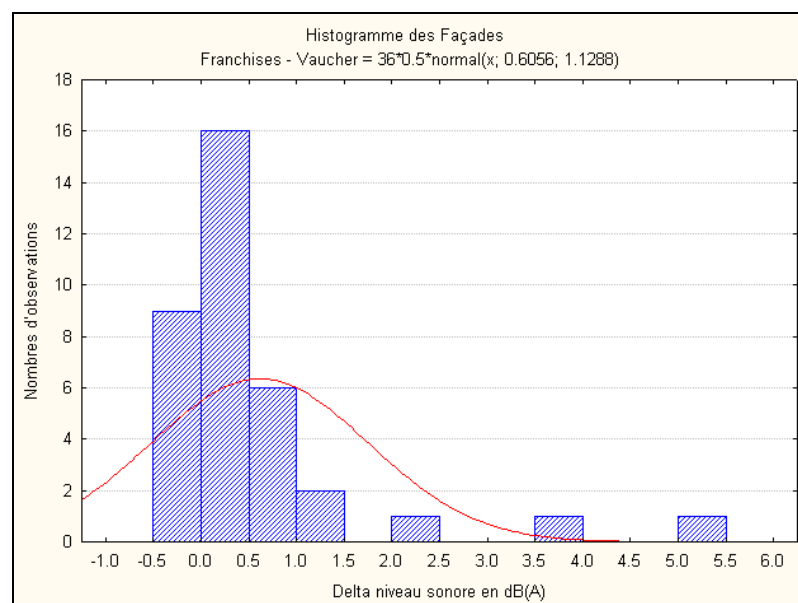
La suppression d'une des deux voies, au niveau du carrefour du Bouchet, implique une diminution de niveau sonore pour de nombreuses façades. Cependant, les différences sont comprises entre 1 à 2 décibels. Il faut noter que la charge de trafic de l'axe supprimé n'a pas été attribuée à celui restant, on peut espérer de meilleurs résultats une fois ces différences corrigés.



## Le carrefour : Rte. des Franchises – Av. Edmond-Vaucher

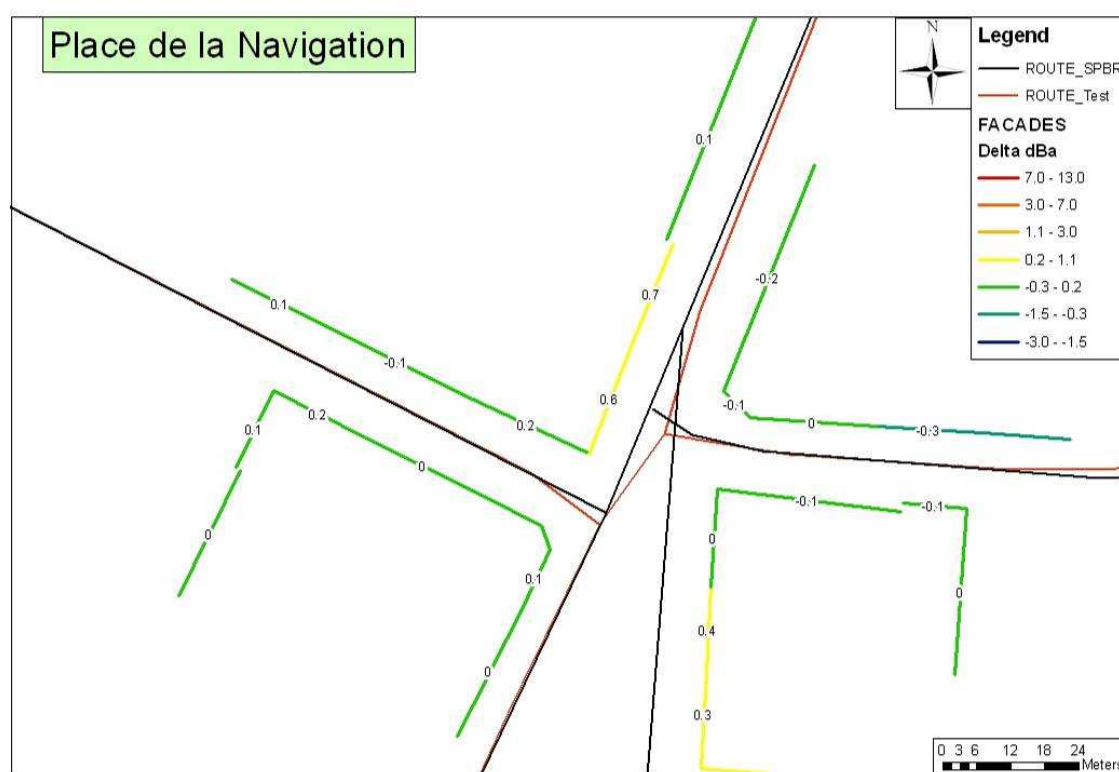


Les immeubles bordant l'avenue du Crozet sont très certainement la cause de ces différences de résultats. L'absence de façades provoquant la réflexion des ondes sonores issues des axes environnants doit être la raison de ces dissemblances. On peut voir que ce ne sont pas les façades les plus exposées à d'éventuels changements de digitalisation qui sont les plus touchées, il doit donc s'agir d'un effet de bord.

