

## **Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2019**

# **Le webmapping de l'environnement sonore urbain, un outil de communication accessible à tous**

Sous la direction de : Kamal Serrhini

**Johanne Maugy – Noémie Jeanjean**

# **Le webmapping de l'environnement sonore urbain, un outil de communication accessible à tous :**

Amélioration des moyens de communications actuels  
relatifs au bruit. Une approche basée sur une démarche  
circulaire

**Directeur de recherche :  
Kamal Serrhini**

**2019**

**Johanne Maugy  
Noémie Jeanjean**

# AVERTISSEMENT

---

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

# Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

**Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.**

# REMERCIEMENTS

---

Nous remercions toutes les personnes nous ayant aidé et conseillé tout au long de notre projet d'études et tout particulièrement notre tuteur de PFE, Monsieur Serrhini Kamal, pour son suivi et sa disponibilité.

Nous remercions également le CHU Bretonneau de Tours, de nous avoir accueillies afin de nous faire découvrir l'eye-tracking.

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Glossaire.....                                                                       | 1  |
| Introduction .....                                                                   | 2  |
| Contexte de la cartographie du bruit .....                                           | 3  |
| La réglementation relative au bruit .....                                            | 3  |
| Le bruit et l'aménagement du territoire.....                                         | 3  |
| L'information relative au bruit .....                                                | 4  |
| Cartographie du bruit et la communication .....                                      | 5  |
| La cartographie comme outil de communication .....                                   | 5  |
| L'aspect cognitif, un paramètre important en cartographie.....                       | 5  |
| Contenu des cartes de bruit actuelles .....                                          | 6  |
| Les limites .....                                                                    | 7  |
| Les solutions proposées vers un second prototype de cartes de bruit .....            | 8  |
| Contenu de cartes de bruit défini selon le projet de Cart'Asur .....                 | 8  |
| Contexte / participants.....                                                         | 8  |
| Analyse du questionnaire et propositions de nouvelles améliorations .....            | 9  |
| Analyse globale des réponses aux questionnaires .....                                | 10 |
| Analyse détaillée des réponses aux questionnaires .....                              | 13 |
| Symbologie.....                                                                      | 14 |
| Fond de carte .....                                                                  | 17 |
| Légende .....                                                                        | 21 |
| Interface Web .....                                                                  | 23 |
| L'eye-tracking comme moyen de recherche pour l'élaboration de nouvelles cartes ..... | 26 |
| Conclusion.....                                                                      | 27 |
| Bibliographie .....                                                                  | 28 |
| Annexes.....                                                                         | 30 |
| Annexe 1 : Les éléments de la sémiologie graphique .....                             | 30 |
| Annexe 2 : Coefficient de variation, création de classes.....                        | 31 |
| Annexe 3 : Tests du KHI2 .....                                                       | 33 |
| Annexe 4 : Test de Kruskal-Wallis .....                                              | 36 |
| Annexe 5 : Eye-tracking, CHU de Tours .....                                          | 40 |
| Table des illustrations.....                                                         | 42 |

# Glossaire

**Bruit** : Sensation auditive gênante et désagréable (Organisation Internationale de la Normalisation).

**Environnement sonore** : Ensemble des éléments sonores qui entourent un individu (ReversoDictionnaire.fr, 2018). Il est défini par l'agrément sonore et l'intensité sonore.

**Agrément sonore** : Qualité du bruit (agréable ou désagréable) (Superprof.fr, 2018).

**Intensité sonore** : "Force" du bruit, exprimée en  $W.m^{-2}$  (Superprof.fr, 2018).

**Niveau sonore** : Mesure physique, exprimée en décibels (schoolmouv.fr)

**Webmapping** : Méthode de diffusion de données cartographiques par l'intermédiaire d'un site web. Cet accès doit être dynamique, c'est-à-dire que l'affichage doit résulter d'une demande de l'utilisateur (Pauthonnier, 2010).

# Introduction

Depuis la loi bruit de 1992, un nouvel enjeu s'ajoute à la réflexion d'un projet urbain : la réduction des nuisances sonores. Les nuisances sonores sont associées à la notion de bruit, défini comme une « sensation auditive gênante et désagréable », par l'Organisation Internationale de la Normalisation (notre-planete.info 2018). Il est qualifié par son intensité sonore, plus ou moins forte, ainsi que son agrément sonore, plus ou moins agréable.

De nos jours, le bruit fait partie intégrante du quotidien de tout citoyen. Cependant ces effets néfastes, notamment sur la santé, sont de plus en plus pris en compte et intégrés aux politiques urbaines. D'ailleurs, le bruit fait partie de la liste des risques environnementaux, définis par la norme ISO 31000 de 2009, comme la possibilité qu'un événement, ici un trop haut niveau sonore dans l'environnement urbain, survienne et dont les conséquences seraient susceptibles d'affecter les personnes (Orée, 2018). Le bruit est alors soumis à une réglementation spécifique ayant pour objectif une meilleure prévention et gestion de ce risque, en portant un intérêt tout particulier à la communication.

Pour cela, l'ambiance sonore est, depuis 2002, obligatoirement illustrée par des cartes de bruit intégrées dans les Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE). La cartographie est un outil de communication permettant une appréhension visuelle et rapide d'un élément et peut alors apparaître comme un outil adéquat pour une communication performante, c'est-à-dire transmettant de l'information. De nos jours, la réalisation de cet outil est effectuée suivant l'approche top-down (concepteurs vers destinataires).

C'est pourquoi, la volonté dans ce Projet de Fin d'Etudes (PFE) est de retourner la situation en intégrant les besoins et les préférences des potentiels utilisateurs des cartes de bruit, lors de leur création. Il se positionne notamment à la suite de l'étude développée par Cart'Asur, débutée en 2014, concernant un premier prototype d'amélioration des représentations des ambiances sonores urbaines. Chaque personne ayant ses propres perceptions, ses propres connaissances, l'approche adoptée ici, consiste à faire remonter ces spécificités grâce à une approche collaborative (bottom-up) et circulaire. Pour cela un questionnaire a été diffusé sans ciblage précis d'une population. L'objectif de ce PFE est d'analyser ce questionnaire afin d'en ressortir les incompréhensions et attentes des potentiels utilisateurs de cartes de bruit pour in-fine proposer des améliorations permettant une lecture par un large public de ces cartes et ainsi atteindre de meilleurs résultats en termes de performance.

De plus, les avancées de la technologie permettent aujourd'hui de faciliter la transmission de l'information. Dans le domaine de la cartographie, il s'agit notamment du webmapping amenant une dynamique dans la transmission et beaucoup plus de liberté dans la phase de création. Pour cela, cette étude s'est centrée sur l'amélioration des représentations sonores urbaines pour une transmission d'information par le biais d'un site web.

Ce PFE reprend de manière détaillée le contexte dans lequel l'étude se positionne. Une deuxième partie explique le parti pris de la représentation du bruit par la cartographie. Ceci menant à la description des cartes de bruit d'aujourd'hui et de certaines de leurs limites. En troisième lieu, il est exposé l'analyse du questionnaire, avec en conclusion les propositions d'améliorations des représentations de l'environnement sonore en milieu urbain. Enfin, une dernière partie expose une possibilité de valider les résultats obtenus avec le concept de l'eye-tracking.

# Contexte de la cartographie du bruit

## La réglementation relative au bruit

La réglementation relative au bruit se base essentiellement sur une directive européenne et sur la loi bruit de 1992.

