Esquis'Sons! Outil d'aide à la conception d'environnements sonores durables

Grégoire Chelkoff, Théo Marchal, Nicolas Rémy

▶ **To cite this version:**

Grégoire Chelkoff, Théo Marchal, Nicolas Rémy. Esquis'Sons! Outil d'aide à la conception d'environnements sonores durables. 13e Congrès Français d'Acoustique et 20ème colloque VIbrations, SHocks and NOise (CFA 2016), Université du Maine, Apr 2016, Le Mans, France. pp.2143-2149. hal-01341194

HAL Id: hal-01341194

https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-01341194

Submitted on 28 Jun 2017

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

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

CFA/VISHNO 2016

Esquis'sons ! Outils d'aide à la conception d'environnements sonores durables

G. Chelkoff[a], T. Marchal[a] et N. Remy[b]
[a]CRESSON / ENS Architecture de Grenoble, 60 avenue de Constantine, 38100 Grenoble, France
[b]CRESSON / Université de Volos (Grèce), 60 avenue de Constantine, 38100 Grenoble, France
theo.marchal@grenoble.archi.fr

Le projet de recherche Esquis'Sons! financé par l'ADEME[1] et développé au CRESSON[2] a eu pour objectif de mettre au point un outil de conception intuitif de sensibilisation aux qualités sonores habitées. S'adressant aux concepteurs et étudiants, il vise à articuler formes construites et paysage audible plausible. Cet outil au caractère intuitif a ainsi une vocation pédagogique permettant une évaluation auditive esquissée en phase amont de projet. Sans viser une simulation au sens physique, il s'agit de travailler à l'oreille en identifiant des conditions minimales pour atteindre des situations d'écoute plausibles. La phase de travail développée est dans un premier temps centrée sur les extensions des habitations (balcons, loggia, terrasses, circulations) qui sont des dispositifs spatiaux importants pour la qualité d'usage et de perception des habitats denses réalisés dans le cadre du développement urbain soutenable. Les situations de références explorées in situ ont permis ainsi de définir cet outil d'esquisse sonore intuitif appliqué à ces dispositifs de contacts sensibles entre dedans et dehors. Six quartiers durables en Europe (Allemagne, Espagne, France et Suède ont servi de base empirique. L'investigation a porté sur les qualités sonores des espaces intermédiaires situés en façade de bâtiments en menant une analyse croisée de la forme construite, de l'environnement sonore et du ressenti des usagers. Cette phase d'étude a permis de faire émerger les conditions minimales d'existence de situations sonores remarquables et d'alimenter les principes de l'outil d'exploration et de conception intégrant ainsi les principaux résultats de la phase d'étude in situ. Cet outil est constitué d'une interface paramétrique utilisant les logiciels Rhinoceros et le plug-in Grasshopper couplés avec une application Max MSP. Grace à cette application (en libre téléchargement sur le site), il est possible d'auraliser un environnement virtuel 3D en fonction de choix architecturaux. Le module d'auralisation[3] est informé par les caractéristiques géométriques du modèle spatial et inversement. Autrement dit, cette application permet d'esquisser un espace en l'écoutant.