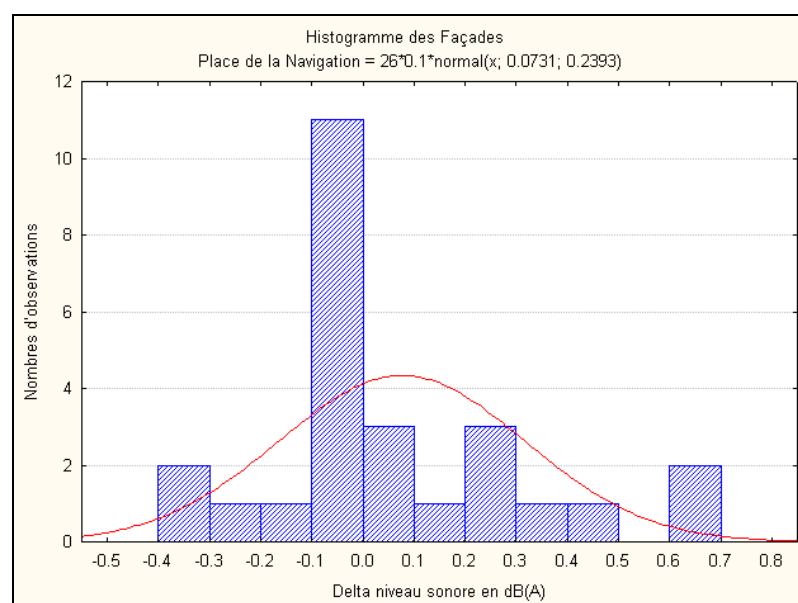




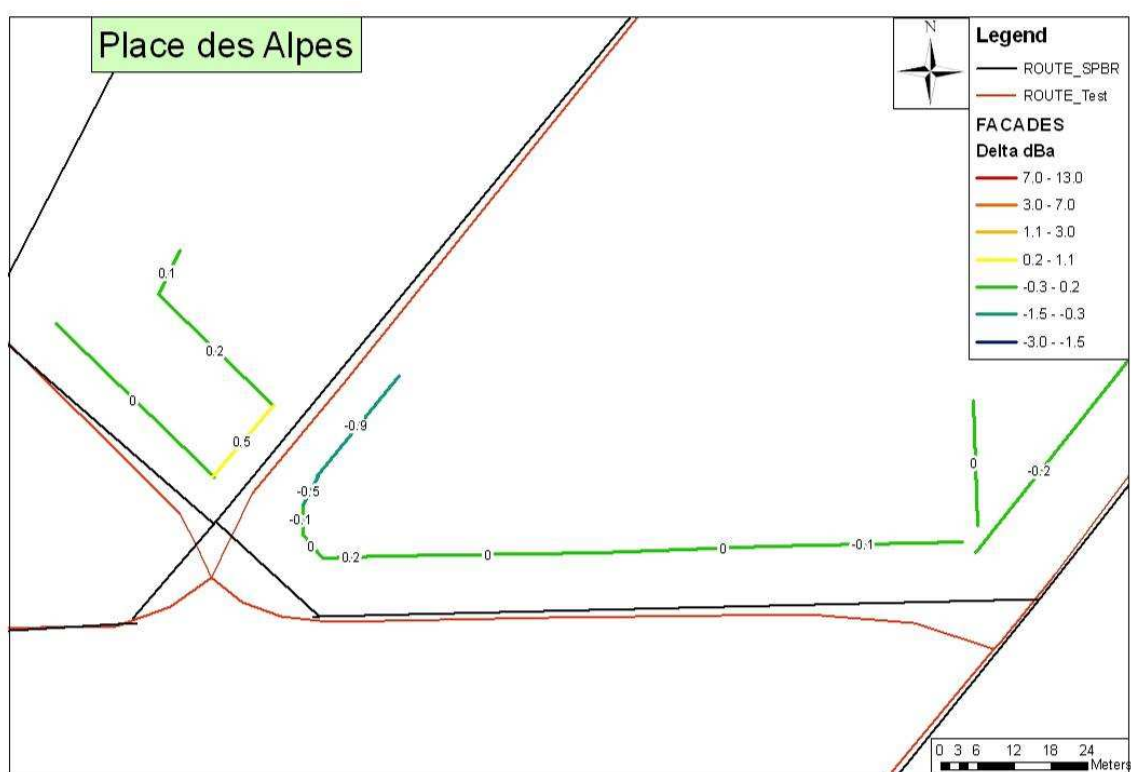
## La place de la Navigation



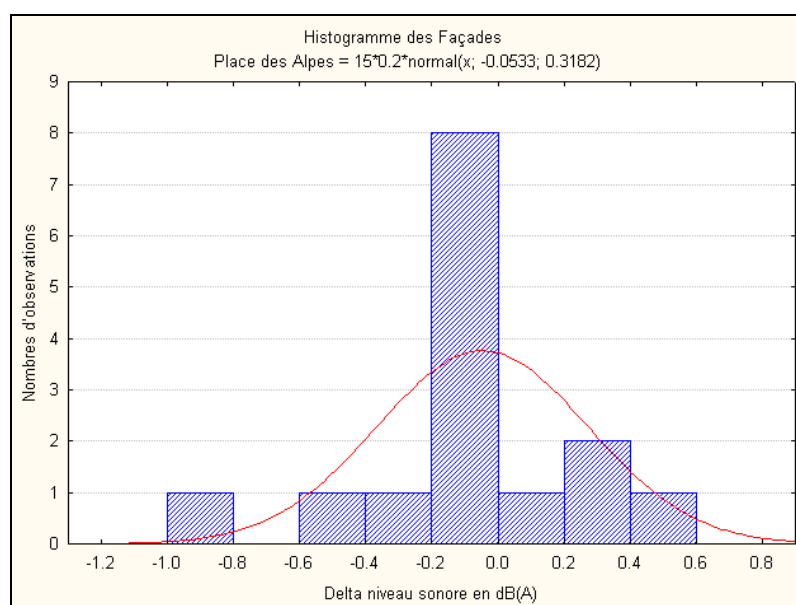
On peut voir que l'impact du changement de digitalisation sur la place de la Navigation est très faible. Les valeurs étant comprises entre 1 et -1 décibels.