La directive européenne 2002/49 porte sur l'évaluation, la prévention et la gestion du bruit. Elle demande aux 25 Etats membres de mettre en place des plans d'actions tels que les Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement, traduisant l'évaluation de l'exposition au bruit et des actions de prévention et de réduction du bruit. Au sein de ces plans, doivent être présentées des cartes de bruit (Préfecture du Var, 2014).

Cette directive indique les prescriptions minimales auxquelles doivent répondre ces cartes de bruit stratégiques. Elle stipule que ces cartes sont des représentations des données relatives à des ambiances sonores, des dépassements de valeurs limites, des estimations de données (habitations, hôpitaux, écoles, nombre de personnes) présentes dans une zone spécifique et exposées au bruit. Les cartes relatives aux agglomérations doivent se concentrer sur les émissions sonores provenant des sources suivantes : la circulation routière, le trafic ferroviaire, les aéroports, et les sites d'activités industrielles, y compris les ports.

De plus, les cartes de bruit stratégiques doivent être une source d'information pour les citoyens. Certaines informations sont requises : une représentation graphique, des cartes présentant les dépassements d'une valeur limite, des cartes différentielles établissant une comparaison entre la situation existante et les situations futures, des cartes indiquant valeurs et indicateurs de bruit à une hauteur autre que 4m (directive européenne 2002/49).

En France, la réglementation concernant le bruit est définie par la loi bruit (loi n°92-1444) du 31 décembre 1992 et se trouve dans le code de l'environnement. Elle est composée de 26 articles (article L.571.1 à L.571.26) ayant pour objectifs de : « *Prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la propagation sans nécessité ou par manque de précaution des bruits ou des vibrations de nature à présenter des dangers* » (CidB, 2018).

Cela revient à développer des mesures préventives et de protection, à réglementer les activités bruyantes en fixant des seuils d'émission de bruit, simplifier la constatation des infractions ainsi que renforcer les mesures judiciaires et administratives. Suite à cette loi, s'ensuivent donc différents textes d'applications comme les décrets réglementant les bruits des transports terrestres, les activités bruyantes, les caractéristiques acoustiques des bâtiments, le contrôle et la surveillance du bruit, etc. Ceci est, de plus, accentué par une volonté de favoriser la concertation, le dialogue mais aussi l'information (CidB, 2018). Que ce soient ces trois concepts ou les décrets énoncés juste avant, ces éléments interviennent notamment lors de projets d'urbanisme.

## Le bruit et l'aménagement du territoire

Alors que le bruit est qualifié comme « *une gêne fortement ressentie et jugée intolérable* » par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), le calme est jugé comme « *une composante essentielle de la qualité urbanistique et résidentielle des espaces construits et il contribue à une bonne santé* » (COTER et CFLB, Novembre 2015). Cela annonce qu'une priorité doit être portée sur la maîtrise de l'exposition au bruit des personnes, notamment dans les espaces publics.

Le bruit est alors devenu à part entière un paramètre du concept d'« Aménagement durable ». Cette notion implique de « préserver les lieux de tranquillité et en développer d'autres », deux actions indispensables selon la Commission Fédérale pour la Lutte contre le Bruit (CFLB) et le Conseil de l'Organisation du TERRitoire (COTER) (COTER et CFLB, Novembre 2015). La volonté est maintenant d'intégrer le bruit dans les actions d'aménagement.

Ces nuisances sont majoritairement perçues dans les centres urbains. De plus, il s'avère que le degré de cette pollution sonore est relié entre autres à la forme urbaine d'un espace (Italo C. Montalvão Guedes, 2011). Ainsi, de nombreuses études, dont celle de Guedes, montrent que dans certaines zones, la densité de construction, le profil des rues, la présence d'espaces verts et la position et la forme du bâti influencent son environnement sonore. Or, ces éléments constituent les champs d'intervention de l'aménagement du territoire. Comme Guedes le souligne dans son étude, il devient alors nécessaire de prévoir le niveau de son généré par le trafic et d'utiliser ces informations dans la phase d'élaboration de projets afin de minimiser les effets du bruit sur l'environnement urbain (Italo C. Montalvão Guedes, 2011). Ainsi, l'information relative au bruit est un élément qui se doit d'être performant et un outil indispensable en aménagement.

## L'information relative au bruit

L'information concernant le bruit constitue une démarche importante (réglementée notamment par la Directive Européenne 2002/49/CE). L'ADEME a d'ailleurs annoncé en 2010 le lancement d'un observatoire du bruit des transports terrestres, dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants (ADEME, 2014). Désormais, les nuisances sonores sont présentes dans de nombreux documents d'urbanisme tels que les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) ou encore les Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE). Ceux-ci listent les points noirs bruits (PNB) provoqués par le trafic en agglomération et font l'objet d'une cartographie. Ce sont alors des outils essentiels notamment pour identifier les zones à risques et quantifier le bruit en leur sein, afin de mieux le gérer.

Cependant, aujourd'hui, la réalisation des outils de communication sur les niveaux sonores se fait suivant une démarche top-down (cartographie réalisée par des professionnels uniquement). Elle ne prend alors pas en compte les besoins des destinataires et se limitent donc aux éléments que la réglementation européenne exige. Pour cela la portée de la communication peut se voir limitée. La question qui se pose alors est : **Comment mieux communiquer sur le bruit ?**

L'intérêt est, maintenant, de s'intéresser aux moyens de communication permettant l'utilisation et la compréhension des cartes de nuisances sonores par un large public. Des études sont en cours pour répondre à cette problématique, comme celle de Cart'Asur (ce PFE s'intègre notamment dans celle-ci). L'objectif de Cart'Asur et du travail présenté au sein de ce rapport est de composer un outil de communication s'appuyant sur la cartographie afin de représenter l'environnement sonore à différentes échelles spatiales et temporelles (Cart'Asur, 2014). Effectivement, ce travail vise l'amélioration des représentations existantes, à savoir les cartes proposées par Cart'Asur, correspondant à un premier prototype, et ainsi la transmission de l'information, la prévention, la gestion et le dialogue entre acteurs concernant le bruit. En se basant sur ces premiers prototypes, **comment améliorer les représentations cartographiques du bruit afin de les rendre accessibles à un large public ?**

La particularité de Cart-Asur est d'adopter une démarche dite circulaire basée sur la construction de cartes de bruits (ambiance sonore) prenant en compte les besoins et préférences de sujets volontaires ou destinataires (riverains, techniciens, etc.).

# Cartographie du bruit et la communication

## La cartographie comme outil de communication

Le choix décidé ici est de proposer une cartographie des ambiances sonores. En effet, la prise en compte de la perception du bruit (souvent peu étudiée) permet de compléter celle des niveaux sonores.

Le langage visuel est un moyen de communication instantané, il ne nécessite généralement que très peu de temps de réflexion et est souvent perçu comme plus efficace qu'un texte. Cela reprend les paroles du philosophe Confucius « *une image vaut milles mots* » (Confucius, -551 à -479 a.v JC). Cependant, pour que ces paroles soient vérifiées faut-il encore que cette représentation soit utile et compréhensible par tous.

D'après Muelhenhauss (Muelhenhauss, 2014), la compréhension d'une carte est associée au fait que la carte « crée du sens » (« *create meaning* ») pour celui qui l'utilise. Ce sentiment proviendrait d'un mélange entre la création d'appétit, grâce à l'esthétique de l'image, et la satisfaction de la curiosité de l'utilisateur (« *mix between create appetite by beauty and satisfy curiosity* »). Cela demande alors de savoir à qui cette carte est destinée et pour quelle utilisation. Dans notre contexte d'étude, cela va demander une adaptation des fondamentaux de la représentation cartographique, décrits par J. Bertin (**voir annexe 1**), afin que l'illustration proposée satisfasse le désir de curiosité d'un public professionnel ou non de la cartographie.