1 L'esquisse comme niveau de conception

Esquis'Sons! se positionne comme un outil de mise en son du projet architectural, il vise une « représentation sonore » du projet en cours de conception. L'idée générale est de proposer un outil d'esquisse ou de maquette sonore qui assume le degré de précision qu'elle implique. Comme dans le domaine spatial et visuel où le stade de l'esquisse est un passage obligé permettant d'approcher petit à petit l'objet visé, l'esquisse sonore peut être relativement imprécise par rapport à la réalité construite ou à une simulation physique des sources et de leur propagation jusqu'à un point de réception. Elle permettrait ainsi d'accompagner par l'écoute les concepteurs dans leurs choix, de rendre compte de certains phénomènes et effets et de les valider ou non. En effet, dans le cadre d'un projet architectural et urbain, bien souvent le travail de recherche passe par la réalisation de maquettes en 3 dimensions (maquettes réelles ou virtuelles). Ces maquettes d'étude ne sont pas les maquettes qui servent à la communication du projet, et ne sont ainsi pas définies dans les détails. Elles sont élaborées rapidement, et souvent en série, pour tester à différentes échelles des hypothèses sur le bâtiment, ses espaces et ses abords mais aussi ses liens (position, orientation, morphologie) avec le tissu urbain dans lequel il s'insère. Nous souhaitons positionner notre outil d'esquisse sonore à ce stade du projet, assez tôt dans le processus général, pour accompagner le concepteur à se positionner sur des hypothèses qu'il souhaite tester et de façon pédagogique le conduire à s'intéresser à l'environnement sonore produit. Pour que cet outil puisse fonctionner, c'est-à-dire pour qu'il soit réapproprié par des équipes de concepteurs, il doit pouvoir être manipulé et ainsi mobiliser des outils et des concepts liés à la composition architecturale, et non pas uniquement à des entrées acoustiques et sonores. Comme une esquisse visuelle, l'outil d'initiation que nous visons permet d'entendre un mixage de sources sonores de référence qui tient compte des caractéristiques morphologiques, sociales et esthétiques du projet telles qu'elles sont formulées à ce stade de définition. On peut ainsi le qualifier d'outil (permettant l'étude et la conception), mais également d'objet de représentation (permettant d'informer, ou d'indiquer le projet « définitif »). Enfin, si l'on considère l'esquisse architecturale comme une première ébauche, on peut y réfléchir comme un calque sur lequel viennent se superposer de nouvelles esquisses, devenant petit à petit le projet final.

2 Cadres et développement de l'outil

2.1 Cahier des charges de l'outil Esquis'Sons !

Notre cahier des charges initial visait à proposer une écoute réaliste des situations en conception. Il devait donc essayer de reproduire et de produire les points suivants :

- caractéristiques morphologiques du cadre bâti
- distance et élévation du point d'écoute par rapport au sol (élément important dans le cas de l'habitat et des balcons),
- type de revêtement de sol urbain,
- usages convoqués par le projet autour du point d'écoute,
- distance et élévation du point d'écoute vis-à-vis des principales sources de bruit du fond (transports),
- présence ou non de certains indices sonores : travail sur la composition sonore de la maquette,
- choix de la temporalité du fragment pour être le plus démonstratif,
- possibilité d'ancrer la maquette dans une région et une culture par le choix de sources spécifiques et identitaires du lieu d'étude et de la culture.
- travail sur l'écriture sonore : écriture de petits scénarios vraisemblables (jeu d'apparition et de disparition de sources sonores potentiellement présentes sur le projet),
- jeu d'apparition/disparition d'éléments pour révéler l'espace sonore et l'espace construit.

Il s'agit alors de fournir une interface sonore qui propose d'entendre le mixage de sources sonores manipulables de manière simple par des curseurs : ces curseurs sont la traduction en terme de mixage d'intentions propres à la conception architecturale.

2.2 Ancrage sur la question des espaces de connexion dedans / dehors : balcons, loggias et terrasses

Dans le cadre de la recherche Esquis'Sons ! nous avons focalisé notre travail sur une typologie d'espaces particuliers. Ce travail fait en effet l'hypothèse d'aborder les dispositifs spatiaux à l'interface entre l'espace privé d'un logement ou d'une activité et l'espace public de la rue comme les balcons, terrasses, loggias, circulations couvertes ou espaces intermédiaires. Une analyse croisée de la forme physique, de l'environnement sonore et du ressenti des usagers a permis de faire émerger les conditions minimales d'existence de situations sonores remarquables relevées in situ formant ce qu'on a appelé des prototypes sonores architecturaux[4]. Cette partie empirique n'est pas développée dans cet article.

La visée de ce choix particulier est notamment relative double rôle de ces dispositifs, créateur (émetteur sensible) et récepteur des ambiances sonores urbaines. Ils constituent un des dispositifs « esthétique » très présents de l'architecture. Ces balcons, loggias, terrasses et circulations se sont ainsi notamment développés en termes de types spatiaux et de surfaces dans les récents éco quartiers denses. Les extensions de l'habitat répondent enfin à une forte demande et donnent ainsi une plus value à l'usage dans le cadre de la densité habitée. Il est donc apparu pertinent de partir de cet angle d'analyse et de les évaluer comme de les concevoir, selon leurs potentiels d'usages et effets sonores dans des contextes urbains et climatiques différents.