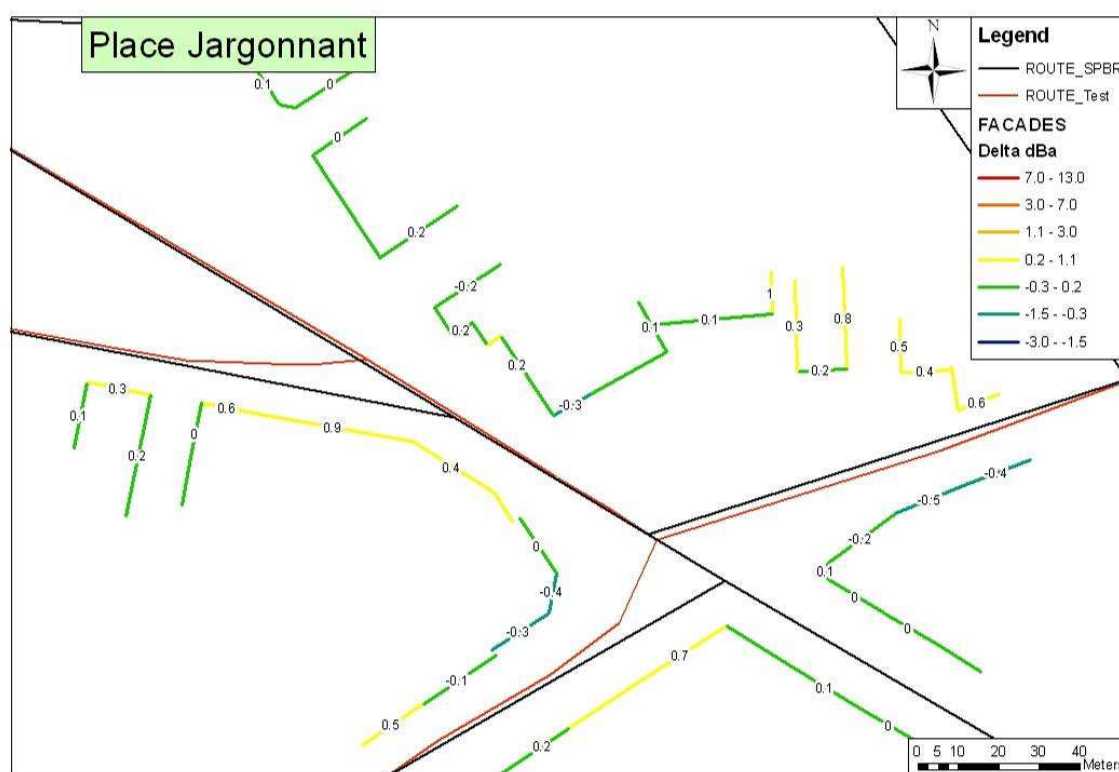
## La place des Alpes



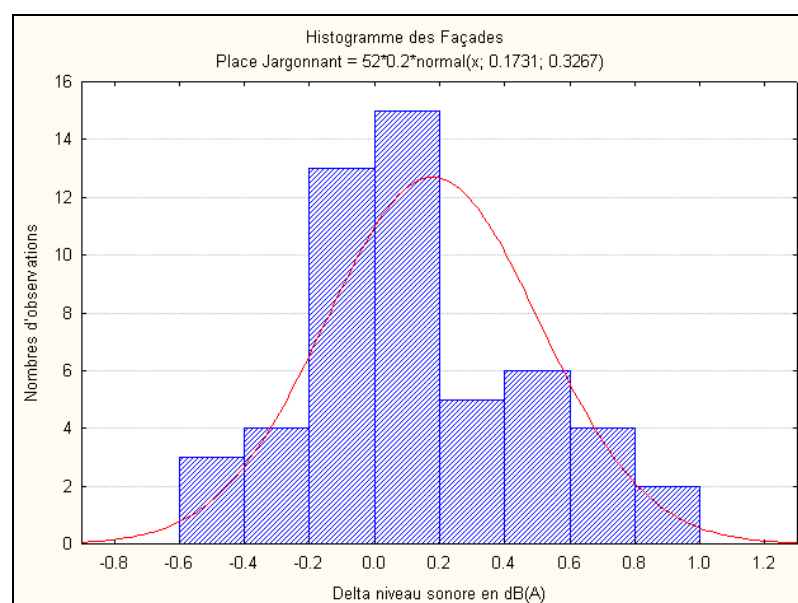
On peut voir ici également que de petites modifications de digitalisation n'ont qu'un très faible impact sur les valeurs calculées. Les deltas sont également compris entre 1 et -1 décibels.



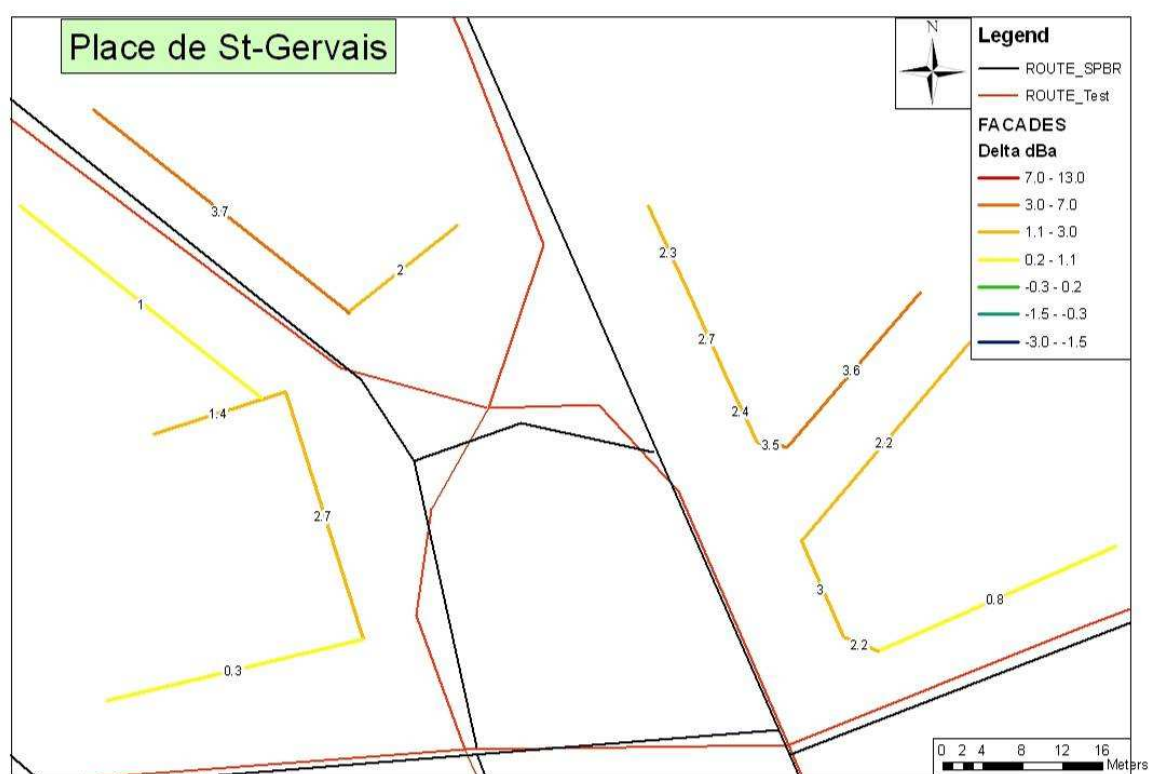
## La place Jargonnant



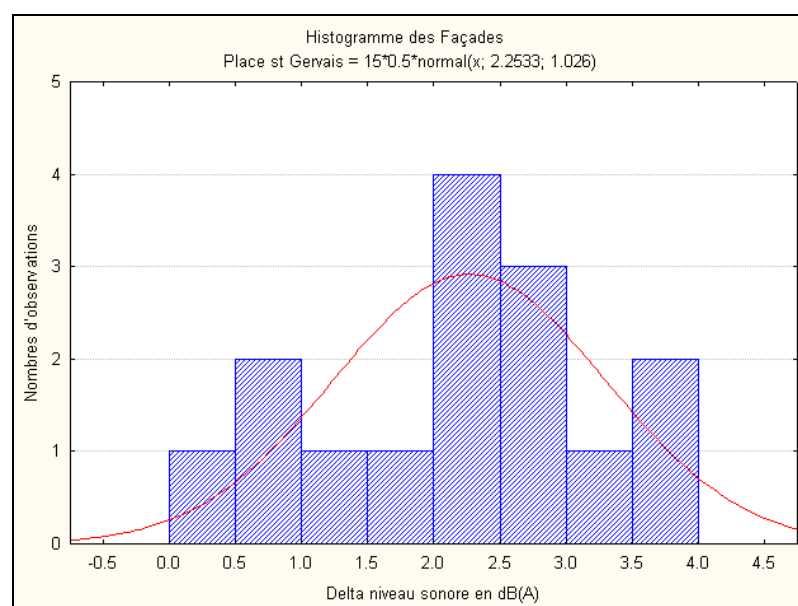
Là encore les deltas sont compris entre 1 et -1 décibels. Lorsque la digitalisation d'une rue de moins de 25 mètres de large est déplacée d'environ 5 mètres, on peut s'attendre à des changements de l'ordre de 0.5 décibels. Une telle modification perd très vite son influence lorsque l'on s'éloigne de la source, la propagation des ondes se dispersant dans toutes les directions de l'espace.