Cette faculté doit être vérifiée pour tout type de représentation graphique dont les cartes et notamment celles du webmapping. Le webmapping est un outil de communication puissant notamment par la multitude des possibilités techniques qu'il comporte. Il permet de créer une interactivité entre la carte et l'utilisateur, d'ajouter une dynamique. Ceci permet d'augmenter le nombre d'informations et ainsi de satisfaire davantage de besoins. Ce moyen de diffusion des cartes par l'intermédiaire d'internet est un domaine en plein essor suite au développement des solutions Open Source. Il permet à la fois de visualiser les mêmes cartes statiques que celles existant au format papier, et de générer des cartes dynamiques (évolution et mouvements des cartes ) et interactives (créant un lien entre la carte et l'utilisateur). Il s'agit d'un outil intéressant, adaptable et adapté à chaque utilisateur. Il représente également d'un outil d'information géographique plus accessible, étendant la visualisation, l'utilisation des cartes et leur création à un public plus large. Le webmapping permet ainsi une démocratisation du domaine de l'information géographique (Mohsen, 2008).

Que ce soit pour du webmapping ou dans des formats plus classiques, la cartographie est un moyen de communication qui, de ce fait, doit s'intéresser à la perception des utilisateurs pour évoluer.

## L'aspect cognitif, un paramètre important en cartographie

Précédemment, il a été indiqué qu'une carte apparaît comme efficace lorsqu'elle crée du sens chez celui qui l'utilise (Muelhenhauss, 2014). Cela fait alors appel à la notion de cognition. Cette notion concerne la capacité de chaque individu à relier tout ce qu'il peut voir ou ressentir durant un moment présent, à une perception passée afin d'en faciliter sa compréhension (CrashCourse Psychology, 2014). Par exemple, dans le domaine de l'urbanisme, Colette Cauvin (Cauvin, 2002) explique que pour comprendre un espace, il faut s'intéresser à sa description purement objective, ce qui est donné et construit, mais

aussi à son côté plus subjectif, à la perception que les usagers ont de l'espace (aspects cognitifs). Cela permet au final de créer un espace beaucoup plus adapté aux futurs usagers.

Cependant, des recherches comme celle de Mary Hegarty (Hegarty et al., 2009), expliquent que dans certains cas la cognition peut avoir des effets contradictoires et ainsi limiter ses bienfaits. Hegarty a notamment démontré que dans le cas de l'élaboration de représentations graphiques, les perceptions cognitives ont une influence négative sur la compréhension. Les résultats de son enquête indiquent que les choix, qualifiés de « naïfs », des utilisateurs en termes de composants graphiques, limitent l'efficacité, voire la performance de la représentation, définie comme le niveau de compréhension d'une carte, ainsi que le temps pris pour atteindre cette compréhension. Indépendamment de leur capacité à lire une carte, les utilisateurs ont tendance à choisir la complexité plutôt que la simplicité. Or, ce phénomène est totalement opposé aux principes de la cartographie qui prônent la simplicité et l'efficacité. La performance se voit diminuée avec la complexité. Hegarty rappelle alors la nécessité d'être prudent lorsque la démarche de création d'une carte se fait en relation avec les utilisateurs, afin de garder l'intégrité de la performance.

Pour ce PFE, qui s'appuie notamment sur une approche collaborative et circulaire avec des destinataires volontaires pour évaluer des cartes de bruits, on s'attachera à comparer les choix des utilisateurs et les degrés de performance (en termes de compréhension) qu'ils impliquent, afin d'identifier un niveau de performance suffisant.

## Contenu des cartes de bruit actuelles

Actuellement, les cartes de bruit représentent, par des codes couleurs, l'exposition moyenne au bruit. Elles servent à représenter des situations sonores actuelles ou futures. Elles indiquent également les dépassements de valeurs limites, le nombre de personnes impactées, les logements exposés, pour chaque valeur et chaque zone (Préfecture du Var, 2014).

La directive européenne 2002/49/CE définit des indicateurs globaux que les cartes doivent représenter :

- L<sub>day</sub> (ou niveau journalier) correspond au niveau de bruit moyen sur une journée (L<sub>Aeq</sub> ou niveau équivalent (7h-19h)) et est déterminé sur une année. Il s'agit d'un indicateur associé à la gêne sur la période diurne de 7h à 19h.
- L<sub>evenig</sub> correspond au niveau de bruit moyen d'une soirée (L<sub>Aeq</sub> (19h-23h)). Il est également déterminé sur une année.
- L<sub>night</sub> correspond, lui, à la nuit (L<sub>Aeq</sub> 23h-7h). Il s'agit d'un indicateur de bruit lié aux perturbations du sommeil.

D'après cette directive, les valeurs limites sont déterminées par les états membres et peuvent varier en fonction des types de bruit (trafic ferroviaire, routier, aérien...). De plus, l'évaluation pour le calcul de ces indicateurs s'effectue à une hauteur de 4,0 m (+/- 0,2 m) au-dessus du sol (directive européenne 2002/49).

Les cartes de bruit sont croisées avec les données démographiques pour dénombrer la population exposée. Il existe plusieurs types de cartes d'exposition (Préfecture du Cantal, 2010) :

- Les cartes d'exposition (type A) : montrent les zones exposées à plus de 55 dB le jour (L<sub>day</sub>) et les zones exposées à plus de 50 dB la nuit (L<sub>n</sub>) ;
- Les cartes des secteurs affectés (type B) : représentent les secteurs affectés par le bruit, préalablement définis dans les arrêtés préfectoraux de classement sonore ;
- Et les cartes de dépassement des valeurs limites (type C) : montrent les emplacements où les valeurs limites de jour et de nuit sont dépassées.

Les cartes permettent de mieux connaître le niveau de bruit et ainsi mieux le maîtriser afin d'améliorer la qualité de vie, la sécurité et la santé des personnes impactées. Néanmoins, ces cartes ont des points faibles, qu'il est indispensable d'identifier pour la suite de ce projet.

## Les limites

Au vu de tous ces éléments il apparaît comme difficile pour une personne lambda de comprendre ces cartes et encore plus de s'y intéresser. Les cartes de bruit actuelles intégrées aux documents d'urbanisme présentent certaines limites.

En effet, elles doivent fournir assez d'informations pour être utiles, tout en restant compréhensibles. De fait, d'après l'étude de Beate Weninger « *The Effects of Colour on the Interpretation of Traffic Noise in Strategic Noise Maps* », il existe une limite inférieure quant à la quantité d'informations, afin que la carte soit utile, et une limite supérieure pour qu'elle ne soit pas trop complexe (Weninger, 2013). L'information transmise par les cartes de bruit aujourd'hui se focalise principalement sur la représentation des bruits nocifs et désagréables pour la qualité de vie d'un individu. Elle évoque principalement la multi-exposition au bruit des habitants d'une commune. Cependant, cette multi-exposition ne concerne que les bruits aérien, ferroviaire, industriel et routier. Or, ces nuisances ne sont pas les seules sources de bruit présentes dans une aire urbaine. Plusieurs autres éléments, caractéristiques de l'activité humaine, peuvent en être l'origine, et peuvent tout aussi bien être perçus comme agréables ou non (sons provenant d'une animation de rue par exemple).