L'analyse des dispositifs étudiés dans le cas de 6 quartiers durables en Europe (Allemagne, Espagne, France et Suède) notamment dans leur écoute comparée, a permis de mettre à jour un certain nombre de questionnements / scénarios propres à la conception architecturale de ce type d'espace. Ces scénarios sonores renvoient par ailleurs à des principes architecturaux et à des choix constructifs ou matériels qui auront un impact sur la qualité des sons écoutés et produits depuis les dispositifs étudiés. Ces principes ou scénarios sont simples, mais ils sont en quelque sorte une formulation architecturale d'hypothèses faites à l'écoute. Ainsi, quelles pourraient-être les conséquences à l'écoute si :

- je ne suis plus sur un balcon, mais dans une loggia ?
- si, le type de dispositif change dans sa matérialité
- si le garde-corps du balcon est plein ou évidé ?
- si le dispositif est en double-hauteur ?
- si le dispositif est suffisamment profond et permet une position en recul vis-à-vis du garde-corps ?
- si les autres balcons de l'édifice sont occupés ou vides ?
- si le balcon donne sur une rue circulante ou non ?
- si le balcon donne sur un cœur d'îlot ou non ?
- si l'ilot est clos, semi-ouvert, fermé, végétalisé ou non,
- si le cœur d'îlot offre des assises et des aires de jeux pour les enfants, des sources sonores particulières ?
- si je monte ou si je descends d'un ou plusieurs étages ?
- à partir de quel étage s'entend la rumeur lointaine de la ville (cloches, trafic, sources lointaines) ?
- comment tenir compte de la réverbération « locale » ou à proximité du point d'écoute ?

L'enjeu d'un tel outil est la simplicité de son interface non experte et ainsi sa capacité à être manipulée par des concepteurs non spécialistes du son. Il doit offrir un bon équilibre entre son caractère générique, pour qu'il puisse être utilisé dans un grand nombre de contextes de projets, mais aussi être suffisamment précis ou fin en ce qui concerne la description des sources sonores.

3 Mise en œuvre de l'outil

3.1 Choix logiciels

L'outil Esquis'sons est une application qui permet d'entendre en direct des choix réalisés sur un modèle numérique de conception architecturale d'espaces de type balcon, loggia, terrasse ou coursive en façade d'un bâtiment appartenant à un ilot. Il utilise :

- Le logiciel de modélisation de l'espace est le logiciel **Rhinoceros** pour Mac ou pour Windows (https://www.rhino3d.com)
- Le logiciel de production des scènes sonore est **Max/MSP** (par Cycling '74 MAX - https://cycling74.com/products/max/
- L'interface de communication entre les deux logiciels est le module **Grasshopper3d** : Algorihtm modeling for Rhino (http://www.grasshopper3d.com)

Notre outil propose ainsi les éléments logiciels (applications) permettant cette communication. Cet outil fonctionne dans les systèmes d'exploitation qui autorisent l'usage couplé de Rhino et de Grasshopper (Windows ou émulation de Windows sur Mac). Notons aussi que ces logiciels se sont développés fortement dans les écoles d'architecture et les agences, changeant radicalement de principe de fonctionnement par rapport aux anciens logiciels d'architecture, tout en s'ouvrant via le web (scripts Grasshopper en open source).

Le principe d'interactivité entre les deux logiciels, qui permettent l'un de générer des morphologies spatiales et l'autre des événements sonores, est géré par une communication du type User Datagram Protocol (pour sa simplicité et sa rapidité principalement)[5]. L'idée principale de faire communiquer ces deux « suites logicielles » provient du fait qu'elles utilisent tous deux le principe des paramètres (variables et principalement numériques) comme information de base. Notre travail consiste alors à utiliser les informations de l'un vers l'autre et **vice-versa**.

Ainsi un utilisateur lambda utilisant Rhino pour son projet peut télécharger et installer gratuitement le module de Max/MSP (module compilé) qu'il pourra faire dialoguer avec son modèle spatial grâce au plug-in Grasshopper

(téléchargement gratuit). Ainsi, à partir du moment où il renseignera un certain nombre de paramètres, il peut entendre en direct la version sonore de son esquisse numérique. **Il produit en direct une scène sonore que nous considérons comme une esquisse sonore**.

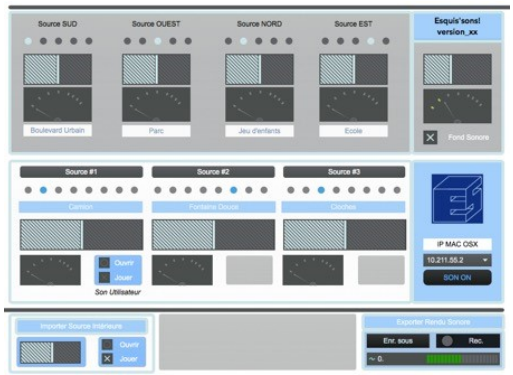

Figure 1: Visualisation de l'interface compilée sous Max/MSP de Esquis'Sons !