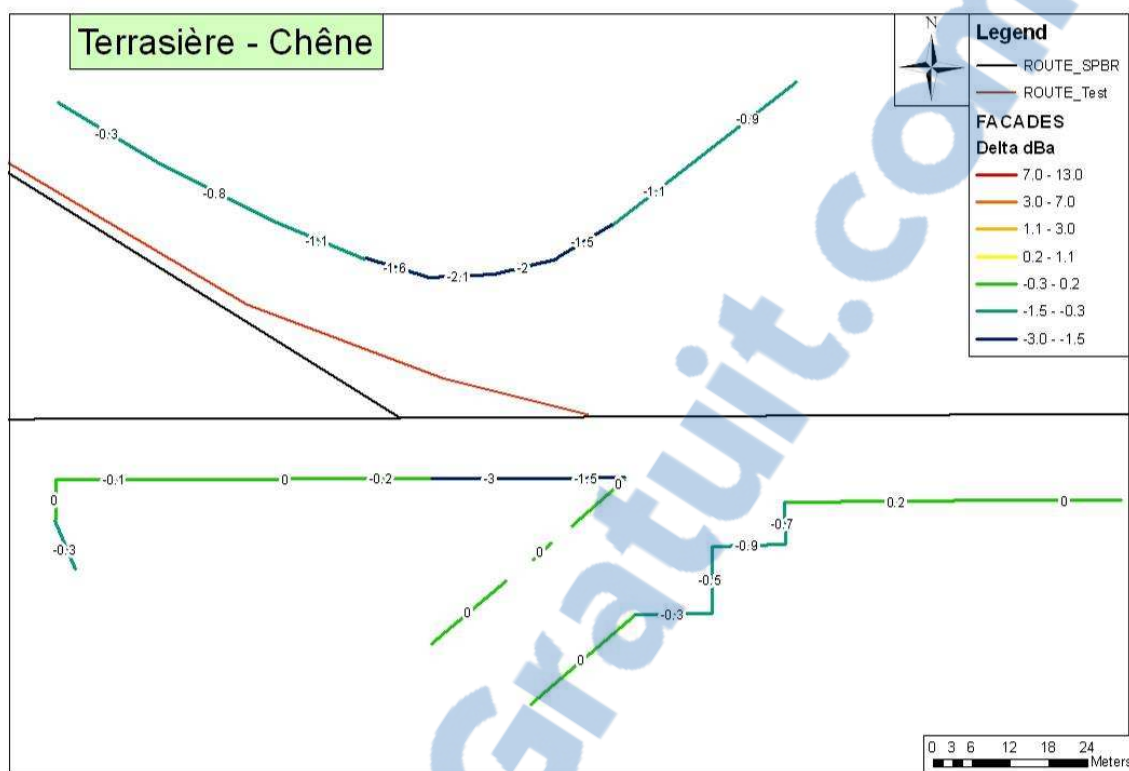
## La place de St-Gervais



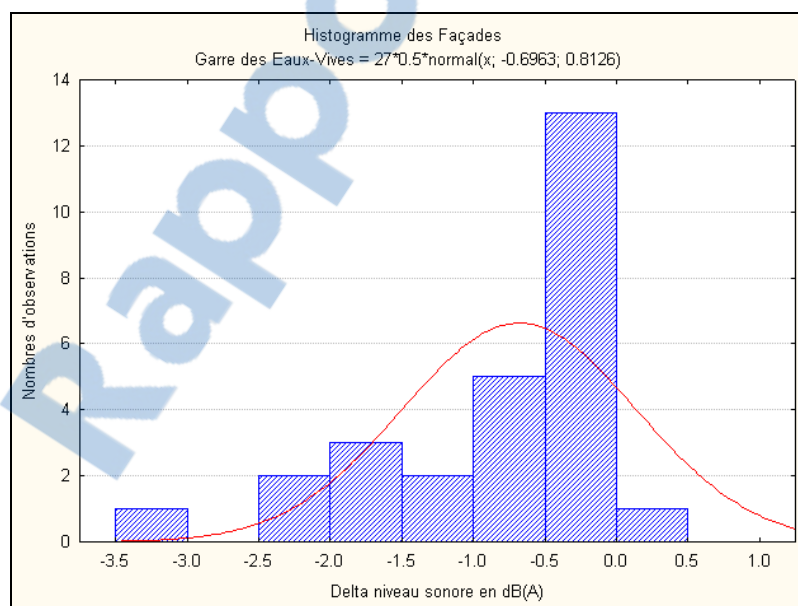
Il s'agit là sans conteste du pire résultat de cette phase de test. L'ensemble des façades possède des valeurs de nuisances sonores en dessous de celles calculées avec la digitalisation des routes du SPBR. Pour procéder au transfert d'une digitalisation à l'autre, il faudrait absolument se pencher sur la problématique de ce carrefour. S'il est possible d'expliquer une partie des diminutions des nuisances aux endroits où les axes ont été éloignés des façades, d'autres sont difficilement explicables. Il faudrait procéder à une nouvelle modélisation de la zone pour effectuer des corrections de valeurs d'entrées.