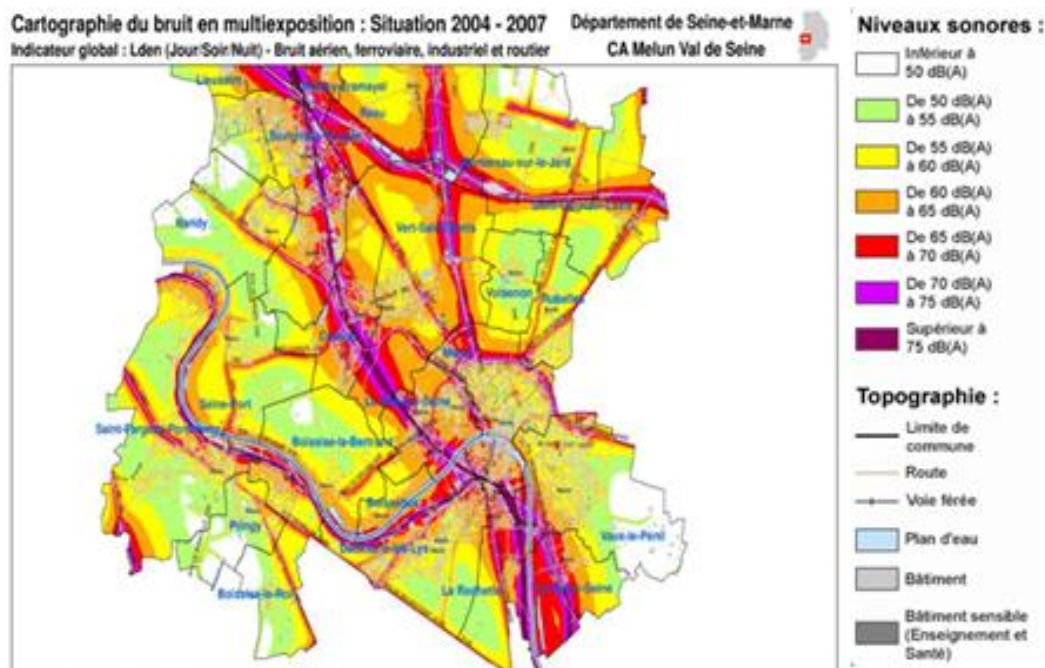


Figure 1: Cartographie du bruit en multiexposition (CA Melun, 2007)

La deuxième limite, souvent relatée dans des articles sur le sujet des cartes de bruit et notamment développée par Weninger, concerne la quantification du bruit par l'unité du décibel avec notamment l'utilisation des indicateurs Lden et Lnight (Weninger, 2013). Cette unité est souvent difficilement assimilable par une personne quelconque. Il apparaît comme difficile pour le lecteur de se repérer dans ses valeurs et de se faire une idée concrète du niveau sonore effectivement présent.

Enfin, la dernière limite à prendre en compte est l'échelle spatiale retenue pour les cartes de bruit. Elles se situent toutes à l'échelle d'une commune (voir figure 1). La question qui se pose est celle de l'adéquation de l'échelle avec les besoins et préférences des différents utilisateurs.

Prendre en compte toutes ces limites dans la conception de nouvelles représentations de l'ambiance sonore revient à améliorer la cartographie du bruit actuelle.

## Les solutions proposées vers un second prototype de cartes de bruit

### Contenu de cartes de bruit défini selon le projet de Cart'Asur

Les améliorations de cartographies présentées ci-après font suite au premier prototype cartographique, proposé par Cart'Asur. Le premier prototype ainsi que le second prototype proposé par la suite, correspondent à la représentation du paysage sonore à différentes échelles spatiales (quartier, axes routiers) et temporelles (journée, nuit). De plus, il y est exposé la quantification du bruit (intensité sonore), la qualification du bruit (agrément sonore) et les principales sources de bruit présentes (trafic, voix, bruits naturels) (Cart'Asur, 2014). Pour cela deux types de représentations sont envisagés : les représentations statiques et les représentations dynamiques. La qualification dynamique renvoie ici au webmapping permettant une interaction entre l'homme et la machine. Par exemple, il est possible de choisir quels éléments composeront la carte, et quels éléments seront affichés. La conception de cartes statiques ayant déjà été exposée dans l'étude réalisée en 2016, *«Amélioration de la cartographie des ambiances sonores urbaines»* (Serrhini et al., SAGEO 2016), les résultats exposés ci-dessous traiteront de l'aspect dynamique de la représentation graphique (correspondant au second prototype) de l'environnement sonore urbain.

Comme pour le premier prototype d'amélioration de cartes de bruit proposé par Cart'Asur, le second prototype exposé dans les parties qui suivent se base sur un questionnaire, où les réponses de volontaires servent de support pour l'amélioration des cartes.

### Contexte / participants

Le questionnaire, réalisé en mars 2016 s'inscrit dans le projet Cart-Azur présenté précédemment. Il fait suite à un premier questionnaire précédant le premier prototype de cartes datant de 2014.

L'objectif de ce nouveau questionnaire (en vue de l'élaboration d'un second prototype de cartes) est d'évaluer la lecture de cartes d'agrément sonore ou d'intensité sonore des 13ème et 14ème arrondissements de Paris, afin de proposer des améliorations des cartes de bruit présentées dans un contexte dynamique du webmapping.

Ce second questionnaire est composé de 19 pages dont les premières pages (pages 2 et 3) portent sur : (1) l'identification par un code unique du répondant, (2) la réalisation de tests portant sur la perception des couleurs (test Ishihara) et (3) enfin l'évaluation de l'acuité visuelle, afin de pouvoir valider ou non les résultats du participant. Ensuite, les sujets doivent répondre à différentes questions sur les cartes de bruit elles-mêmes, présentées entre les pages 4 et 17. Enfin, les dernières pages du questionnaire font

l'objet de questions centrées sur l'état civil du participant et de son positionnement vis-à-vis de l'utilisation de cartes.

Les sujets tests retenus sont au nombre de 32. Ces derniers n'ont pas de problème de perception des couleurs. L'ensemble des résultats peut donc être pris en compte pour l'analyse. Trois catégories de candidats ont répondu au questionnaire : (1) des étudiants initiés à la cartographie, (2) des professionnels de la cartographie et (3) des personnes non-initiées à la cartographie. Leur répartition est donnée par la figure 2. On remarque que 37,5% des interrogés sont des personnes non initiées à la cartographie, ainsi se baser sur ces résultats pour proposer une nouvelle carte de bruit permettrait de réaliser une carte accessible à un large public.

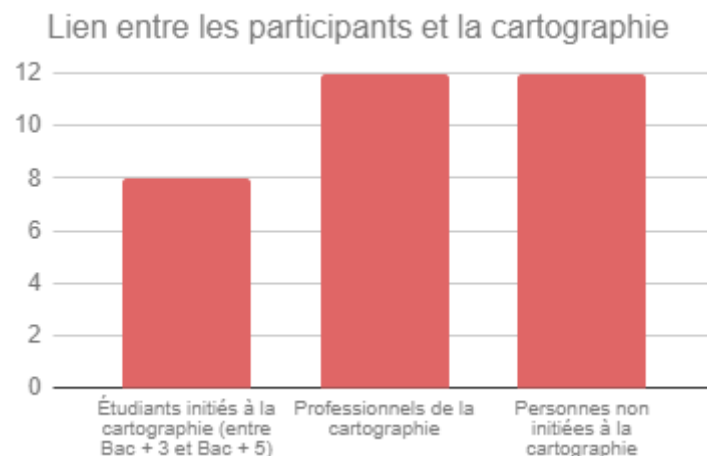


Figure 2 : Graphique montrant la répartition des répondants par catégorie

## Analyse du questionnaire et propositions de nouvelles améliorations

L'interprétation des résultats du questionnaire permet de tirer des conclusions sur les préférences et la compréhension des utilisateurs volontaires concernant les cartes de bruit. Cependant, avant toute analyse, il convient tout d'abord de définir certaines notions utilisées pour évaluer les cartes à savoir l'utilité, la complexité et l'attractivité.