3.2 Principes de développement

Nous avons ainsi développé une solution logicielle qui considère un « dispositif » attaché au point d'écoute : un parallélépipède aux dimensions réglable accompagne tout point d'écoute déclaré. Ce volume est caractérisé par un degré de fermeture : pour cela, nous partons des principes suivants :

- Le parallélépipède autour du point d'écoute peut épouser les dimensions du dispositif en façade.
- La paroi du dispositif donnant sur l'appartement est caractérisée par un curseur pour régler la quantité des ouvrants et donc la possibilité d'entendre sur le balcon des sons provenant du logement à l'intérieur. Dans l'analyse, les dispositifs sont décrits par un pourcentage de transparence de la façade (compris théorique entre 0 et 100%). Dans l'outil Esquis'sons!, un curseur permet de régler ce paramètre.
- Les 4 autres parois : couverture du dispositif par un le même dispositif à l'étage supérieur, la fermeture éventuelle des parois latérales ainsi que de la paroi donnant dans le vide (partielle pour un garde-corps plein ou totale pour une double peau) est exprimé par un pourcentage de fermeture calculé sur le rapport des surfaces pleines et vide.

Esquis'Sons ! propose sur cette base la possibilité d'une écoute comparée sur 2 points d'écoute. Une écoute stéréo de ces 2 points choisis par l'utilisateur permet alors de mettre à jour (d'entendre) des différences qui sont en fait la traduction sonore des questionnements du concepteur.

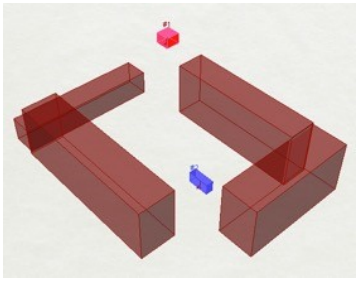

Figure 2: Visualisation des 2 points d'écoute dans le modèle 3D – Esquis'Sons !

Il est également possible d'affecter un coefficient d'absorption sur les dispositifs déclarés pour tenir compte de la qualité des matériaux qui constitue le dispositif. Le coefficient est général sur l'ensemble du dispositif et est compris entre 0 et 1. Il ne dit pas où se trouve l'absorption.

A l'échelle de l'îlot, il est possible de déclarer de 1 à 4 bâtiments dont on peut régler la Longueur, la Largeur et la Hauteur. Les bâtiments peuvent être pivotés et on peut ainsi régler l'ouverture ou la fermeture de l'îlot (il est également possible d'importer un ou plusieurs volumes modélisés librement).

L'utilisateur déclare ensuite 4 environnements sonores «cardinaux» autour de l'ilot au Nord, Est, Ouest et Sud (et leur « distance » par rapport à l'ilot). Il peut 'affecter à ces environnements des pistes pré-enregistrées (neutres + loop) comme importer sa propre prise de son

Il est possible enfin de déclarer des sources localisées : fontaines (différents types), aire de jeux, jeux de ballons, école (cour, rentrée ou sortie des classes), cafés terrasses, commerces, cloches , conversation espaces publics (langues), sons de pas sur différents sols, sons de la faune et de la flore (oiseaux, vent dans les feuilles), sons électroacoustiques (radio, TV, musique), sonnerie de téléphone portables + voix , passage 2 roues, passage bus - tram – camion , passage bateau, etc. Un algorithme introduit aussi des d'éléments aléatoires dans les environnements sonores : passage d'une voiture, d'un 2 roues, chant d'oiseau, conversation piétonne.

Un environnement sonore, une rumeur urbaine provenant au delà du quartier étudié avec des sons identitaires (comme des cloches) que l'on entendra en fonction de l'ouverture de l'ilot et de la hauteur du point d'écoute (environnement lointain) est également présent.

Pour finir, nous avons élaboré une réverbération paramétrique à l'échelle de l'ilot pour faire la différence entre des ilot fermés aux surfaces minérales et des ilots ouverts et végétalisés.