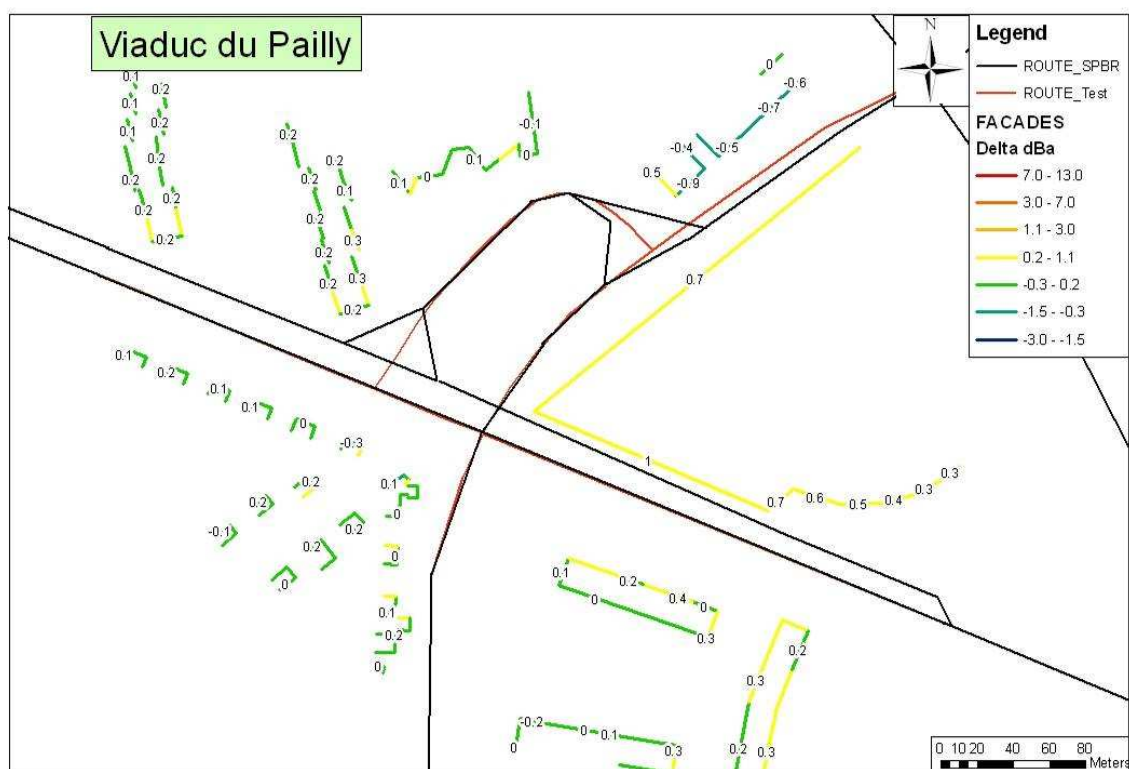
## Le carrefour : Rue de la Terrassière – Rte de Chêne



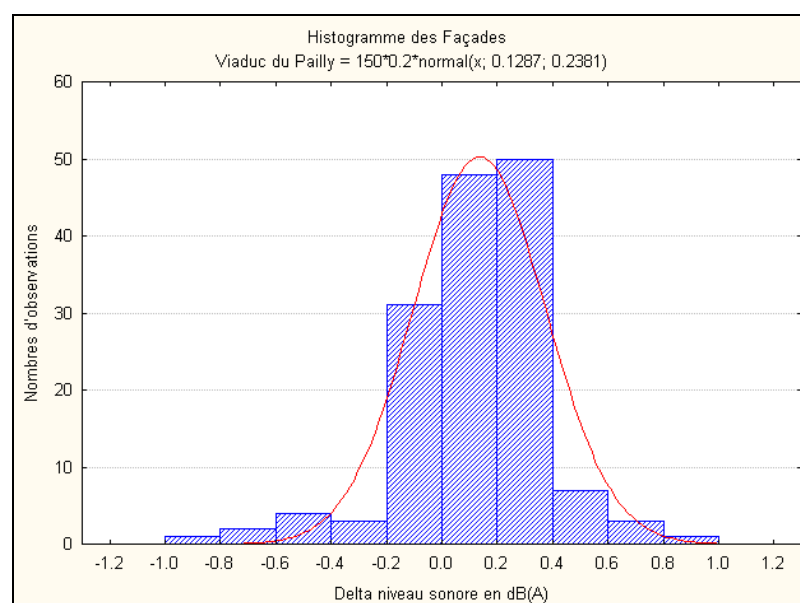
Dans le cas présent, la digitalisation du GMO donne des valeurs plus élevées. Cela s'explique pour les valeurs des façades situées au nord, pour lesquels la source sonore est rapprochée. Cependant l'augmentation des valeurs de façades situées au sud ne s'explique pas. Dans cet exemple la digitalisation du SPBR n'est clairement pas bonne, la connexion entre la route de Chêne et la rue de la Terrassière, le passage de l'une à l'autre se fait au point de contact avec l'avenue Pictet-de-Rochemont. Cela implique une surévaluation des nuisances sonores pour au moins 6 façades.



## Le Viaduc du Pailly



Ici, on remarque que pour plus de 80 % des façades les deltas sont compris entre -0.2 et 0.4 décibels. Cela montre que des modifications de digitalisation, mêmes importantes, n'ont que très peu de conséquences lorsque les bâtiments sont suffisamment éloignés des sources sonores. La contre-route bordant la route de Meyrin a été supprimée lors de la modélisation, son absence ne bouleverse cependant pas les valeurs calculées aux façades.





## 5. Résultats

### 5.1 Correction de la digitalisation du graphe routier du SPBR

Ce travail a permis de corriger la connectique du graphe routier du SPBR. Celui-ci souffrait d'un manque de précision au niveau de la connexion des segments aux carrefours. Ce manque de précision venait du fait que ce graphe n'a pas été créé de toutes pièces sur les supports ESRI. Il a en effet, été migré sur de nombreux types de supports auparavant.

Auparavant, la correction de ces problèmes de connectique était également réalisée de façon manuelle lorsque l'opérateur avait le temps de s'en charger.

J'ai pu réaliser un script au moyen du logiciel FME, permettant la correction automatique de l'ensemble de ces imperfections.

Après validation, le SPBR a intégré ce graphe corrigé pour son modèle, permettant à celui-ci de gagner en précision.

### 5.2 Correction du GMO

Le GMO permettant le support d'événements a, au cours de ce stage, subi quelques modifications et corrections. En effet, plusieurs types de problèmes qui entravaient le fonctionnement de la segmentation linéaire ont été mis en évidence et corrigés.

Plus de 170 tronçons ont vu leur digitalisation modifiée. La DCMO a dû procéder à la correction de ces tronçons car ils n'étaient pas au centre de l'axe des rues. Cela posait un problème fondamental au personnel du SPBR quand à l'abandon de leur digitalisation au profit de l'utilisation de ce graphe comme support « universel ».

Le GMO peut désormais être utilisé dans son ensemble pour la création d'événements. Environ 150 segments ont été modifiés de manière à ce que disparaissent les lignes complexes ainsi que les boucles. La présence de ce type d'objets avait comme effet de perturber la localisation des événements.