L'utilité, répond à la notion de besoin. Si un besoin est satisfait par une variable visuelle donnée (une icône, un symbole, l'emploi d'une couleur, etc.), alors cette variable est dite utile. L'attractivité, elle, est la caractéristique esthétique d'une carte. Elle peut faire référence à l'emploi de la variable visuelle couleur. La complexité est quant à elle une notion plus difficile à définir. La complexité renvoie à la perception. En effet, si la carte ou la variable visuelle est mal comprise, c'est qu'elle est complexe. Alors qu'à l'inverse, quelque chose de bien perçu (bien compris) par les utilisateurs paraît peu complexe. Cette notion de complexité est souvent corrélée avec la quantité d'informations présente dans une carte.

*« L'interactivité est devenue une caractéristique de la complexité largement acceptée dans les sciences biologiques, et tout particulièrement les sciences cognitives. » (Laurent, 2011)*

A plusieurs reprises au cours du questionnaire il a été demandé aux participants de noter certaines particularités d'une carte. Cette notation, faite pour juger la performance des éléments proposés (symboles, interface web...), consiste à attribuer une note de 1 à 5 pour chacun des éléments définis ci-dessus : la complexité, l'attractivité et l'utilité. La note de 1 reflétant une faible appréciation de la

caractéristique (attractivité, utilité ou complexité) et la note de 5 représentant un lien fort entre la caractéristique et la variable évaluée (cf figure 3).

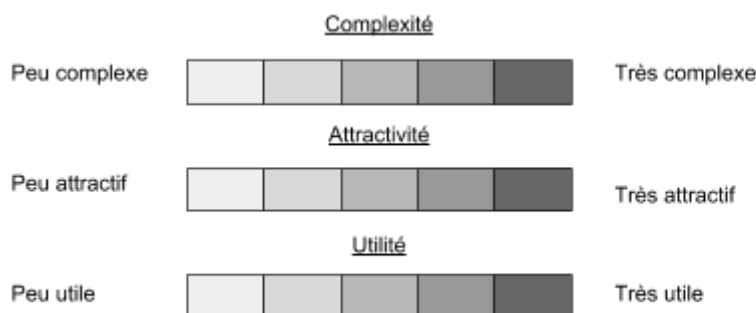


Figure 3 : Echelles de notations des critères de complexité, attractivité et utilité (Source: questionnaire 2016)

## Analyse globale des réponses aux questionnaires

Avant l'analyse détaillée des réponses au questionnaire, la volonté première est ici d'étudier l'échantillon des répondants afin de valider ou d'expliquer certaines tendances de réponses. Trois corrélations sont traitées : (1) entre critères 2 à 2 (complexité, attractivité et utilité), (2) entre les réponses obtenues, vis à vis des questions dédiées à la notation des critères de complexité, d'attractivité et d'utilité, et l'âge des répondants, (3) ces mêmes réponses et la catégorie des répondants (initiés à la cartographie, non-initiés à la cartographie, étudiant) .

Afin d'étudier les corrélations, un regroupement de certaines pages a été effectué. En effet, les pages 7 et 8 du questionnaire traitent toutes deux de la représentation de l'environnement sonore (intensité et agrément) et peuvent donc être traitées simultanément. De même, les pages 9 et 16 interrogent toutes deux sur la représentation des sources sonores. Pour finir, l'interface web est un sujet traité sur les pages 10 et 17, qui peuvent également être regroupées.

(1) Corrélation critères 2 à 2 :

| Statistiques descriptives par critères concernant la représentation de l'intensité et de l'agrément sonore (pages 7 et 8 du questionnaire) |            |              |         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|
|                                                                                                                                            | Complexité | Attractivité | Utilité |
| Moyenne $\bar{X}$                                                                                                                          | 2,72       | 3,75         | 3,70    |
| Écart-type ( $\sigma$ )                                                                                                                    | 1,28       | 0,82         | 0,97    |
| Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$                                                                                         | 47%        | 22%          | 26%     |

Figure 4 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la représentation

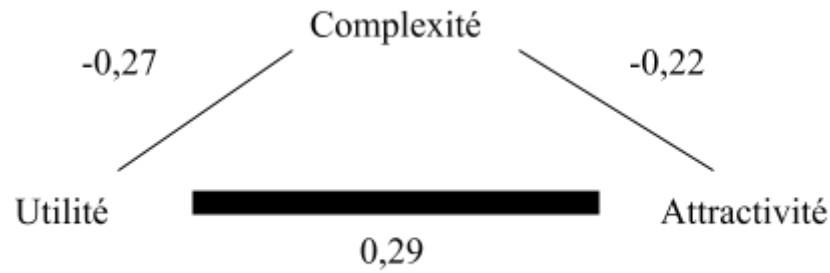


Figure 5 : Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour la représentation de l'intensité et l'agrément sonore

| Statistiques descriptives par critères concernant la représentation des sources sonores (p.9 et p.16 du questionnaire) |            |              |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|
|                                                                                                                        | Complexité | Attractivité | Utilité |
| Moyenne $\bar{X}$                                                                                                      | 1,99       | 3,97         | 3,82    |
| Écart-type ( $\sigma$ )                                                                                                | 1,16       | 1,06         | 1,15    |
| Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$                                                                     | 58%        | 27%          | 30%     |

Figure 6 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la représentation

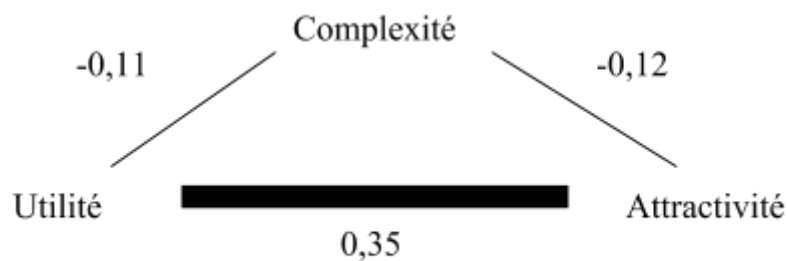


Figure 7: Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour les sources sonores

| Statistiques descriptives par critères concernant la présence d'un halo et l'interface web (pages 10 et 17 du questionnaire) |            |              |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|
|                                                                                                                              | Complexité | Attractivité | Utilité |
| Moyenne $\bar{X}$                                                                                                            | 2,94       | 3,83         | 3,77    |
| Écart-type ( $\sigma$ )                                                                                                      | 1,04       | 0,90         | 0,92    |
| Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$                                                                           | 35%        | 24%          | 24%     |

Figure 8 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la présence d'un halo et l'interface web

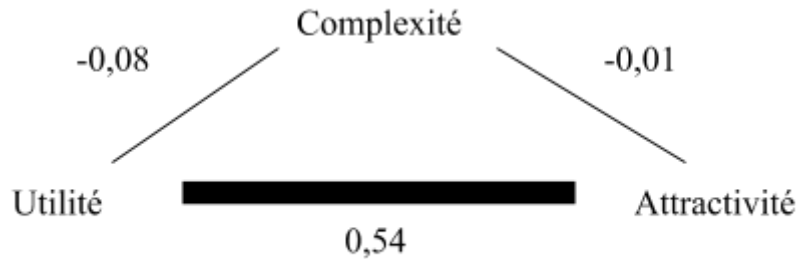


Figure 9 : Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour le halo et l'interface web

Ces trois graphes de corrélations montrent l'existence d'un lien entre attractivité/utilité, et l'inexistence de relations entre complexité/attractivité et complexité/utilité. Il en résulte donc que l'attractivité a un fort impact sur l'utilité de la carte. A partir de ces coefficients de corrélations ( $R$ ), il est possible d'obtenir les coefficients de détermination ( $R^2$ ), et ainsi de quantifier les relations entre ces critères. Pour chacun des trois cas présentés ci-dessus, le schéma qui en résulte est le même. En effet, le lien le plus fort et le seul présent, est celui entre l'utilité et l'attractivité, et il atteint respectivement 8%, 12% et 29% pour la représentation de l'intensité et de l'agrément sonore, des sources sonores, et de l'interface web. Au contraire, les deux variables les moins liées sont l'utilité et la complexité.