Il est enfin possibilité d'introduire des sources à l'intérieur de ces espaces ou à l'intérieur de l'appartement.

L'ensemble du travail d'écriture de script consiste alors à partir des positions des sources et des 2 récepteurs, de calculer un certain nombre de filtres et de mixages à partir uniquement de données géométriques (distances) calculables sur le modèle spatial en 3D de Rhinocéros.

La mise en œuvre d'un tel cahier des charges permet d'esquisser une réponse sonore aux questions précédemment listées. La manipulation facile de ces critères permet ensuite au concepteur de valider des choix et/ou de chercher d'autres alternatives. La posture de l'esquisse comme outil polyvalent plus pertinente ici que celle de la simulation/validation permet un « premier » acte de représentation, mais aussi de conception sonore de l'espace à travers une initiation permettant d'éprouver les paramètres de modification et certaines relations entre espace, usages et sons.

4. Principes d'écriture des scripts

Le principe d'interactivité entre les deux logiciels, qui nous permettent l'un de générer des morphologies spatiales et l'autres des événements sonores, est géré par une communication UDP (User Datagram Protocol) (pour sa simplicité sa souplesse et sa rapidité d'usage)[2]. L'idée

principale de faire communiquer ces deux suites logicielles provient du fait qu'ils utilisent tous deux le principe des paramètres (variables et mathématiques) comme information de base pour la génération des morphologies et des sons respectivement. Il s'agit ensuite pour nous d'utiliser les informations de l'un vers l'autre et vice versa.

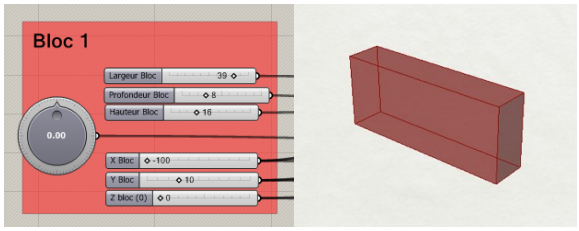

Figure 3: Réglage de positions selon les coordonnées X,Y,Z / Réglage de volumétrie L,l,H / Rotation (°) - Esquis'Sons !

4.1 Contexte spatial

Dans un premier temps on génère ou l'on construit un «contexte» de morphologie urbaine à travers une organisation spatiale des sources et des écoutants dans Rhinoceros3D via Grasshopper et selon des paramètres numériques qui restent tous en permanence modulables (figure 3). On dispose alors à la base de quatre « blocs » entièrement paramétrables par leurs tailles, positions et orientations qui forment la morphologie urbaine. N'importe quelle géométrie complexe peut ensuite être utilisée pour alimenter la scène spatiale et sonore et ainsi remplacer un ou plusieurs « blocs ».

On positionne également un ou deux points écoutants auxquels on définit des positions, des tailles ainsi que des orientations.

Sur la base de ces deux points d'écoute modulables disponible, on décide alors d'une forme de dispositif BLTC (Balcon, **L**oggia, **T**errasse ou **C**irculation) lié à chacun d'entre eux puis ensuite de la « porosité » acoustique de chaque face de ce BLTC à travers un degré de fermeture ainsi que son « coefficient d'absorption » général. Il est alors possible d'envisager un point d'écoute exempt de BLTC en gérant sa fermeture sur zéro.

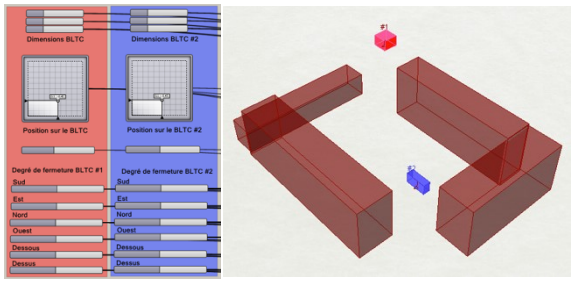

Figure 4: Réglage de positions dans le BLTC X,Y,Z / Dimension L,l,H / Rotation (rad) / Degré de fermeture par face % - Esquis'sons !

4.2 Scène sonore

Dans un second temps, il s'agit de construire une scène sonore en définissant des sources au sein du logiciel Esquissons, mais aussi en les positionnant dans l'espace.