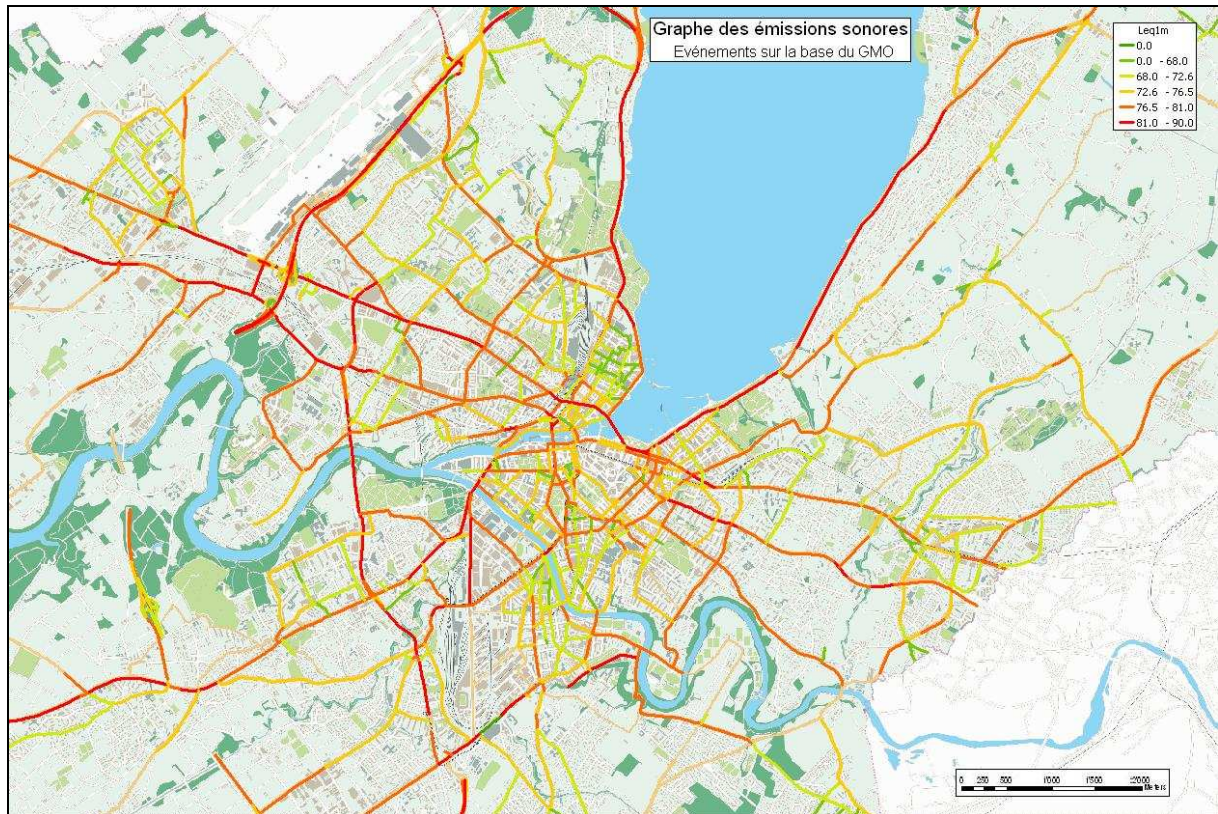
D'autres erreurs moins conséquentes ont été corrigées, il s'agissait d'erreurs de saisie ou d'absence de dénominations. Le CODE\_VOIE\_ROUTE qui est utilisé pour la création des polygones M a été rentré manuellement. Il y a eu des erreurs de saisie ce qui a provoqué quelques désagréments lors du transfert des données. La plupart de ces erreurs concernaient l'autoroute de contournement et ses nombreuses bretelles.

De ce travail résulte un graphe du réseau routier genevois permettant la segmentation linéaire.

## 5.3 Graphe du bruit sous forme d'événement sur le GMO

Le principal objectif de ce travail a été réalisé : le graphe des émissions sonores du SPBR a pu être transféré sous la forme d'événements sur la géométrie du GMO.

Les discussions sont encore ouvertes quand à sa mise en consultation sur le site du SITG.



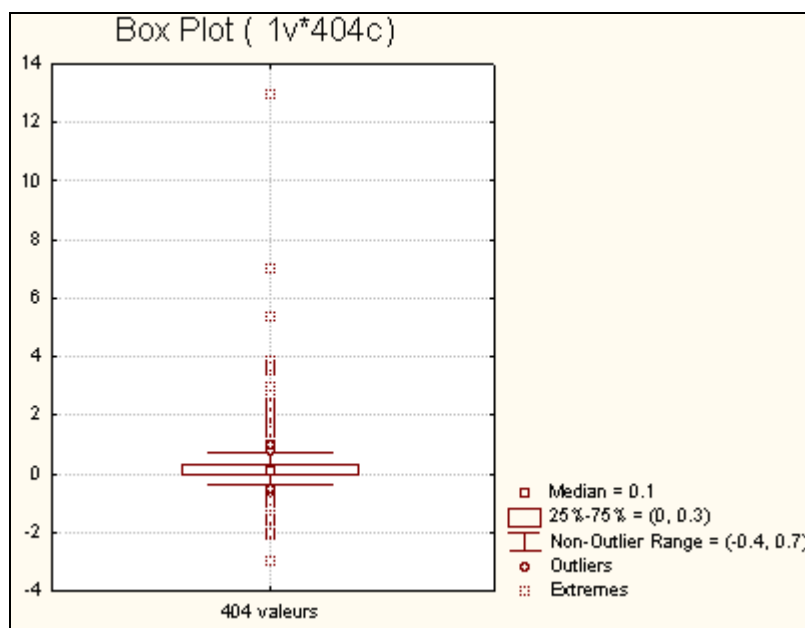
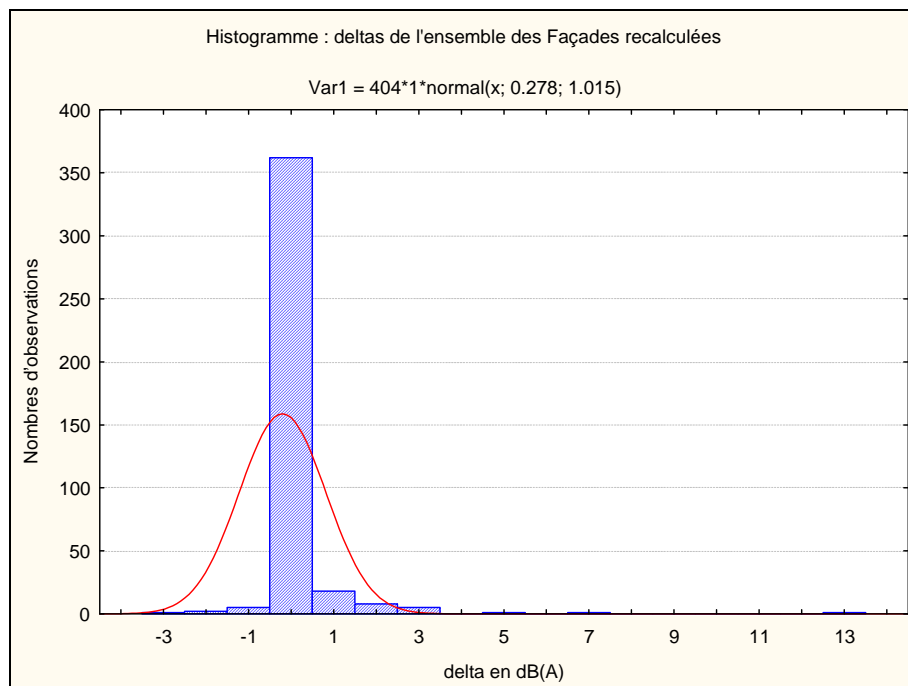
L'image ci-dessus, représente les émissions sonores de toutes les rues du canton de Genève pour lesquelles des valeurs ont été calculées, sur fond de plan de ville.