Les coefficients de variations pour les trois critères et pour chacun des trois cas, et pour les 32 sujets, montrent une hétérogénéité des réponses concernant la complexité, alors que les notations données à l'utilité et à l'attractivité sont plus homogènes. La catégorisation (**Annexe 2**) permet de qualifier le coefficient de variation du halo et de l'interface web d'élevé (35%) et ceux des sources sonores et des représentations de l'agrément et de l'intensité de très élevés (respectivement 58% et 47%). Ces fortes variations concernant les notations de la complexité sont probablement dues à une incompréhension de cette notion.

## (2) Analyse des réponses en fonction de l'âge des répondants

La question de l'influence de l'âge sur les réponses se pose. Pour cela, un test de corrélation Khi2 a été réalisé entre l'âge des répondants (18-29 ans, 30-39 ans, 40-49 ans, 50-59 ans, 60 ans et plus) et les notations données en termes de complexité, d'attractivité et d'utilité pour chacune des représentations énoncées précédemment (à savoir l'interface web, la représentation des sources sonores, et la représentation de l'agrément et l'intensité sonore). Finalement, après réalisation du test statistique (Khi Deux) (**Voir Annexe 3**) il se trouve qu'il n'existe aucun lien entre la tranche d'âge à laquelle appartient un participant et la réponse qu'il fournit (et donc sa perception de la représentation considérée).

## (3) Analyse des réponses en fonction de la catégorie des répondants

Un troisième questionnaire concernant les résultats de ce questionnaire, porte sur la possibilité que les notations attribuées aux critères de complexité, d'attractivité et d'utilité soient liées à la catégorie des répondants (« Non-initiés à la cartographie », « Étudiants initiés à la cartographie », « Professionnels de la cartographie »), c'est-à-dire au fait d'être ou de ne pas être initié à la cartographie. Après avoir réalisé le test de Kruskal-Wallis sur trois pages du questionnaire (les pages 8, 9 et 10, ces pages étant choisies afin d'obtenir un résultat sur chacune des représentations exposées précédemment) et pour chacun des trois critères, deux associations ont été relevées (**Voir Annexe 4**) : (1) dans certains cas l'utilité peut se voir sous-notée par les personnes non initiées à la cartographie; (2) la complexité est souvent jugée plus élevée par les personnes initiées à la cartographie (professionnels et étudiants). Cependant concernant ce dernier point, au regard des notes attribuées (figure 10) par les « Non-initiés », à la complexité, elles se situent toutes majoritairement dans la moyenne (8 interrogés sur 12 ayant répondu 2/5 à la page 9 par exemple). Ceci peut être représentatif d'un comportement lié à une incompréhension de la notion, déjà repéré précédemment avec le calcul du coefficient de variation.

| Notes attribuées à la complexité par les « Non initiés » à la cartographie |        |        |         |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------|
|                                                                            | Page 8 | Page 9 | Page 10 |
|                                                                            | 2      | 3      | 5       |
|                                                                            | 5      | 2      | 3       |
|                                                                            | 4      | 2      | 2       |
|                                                                            | 4      | 2      | 2       |
|                                                                            | 3      | 2      | 3       |
|                                                                            | 5      | 2      | 3       |
|                                                                            | 4      | 4      | 4       |
|                                                                            | 1      | 1      | 2       |
|                                                                            | 2      | 2      | 2       |
|                                                                            | 3      | 2      | 2       |
|                                                                            | 2      | 2      | 2       |
|                                                                            | 1      | 1      | 2       |
| Moyenne                                                                    | 3,00   | 2,08   | 2,67    |

Figure 10: Tableau des notes attribuées à la complexité par les "Non-initiés" à la cartographie

Afin de proposer une carte de bruit adaptée, l'analyse et la prise en compte des utilisateurs est primordiale. C'est pourquoi, une étude des avis et perceptions des utilisateurs à travers un questionnaire, mérite une fine analyse, qui pourra être à l'origine de l'émergence de nouvelles propositions. Cependant, il est aussi important de prendre en compte l'importance que certains individus peuvent avoir sur les résultats.

## Analyse détaillée des réponses aux questionnaires

### (1) Analyse carte statique

Une première série de questions (pages 4 et 5 du questionnaire) portaient sur la perception de représentation statique. Les cartes présentes sur ces pages décrivaient à l'échelle du quartier, à la fois l'intensité et l'agrément sonore à différents moments de la journée. L'objectif était ici de compléter l'enquête réalisée en 2014, par Cart'Asur, sur les symboles représentant les nuisances sonores afin de vérifier lequel, entre deux types de symboles, cônes et quadrants (cf figures 11 et 12), était le plus performant.

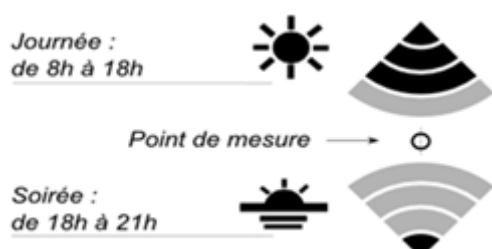


Figure 11 Représentation de l'ambiance sonore par des cônes

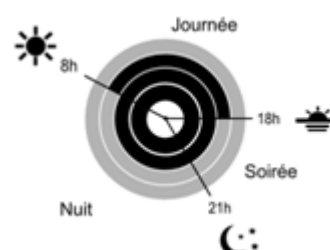


Figure 12: Représentation de l'ambiance sonore par des quadrants

Après analyse des questions de compréhension proposées (telles que « Que représente la carte ? » et « En quel point l'agrément sonore est-il le plus désagréable ? »), il en ressort que les interrogés comprennent mieux les cônes (88% de bonnes réponses) que les cadrans (53% de bonnes réponses).

Malgré une préférence des sujets pour les cadrans démontrée lors de l'étude de 2014, leur performance est toutefois largement plus élevée avec les cônes.

En suivant, les principes exposés par Hegarty qui favorisent la performance, les cônes seraient à privilégier pour ce type de représentation.

## (2) Analyse carte dynamique

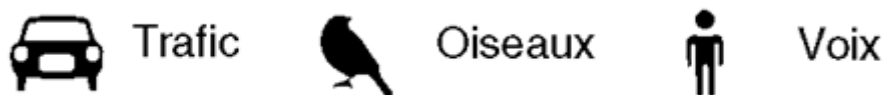
La partie suivante concerne la représentation dynamique des cartes par le biais du webmapping. L'analyse et les propositions d'améliorations portent sur quatre thèmes qui sont la symbologie, le fond de carte, la légende et l'interface web.

## Symbologie

L'utilisation de symboles appropriés (symboles de Google Map, des cartes IGN par exemples) peut permettre de communiquer plus facilement une information et également d'améliorer la compréhension globale du message à transmettre.