Ainsi, on peut d'abord définir quatre environnements sonores « cardinaux » qui seront constitutif de l'identité sonore urbaine de l'esquisse et auxquels on donnera une distance relative à la morphologie urbaine précédemment construite. On définit ensuite de la même manière dans MaxMSP trois sources localisées qui elles sont paramétrables en positions, hauteurs et dimensions dans Rhinoceros / Grasshopper.

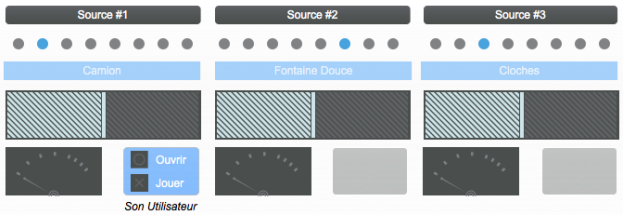

Figure 5: Déclaration des sources sonores localisées – Esquis'sons !

4.3 Logique et Calculs

Sur la base de cette définition spatiale, entièrement paramétrable en temps réel, on extrait des données géométriques et numérales qui vont être communiquées entre Rhinoceros/Grasshopper et l'outil Esquis'sons.

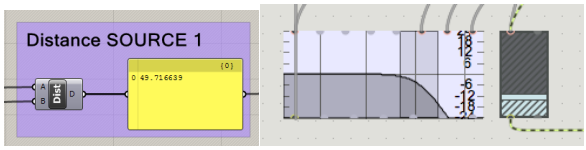

Figure 6: Mesure des distances (gh) et information du gain et du passe-bas (Esq)⌈ Esquis'sons !

On récupère par exemple depuis Grasshopper 3D les distances des points d'écoutes aux sources (cardinales et localisées) de manière à moduler ces dernières. L'inverse de la distance associée à un coefficient est utilisé pour informer le niveau de gain appliqué à chaque source de manière à réduire celui-ci proportionnellement à la distance. Cette inversion de la distance est également utilisée pour informer la fréquence de coupe d'un filtre passe-bas permettant alors de simuler une diminution de perception des aiguës liée à un éloignement.

Au moyen d'une double mesure des distances, on est capable de spatialiser les sources à gauche et à droite. On génère un triangle depuis l'écoutant duquel on extrait les deux extrémités (gauche et droite), puis on calcule la distance des deux points à la source, on soustrait alors une distance à l'autre que l'on divise ensuite par 2. C'est une des valeurs qui nous permet de gérer le ratio des panoramiques. On transmet ainsi cette valeur à l'application qui l'interprète pour appliquer un décalage plus ou moins fort dans les panoramiques.

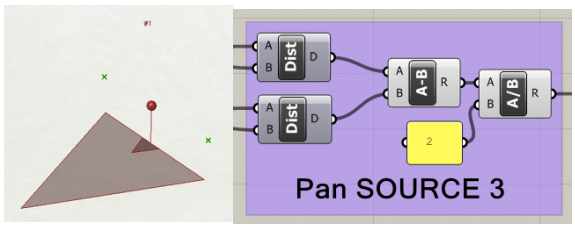

Figure 7: Génération du triangle (gh), Différentiel des distances (gh), Application du panorama (esq) – Esquis'Sons !

Pour chaque source on calcule également, au moyen d'une évaluation des intersections avec l'environnement, les masques potentiels et ainsi la diminution voire la

disparition ou l'estompage d'une source selon le point d'écoute.

Pour conserver les panoramas sonores auxquels peuvent s'appliquer les masques, on génère un pourcentage de son non masqué sur la base d'une projection de lignes.

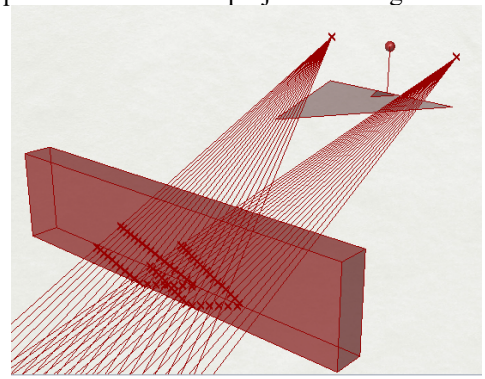

Figure 8: Calcul des intersections et transformation du pour cent en décibels (gh) Esquis'sons !