## 5.4 La Géométrie du GMO est-elle utilisable en input du modèle?

Les répercussions de l'utilisation de la géométrie du GMO sur le calcul des nuisances sonores aux façades ont été testées. Cette opération a été menée sur un échantillon de plus de 400 façades. Cet exercice a été réalisé de manière à expérimenter uniquement les modifications induites par les différences de géométrie, sans modification du modèle de calcul. Le Graphe du bruit a été redigitalisé dans certaines zones de manière à suivre exactement le tracé du GMO.

D'après les tests effectués, seule une des huit zones sélectionnées paraîtrait poser un réel problème quand aux valeurs obtenues. Il faudrait, cependant, procéder à une deuxième analyse de la situation de la Place de Saint-Gervais pour comprendre pourquoi de telles différences de valeurs ont été obtenues.





L'histogramme comprenant l'ensemble des valeurs du test ainsi que le boxplot ci-dessus, nous indiquent bien que les valeurs ayant plus de 1 dB(A) de différence sont des exceptions. En corrigeant les charges de trafic des zones problématiques, il est très certainement possible d'améliorer encore ces résultats.

Il faut également noter que pour ce test ce sont uniquement des zones à problèmes qui ont été sélectionnées. Pour la plus grande partie des façades, il est certain qu'aucune différence ne sera mesurée.

## 5.5 Graphe évènement en input pour les modèles de calculs du SPBR

D'après les tests effectués, la différence de digitalisation ne paraît pas être une barrière au transfert des données du graphe du SPBR vers le graphe du GMO.

Le réel problème vient de l'adaptation du modèle à cette nouvelle gestion des données.

L'estimation du temps nécessaire aux modifications du modèle, par un des collaborateurs du SPBR, n'a pas été déterminée. Seul Michel Lançon serait à même de déterminer le temps requis pour ces modifications. Deux variantes de modifications du modèle nécessiteraient l'intervention d'un mandataire externe. Le montant qu'impliquerait l'intervention d'une personne externe au service n'a également pas été estimé.

Le SPBR doit maintenant statuer de la pertinence de l'utilisation de la géométrie du GMO. Et également évaluer les implications en coûts en temps et argent qu'engendreront de telles modifications dans leur mode de fonctionnement.

Au niveau de la communauté des SITG, un effort a été fourni. Le graphe des émissions sonores sur la base de la digitalisation du GMO a été produit. Il peut, en l'état, être présenté sur le guichet cartographique.

Peut-être serait-il préférable d'allouer des ressources pour maintenir le graphe « évènement » à jour plutôt que de vouloir absolument l'utiliser dans le modèle développé par le SPBR.

Si le graphe "évènement" était conservé à jour, il pourrait être utilisé par la suite dans de nouveaux modèles de calcul. Cela pourrait s'avérer beaucoup plus intéressant pour le SPBR car il n'intégrerait ainsi la digitalisation du GMO qu'avec l'apparition de nouveaux modèles. Cela n'aurait pas d'impact sur son mode de fonctionnement actuel et, à terme, l'objectif serait atteint, le SPBR utiliserait le graphe du GMO.

## 6. Recommandations

### 6.1 En cas de non-utilisation du graphe évènement

#### 6.1.1 *Pérennité du graphe évènement*

Dans le cas où très vraisemblablement, le graphe évènement ne sera pas utilisé en input pour le calcul des nuisances sonores aux façades, je pense qu'il est important de ne pas perdre le travail qui a été réalisé au cours de ce stage. En effet, si pour le moment le SPBR n'est pas prêt à intégrer la digitalisation du GMO, il serait peut-être judicieux de garder le graphe évènement à jour.

La mise à jour des données transférées sur le graphe routier pourrait se faire de manière simple. La solution consisterait à utiliser dans la table d'évènements l'attribut « Objectid » et de faire la jointure avec la table « Route Bruit ». Cette solution a comme avantage de ne prendre que quelques minutes. L'inconvénient de cette méthode vient du fait que la segmentation du graphe évènementiel restera fixe, cela posera problème dans les cas où la segmentation du graphe du SPBR venait, elle, à être modifiée.

Pour permettre au graphe évènements de continuer à représenter correctement chacun des segments de niveau de bruit, il faudrait tenir à jour une liste des tronçons pour lesquels la segmentation changerait et également noter toutes nouvelles créations de segments. Cette liste faciliterait grandement la mise à jour du graphe évènements en cas de besoin.

#### 6.1.2 *Modification des identifiants*

Si le script du modèle des émissions venait à être modifié, il faudrait en profiter pour procéder à quelques changements. Il serait judicieux de changer la nomination de quelques attributs de manière à les rendre moins ambigus et supprimer les champs inutiles.

Le champ « *Objetid* » du graphe « *Route* » et le champ « *Rte\_ID* » de la table « *Route\_Bruit* » devraient avoir une dénomination commune. Un nouveau champ devrait être implémenté dans le graphe « *Route* » pour remplacer le champ « *Objetid* » qui ne fait plus office d'identifiant machine. Il faudrait supprimer le champ « *Rte\_NoTroncon* » du graphe « *Route* » qui fait référence à un ancien graphe routier.

Il serait aussi peut-être judicieux de réunir les données des deux geodatabases « *AD\_Bruit\_Geodb* » et « *ADBruitData* » en une seule.

#### 6.1.3 *Assainissement des données du SPBR*

Il faudrait aussi assainir les données du SPBR en elles-mêmes. Il n'y a, par exemple, pas le même nombre de routes valides que d'"évènements" valides, ce qui n'a aucune raison d'être. Il faudrait vérifier tous les attributs par un tri "Sort Ascending" ou "Sort Descending" dans les tables concernées. Cela permettrait en quelques clics de déceler quels sont les tronçons pour lesquels il y a des lacunes au niveau des données.

## **6.2 En cas d'utilisation du graphe événements**

### **6.2.1 Généralisation de l'étude de cas**

Si le SPBR venait à utiliser le graphe événements comme input dans son modèle de calcul, il faudrait procéder à la modélisation de l'ensemble des façades. Comme dans l'étude de cas l'utilisation des deltas induit par la modification de digitalisation permettrait de localiser les façades problématiques.

Pour chacune des façades pour lesquelles les variations sont jugées inacceptables, il faudrait déterminer la cause de ces variations, revoir les charges de trafic et autres variables et éventuellement apprécier la nécessité de la création de segments complémentaires.