La symbologie des cartes dynamiques concerne l'illustration (avec des icônes) des différentes sources sonores présentes à une localisation précise. Trois icônes ont été présentées lors du questionnaire représentant chacune une des trois sources de bruit identifiées (cf figure 11) :

- le trafic
- la présence de voix humaines
- les bruits de la nature (oiseaux)



*Figure 11 Représentation des différentes sources sonores*

Afin d'évaluer la performance de ces icônes, il était proposé au sein du questionnaire de leur attribuer une note suivant les trois critères (la complexité, l'attractivité et l'utilité). Les résultats de cette enquête sont exposés dans le tableau ci-dessous (cf figure 12).

|              |                                                       | Statistiques descriptives par critères concernant la présence des icônes des sources sonores |                                                                                        |                                                                                             |
|--------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                                       |  Trafic     |  Voix |  Oiseaux |
| Complexité   | Moyenne $\bar{X}$                                     | 1.81                                                                                         | 2.13                                                                                   | 1.56                                                                                        |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 0.86                                                                                         | 1.11                                                                                   | 0.74                                                                                        |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 48%                                                                                          | 52%                                                                                    | 47%                                                                                         |
| Attractivité | Moyenne $\bar{X}$                                     | 3.84                                                                                         | 3.67                                                                                   | 4.22                                                                                        |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 1.06                                                                                         | 0.95                                                                                   | 0.73                                                                                        |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 28%                                                                                          | 26%                                                                                    | 17%                                                                                         |
| Utilité      | Moyenne $\bar{X}$                                     | 4.06                                                                                         | 3.13                                                                                   | 3.84                                                                                        |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 0.82                                                                                         | 1.21                                                                                   | 0.89                                                                                        |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 20%                                                                                          | 39%                                                                                    | 23%                                                                                         |

Figure 12 Tableau des statistiques descriptives par critères concernant les icônes des sources sonores

On remarque que le symbole associé aux Voix est le moins bien noté dans les trois caractéristiques, où on retrouve un coefficient de variation faible pour l'attractivité (26%) et très élevé pour la complexité et l'utilité (respectivement 52% et 39%), révélant une disparité dans les réponses. Une incertitude relativement à cette icône par les interrogés serait un élément explicatif de cette dispersion. De fait, des commentaires laissés par 2 des sujets, concernaient la compréhension de ce symbole et indiquaient une volonté de définition plus précise de cette source.

Il apparaît alors nécessaire d'indiquer, lors de présence de voix, quelles sont les activités (commerces, restaurants, jeux d'enfants,...) qui participent à la présence de ces nuisances.

Différents pictogrammes représentant ces activités ont été proposés lors de ce questionnaire. Les interrogés devaient alors définir pour quel type d'activités les pictogrammes correspondaient le mieux. Les résultats obtenus sont présentés par la figure 13.

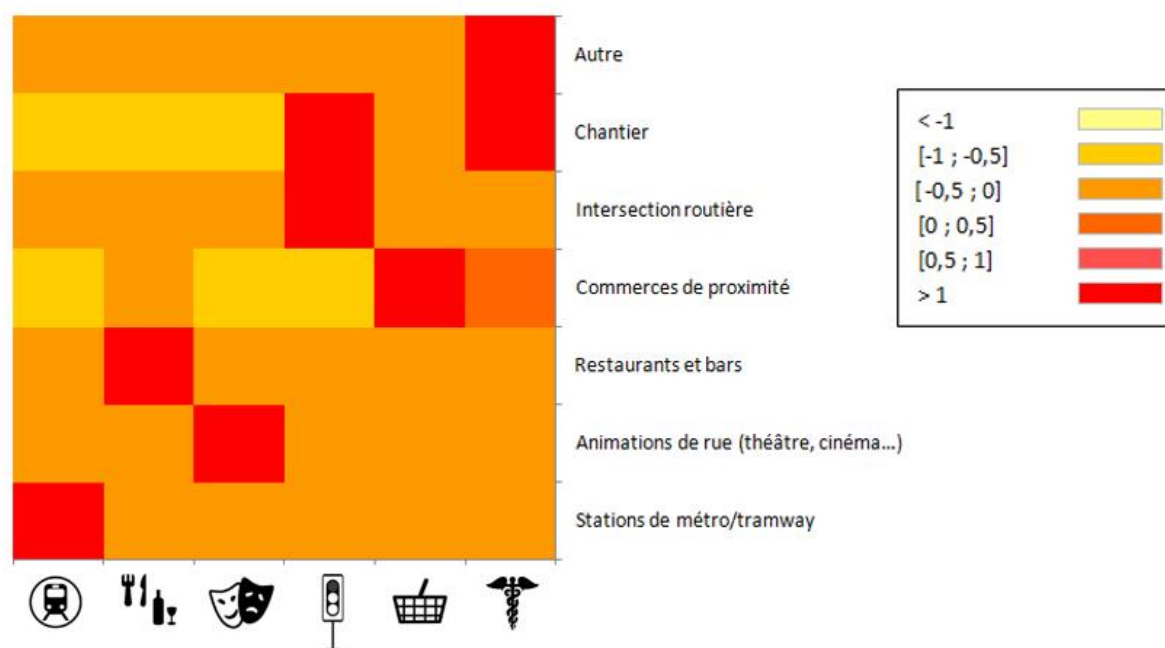


Figure 13: Carte de chaleur concernant l'association de pictogrammes aux sources de bruit

On peut alors en déduire que les activités Animations de rue, Restaurants, Commerces, Métro, Intersections routières sont associés respectivement aux pictogrammes du Masque, des Couverts, du Panier, du Métro et du Feu Tricolore.

Cependant, pour une activité, celle du chantier et le dernier pictogramme celui de la santé, aucune association nette à un pictogramme pour l'un et à une source sonore pour l'autre ne ressort réellement. En effet, il s'agit d'une technique d'enquête visant à proposer une activité supplémentaire afin de mieux évaluer les symboles. La volonté est ici de savoir si le sujet répondant au questionnaire comprend réellement l'enjeu de l'association qui, effectivement, dans ces deux cas-là, semble impossible, ou s'il va chercher à trouver malgré tout une association.

Pour ce qui est du pictogramme santé, il ne sera pas présent dans le nouveau prototype de carte de bruit afin d'éviter les incompréhensions et les interprétations biaisées de ce pictogramme. Concernant l'activité chantier, celle-ci pouvant être une importante source de bruit, il apparaît intéressant de l'indiquer sur une carte de bruit. Ainsi, un nouveau symbole sera proposé (figure 14).



Figure 14: Nouveau symbole proposé pour caractériser l'activité chantier (depositphotos.com)

Ainsi, en ce qui concerne les cartes dynamiques, l'icône « Voix » n'est pas assez précise et va être remplacée par les activités qui sont associées à la source du bruit « Voix ». Ensuite, hormis une exception d'icône non associée à une activité, les propositions du questionnaire sont globalement bien comprises et appréciées.

## Fond de carte

Tout au long du questionnaire, plusieurs variantes de fond de carte ont été proposées aux interrogés selon deux échelles spatiales : (1) à l'échelle du quartier et (2) à l'échelle de l'axe routier.