Ce pourcentage est ensuite communiqué via le protocole udp au plugin esquissons qui gère un potentiomètre de volume paramétré de 0 à 100. Cette donnée est alors ensuite transformée en décibels puis directement transmise à l'outil qui gère deux potentiomètres de volume, un pour le canal droit et un pour le canal gauche

Après un travail sur les intensités sonores et les fréquences, l'outil d'esquisse applique différentes réverbérations relatives à des informations spatiales. Ainsi, pour les réverbérations liées à l'ilot, un temps de réverbération est calculé sur la base d'un calcul de TR modifié pour prendre en compte l'ouverture plus ou moins importante de ce dernier.

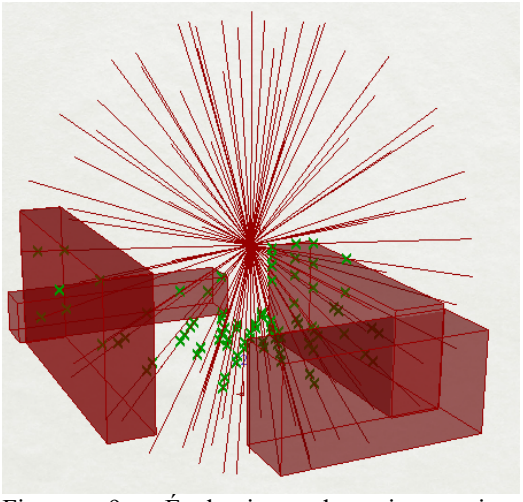

Figure 9: Évaluation des intersections avec l'environnement, projection de rayons sphérique (gh) (dB) Esquis'sons !

Il s'agit de calculer l'ouverture de l'îlot selon la position de l'écoutant. Cette méthode nous permet ainsi de calculer un degré d'ouverture dépendant de la position d'écoute (la perception sonore d'un environnement bâti étant plus présente par exemple à sa base plutôt qu'à son sommet). A partir de ce calcul, on va moduler le volume global de l'ilot (volume multiplié par le degré d'ouverture divisé par 100) qui va nous servir de base pour le calcul du temps de réverbération en articulation avec un coefficient d'absorption général multiplié aux surfaces des façades et du sol. Cette réverbération propre à l'ilot dessiné est appliquée à chaque source selon sa position dans ce dernier. Pour ce faire on mesure la distance entre chaque source et les volumes. Le résultat est ramené à des bornes fixes paramétriques selon la taille de l'ilot du plus au centre jusqu'au point le plus excentré, ce résultat est alors utilisé comme pourcentage de mixage pour appliquer la réverbération préalablement construite.

L'outil calcule également les réverbérations dans le dispositif de BLTC et donc s'appliquant aux sources intérieures. Il s'agit ici de calculer dans grasshopper le volume du BLTC déterminé en amont, puis via la formule de calcul du temps de réverbération et un coefficient d'absorption de fabriquer une réverbération correspondante.

Pour finir il a fallu mettre en place un filtrage des sources extérieures en accord avec la porosité des faces du BLTC précédemment dessiné dans grasshopper 3D. Ainsi on mesure en quelle « quantité » chaque source traverse chaque face du bltc via une méthode de projection de rayons. Il est ensuite appliqué à chaque source et pour chaque face - proportionnellement à la « quantité » traversant la face - un filtrage correspondant au degré de porosité de la face définie précédemment.

5 Conclusion

Malgré les réelles avancées en termes de connaissances et d'expériences sur les questions d'environnement sonore, les travaux actuels ont encore du mal à faire des propositions concrètes pour aider les aménageurs à créer des environnements sonores que l'on dirait à « usages variables », c'est à dire permettant une certaine labilité d'usage, voire ouvrant des potentialités. Autrement dit, beaucoup d'outils d'analyses existent mais peu d'outils de conception, notamment permettant non pas de simuler mais d'esquisser l'environnement sonore possible d'un projet. Le travail Esquis'sons ! soutient donc fondamentalement cette hypothèse : un environnement sonore est soutenable et donc participe à la soutenabilité de son quartier parce qu'il ne se ferme pas à un type unique d'usage mais qu'il permet de créer différentes qualités. C'est donc par la multiplication et la recherche de références que la création peut s'orienter positivement sur cette voie.