Il faut également recalculer les valeurs d'émissions sonores pour les autoroutes car dans le graphe routier celles-ci sont représentées par deux polygones alors que dans le graphe du Bruit elles ne sont représentées que par une seule ligne. Cela n'a pas une grande importance car il y a peu d'habitations proches de l'autoroute mais par soucis de justesse, il serait judicieux de corriger ces événements. C'est-à-dire corriger les charges de trafic et les niveaux sonores associés.

### **6.2.2 Précautions particulières**

Il faudrait également, pendant les premiers temps, faire attention lors du calcul des nuisances sonores aux alentours des places et des ponts. Ce sont les endroits critiques où il est possible que subsistent encore des segments superposés. Ces superpositions pourraient engendrer une surévaluation des niveaux sonores lors de la modélisation des nuisances aux façades. Cependant, la généralisation de l'étude de cas à l'ensemble du territoire devrait suffire à déceler ces éventuelles superpositions.

# Acronymes

**SITG** : Système d'Information du Territoire Genevois

**SSIG** : Service des Systèmes d'Information et de Géomatique, actuellement SOSI

**SPBR** : Service cantonal de protection contre le bruit et les rayonnements non ionisants

**DT** : Département du Territoire

**GMO** : Graphe de la Mobilité

**FME** : Feature Manipulation Engine

**ESRI** : Environmental Systems Research Institute

**DCMO** : Direction Cantonale de la Mensuration Officielle

**OCM** : Office Cantonal de la Mobilité, actuellement DGM

**EMPA** : Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research

# Bibliographie et Sites Internet

GOLAY, F. et MISEREZ, J.-L., **SIG-C2 : Segmentation dynamique**, LaSIG, EPFL, Novembre, 2006.

HEUTSCHI, K., 2004. **SonRoad : Modèle de calcul du trafic routier**, Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage, *Cahier de l'environnement* No 366.

OEHRLI, P., **La Segmentation Linéaire**, Séminaire SITG, SSIG, DIAE, Octobre, 2003.

OEHRLI, P., **Système d'Information de la Mobilité de la région genevoise**, Création d'un SI Mobilité, Comité directeur, SSIG, DIAE, Septembre, 2003.

MIGNERON, J.-G., 1980. **Acoustique urbaine**. Éditions MASSON, Les Presses de l'université Laval – Québec.

ArcGIS 9.2 Desktop Help, **Linear referencing**, <http://webhelp.esri.com>

**Linear Referencing in ArcGIS® : Practical Considerations for the Development of an Enterprisewide GIS**, An ESRI® Technical Paper, April 2003


<http://www.esrifrance.fr/>





<http://training.esri.com/>

# Annexe

Le CD en annexe comprend

---


 Dans le fichier « FME » se trouvent les différents scripts FME qui ont été réalisés au cours de ce stage.







-  **Corrections\_connectique\_SPBR** : script permettant la correction des imperfections du graphe de base du SPBR.
-  **Transfert\_d'attributs** : script permettant le transfert d'un attribut du graphe de la mobilité sur le graphe du SPBR.
-  **Comparaison\_Routes\_Adresses** : script mis en place pour vérifier le bon déroulement du transfert d'un attribut du GMO sur le graphe du SPBR.
-  **Corrections\_Evenements** : script test pour corriger la saisie automatique dans ArcMap des événements


 Le fichier « Rapport » contient le rapport final et les images utilisées dans le rapport.


 Le fichier « Images » contient des images illustrant le travail effectué lors des différentes phases.


---


 La Géodatabase « Raetzo Jonas » contient les données géographiques et les tables nécessaires à la compréhension des données, ces données sont réparties dans les différents Dataset.


-  Le Dataset « **GMO\_Corrections** » : comprend les données qui ont fait l'objet de modifications d'attribut ou de digitalisations.
-  La couche « **Centre\_DCMO** » : comprend les segments pour lesquels la géométrie a été changée afin de recentrer le milieu de la route.
-  La couche « **Courbes\_complexes** » : comprend les lignes qui sont des courbes complexes et celles formant des boucles, ces deux situations empêchant le bon déroulement de l'acquisition des événements.
-  La couche « **Erreur\_Code** » : comprend les segments qui ont dû être corrigés au niveau des Code\_voie ou ID\_GM\_Troncon.
-  La couche « **Prob\_Script** » : comprend les segments qui n'ont pas été transformés en polygone M par le script élaboré par ArxIT.
-  La couche « **Transfo\_Geometrie** » : comprend les segments qui ont fait l'objet de transformation de leur géométrie.


 Le Dataset « **GMO\_Donnees\_Base** » : contient les données initiales du Graphe Routier (GMO) telles qu'elles l'étaient au commencement du stage.


 La couche « **GMO\_Routier\_070810** » : correspond au graphe routier initial


 La couche « **GMO\_Routier\_Route\_070810** » : correspond à la polyligne initiale


 Le Dataset « **GMO\_Final** » : comprend le graphe routier après toutes les modifications apportées lors de ce stage.


 La couche « **GMO\_Routier** » correspond au graphe routier après les ultimes corrections.


 La couche « **GMO\_Routier\_Route** » correspond à la polyligne après les dernières corrections.


 Le Dataset « **SPBR\_AD\_Bruit\_GeoDB** » : contient les données initiales du SPBR .


 Les couches « Facade ; Mesures ; Obstacle ; Route » : sont les couches géoréférencées utilisées par le SPBR pour les différents calculs de leurs Modèles.


 Le Dataset « **SPBR\_Corrections** » : comprend les données qui ont fait l'objet de modification de la digitalisation du graphe des routes du SPBR.


 La couche « **Routes\_Corrigees** » : correspond au graphe du SPBR dont la géométrie a été corrigée par le script FME

 La couche « **Segmentation\_Incorrecte** » : correspond aux tronçons du Graphe du SPBR qui ont dû être segmenté car il s'agissait de noms de rues différents.


 les tables : « **Facade\_Calcul ; Mesure\_Calcul ; Obstacle\_Calcul ; Other\_Calcul ; Route\_Bruit ; Route\_Suivi ; Statut** » sont les tables liées à la problématique du SPBR.


 La table « **SPBR\_Evenement\_Bruit** » : est la table qui actuellement comprend toutes les données du SPBR transformées en événements.

 « **Route\_Bruit\_Jonas ; Route\_Suivi\_Jonas** » : comprend les résultats de la modélisation des façades du chapitre « Etude de cas ».

 La Géodatabase « Facades » comprend les zones de test pour lesquels ont été recalculées les valeurs de niveau sonore selon la géométrie du GMO.



 La Géodatabase « Correction\_connectique » comprend la couche des routes du SPBR après correction de sa connectique. C'est le graphe des routes tel qu'il est utilisé actuellement par le service de la protection contre le bruit et les rayonnements non-ionisants

 La Géodatabase « Script\_FME » comprend les différentes couches nécessaires à la reproduction des Scripts FME contenus dans le fichier FME.