L'outil d'esquisse sonore (en libre téléchargement sur le site *esquissons.fr*[6]), qui intègre les principaux résultats de la phase de terrain de la recherche dans une interface paramétrique utilisant les logiciels Rhinoceros, Max MSP et le plug-in Grasshopper rend ainsi possible la « sonorisation » d'un environnement virtuel 3D sous forme d'esquisse et permet d'entendre, à son échelle, les conséquences possibles de choix architecturaux. Le module d'auralisation est informé par les caractéristiques géométriques du modèle spatial et inversement. Autrement dit, cette application permet d'esquisser un espace en l'écoutant

Notre proposition initie donc des outils qui, sur de l'existant ou du neuf, permettent d'orienter les qualités sonores d'un quartier vers une évolution soutenable dans la mesure où elles participent au confort des usagers. Mais nous devons faire en sorte que ces qualités sonores favorisent aussi l'émergence de situations remarquables, uniques, particulières pour assurer son attractivité et sa durabilité au cours des années. Notre outil n'est pas un outil de modélisation ou de simulation car ses résultats doivent être corrélés à des mesures acoustiques in situ par exemple. On a commencé à ce propos à comparer les résultats obtenus par esquis'sons en reproduisant des situations réelles qui ont été enregistrées. L'outil d'Esquisse sonore

dans la mesure où il vise principalement à évoquer une situation sonore. Il échappe à la question de la stricte fidélité du modèle et de la réalité d'un point de vue métrologique. Les scripts proposés dans l'outil sont une traduction mais aussi une simplification mathématique et géométrique de phénomènes acoustiques parfois complexes. La cohérence du résultat sonore se valide à l'écoute par le « réalisme » des productions sonores ainsi générées. L'outil d'Esquisse sonore se trouve donc à l'interface entre la simulation rigoureuse et physique des phénomènes et le savoir-faire du bruiteur.

A ce stade du développement, que ce soit, d'un point de vue de chercheur, d'architecte ou d'étudiant architecte, nous pensons que l'outil est à même d'initier une réflexion du concepteur sur l'édifice par la production de ces scénettes sonore et scénarii spatiaux. Pour nous, le fragment sonore de la scène ne doit pas être considéré uniquement comme une image pour un rendu de concours (image photo-réaliste par exemple). Au-delà de ça, ce qui importe le plus, ce sont tous les réglages sur le son que le concepteur réalise car ils sont « des réponses sonores » à de vraies questions d'architecture. En réglant le son, le concepteur règle certaines dimensions de son projet. On pourrait dire alors que le son esquisse l'architecture : de manière prospective et dans le cadre de développements futurs, on peut imaginer que par habitude le concepteur décide aussi de composer sa bande-son à l'oreille, et à une position précise qui le satisfait, qu'il puisse visualiser des valeurs et des indications sur son projet (distance minimale d'une activité, largeur de rue, hauteur de bâtiment, coexistence d'activités, couleur sonore des sources, etc.).

Plusieurs développements sont dès lors envisagés ainsi que des tests d'usage et de comparaison pour éprouver cette manière de concevoir avec le son, ainsi que ses limites. Un doctorat est en cours et des financements sont recherchés.

Remerciements

Ce travail a bénéficié d'un financement de l'ADEME dans le cadre de l'appel à projets de recherche "Urbanisme Durable et environnement sonore : outils, guides, solutions techniques ou matériaux". Une convention a été signée entre l'ADEME et l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (laboratoire CRESSON, UMR CNRS 1563 Ambiances, Architectures, Urbanités) entre Décembre 2013 et Décembre 2015.

Références

[1] Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

[2] Le Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain (CRESSON) est un laboratoire de recherche de la Direction de l'Architecture et du Patrimoine (BRAUP) implanté à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble (ENSAG). La recherche Esquis'sons ! a été menée sous la responsabilité de Nicolas Rémy, avec la collaboration de : Jean Luc Bardyn, Grégoire Chelkoff, Noha Gamal, Théo Marchal, Hengameh Pirhosseinloo.

[3] M. Kleiner, B.-I. Dalenbäck, & P. Svensson, Auralization-An Overview. *Journal of the Audio Engineering Society*, 41(11), 861-875 (1993).

[4] G. Chelkoff, *Prototypes sonores architecturaux*, CRESSON, Grenoble (2003).

[5] C. Bulfone, Les protocoles UDP et TCP / Licence MIASS, PDF en ligne : *http://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/~christian.bulfone/MIASS/PDF/3-*Les_protocoles_UDP_TCP.pdf (consulté le 3 février 2016)

[6] Portail de ressources du projet « Esquis'Sons ! » : www.esquissons.fr