### (1) Echelle du quartier

Concernant l'échelle du quartier, une seule représentation a été proposée (cf figure 15) : un fond de carte où le bruit est représenté suivant une coloration des axes routiers dans un dégradé de couleurs allant du bleu au rouge. Ce fond a été exposé une première fois pour représenter l'intensité sonore (page 7 du questionnaire) puis une deuxième fois pour représenter l'agrément sonore (page 8 du questionnaire). La compréhension de cette carte par les interrogés est plutôt satisfaisante, 84% ont répondu correctement à la question de compréhension qui leur était posée (« Que représente la carte ? » avec 4 possibilités de réponses : « l'agrément sonore », « l'intensité sonore », « les deux », « ne sais pas »). De plus ce type de fond de carte atteint de bons résultats en termes d'attractivité et d'utilité (note moyenne supérieure à 3.5/5 et coefficients de variation très faibles) (cf figure 16). Au sujet de la complexité, on retrouve des coefficients de variation très élevés (38% et 45%), indiquant probablement que les interrogés n'ont pas saisi la notion de complexité.

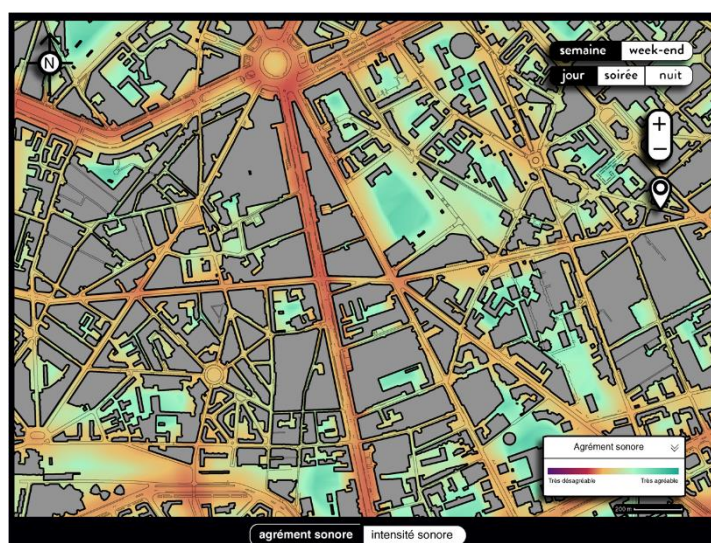


Figure 15 : Carte représentant l'agrément sonore

|              |                                                       | Statistiques descriptives par critères pour l'évaluation du niveau sonore défini par la couleur |                                                  |
|--------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|              |                                                       | Pour l'intensité sonore (page 7 du questionnaire)                                               | Pour l'agrément sonore (page 8 du questionnaire) |
| Complexité   | Moyenne $\bar{X}$                                     | 2.63                                                                                            | 2.75                                             |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 1.19                                                                                            | 1.05                                             |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 45%                                                                                             | 38%                                              |
| Attractivité | Moyenne $\bar{X}$                                     | 3.69                                                                                            | 3.84                                             |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 0.75                                                                                            | 0.58                                             |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 20%                                                                                             | 15%                                              |
| Utilité      | Moyenne $\bar{X}$                                     | 3.69                                                                                            | 3.72                                             |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                               | 0.76                                                                                            | 0.74                                             |
|              | Coefficient de variation :<br>$CV = \sigma / \bar{X}$ | 21%                                                                                             | 20%                                              |

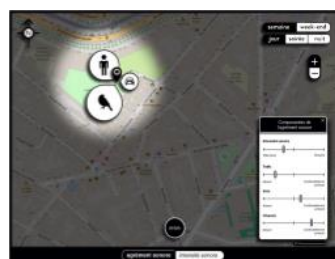
Figure 16: Tableau des statistiques descriptives par critères pour l'évaluation du niveau sonore défini par la couleur

## (2) Echelle de l'axe routier

La deuxième échelle appréhendée pour le fond de carte, est celle de l'axe routier. Pour celle-ci, plusieurs éléments composant le fond de carte entrent en jeu : les icônes des sources de bruit, la coloration des axes routiers, la présence d'un halo lumineux et la présence de pictogrammes décrivant les activités présentes le long de l'axe routier. Voici les différentes associations des éléments de fond de carte, testées auprès des interrogés (cf figures 17 et 18) :



Proposition N°1



Proposition N°2



Proposition N°3

Figure 17: Proposition des différents fonds de cartes

|               | Icônes | Coloration des axes routiers | Halo lumineux | Pictogrammes d'activités |
|---------------|--------|------------------------------|---------------|--------------------------|
| Proposition 1 | x      | x                            |               |                          |
| Proposition 2 | x      |                              | x             |                          |
| Proposition 3 | x      |                              | x             | x                        |

Figure 18: Tableau représentant les différentes associations des fonds de carte

Plusieurs résultats découlent de l'analyse de ces propositions.

#### Analyse Proposition 1

Concernant la proposition 1 (icône plus coloration), les résultats en termes de performances sont positifs surtout concernant les icônes (présence et changement de grosseur en fonction du niveau d'intensité). Effectivement dans les 3 situations exposées dans le questionnaire (pages 9, 11 et 13), un minimum de 94% des personnes interrogées ont répondu correctement à la question « Quelle est la source dominante dans cet espace? ». Les symboles et particulièrement leur taille ont prouvé leur degré de performance (compréhension) dans la cartographie sonore. Cela est appuyé par le fait que l'utilisation de ces symboles a obtenu les notes de 4.0/5 (coefficient de variation très faible de 13%) pour l'attractivité et 3.9/5 (coefficient de variation très faible de 10%) pour l'utilité (cf figure 19). Pour la complexité, des disparités sont présentes encore une fois (coefficient de variation très élevé de 48%), montrant l'incompréhension de cette notion par les personnes ayant répondu au questionnaire à ce sujet.

Concernant la coloration des axes routiers, les résultats sont plus mitigés. Dans deux cas sur trois (pages 9 et 13), respectivement 77% et 94% des répondants ont trouvé la bonne réponse à la question « L'impact de la source dominante dans ce lieu vous semble ? ». Dans le troisième cas, seulement 47% ont bien répondu. Pour autant, on peut considérer que comme la majorité des répondants a bien répondu, le degré de performance de cet élément reste à tendance positive.

Les icônes sont perçues comme un élément important de la carte en termes d'attractivité et d'utilité et malgré une note moyenne de 3.4/5 pour la complexité, son degré de performance reste élevé. En ce qui concerne la coloration des axes routiers, malgré des résultats hétérogènes, le taux de bonnes réponses étant resté satisfaisant, il est tout à fait acceptable de qualifier cet élément graphique comme acteur de la performance de la carte.

### Analyse Proposition 2

Au sujet de la proposition de cartographie numéro 2 (icône plus halo), plutôt focalisée sur l'implantation d'un halo, la compréhension de la carte est un but atteint pour 97% des personnes questionnées (réponse à la question « Dans quel type de lieu êtes-vous ? » page 10 du questionnaire). Effectivement, un halo lumineux a pour but de focaliser l'attention de l'utilisateur sur le point important de la carte, ce qui semble avoir fonctionné. Les réponses concernant la complexité, l'attractivité, et l'utilité du halo (cf figure 19), atteignent un score de 3,1/5 en complexité (coefficient de variation faible de 29%) et respectivement 3.7 et 3.6 /5 pour l'attractivité et l'utilité (coefficient de variation faible de 21% et 22%).

La compréhension ayant atteint le meilleur niveau vis à vis de toutes les propositions, le halo semble un élément important de la performance.

### Analyse Proposition 3

Concernant la proposition 3, où il y a ajout de pictogrammes d'activités le long de l'axe routier, la compréhension de la carte est notable. Effectivement cette compréhension a été testée sur deux situations différentes (pages 12 et 14 du questionnaire) et respectivement 81% et 72% des interrogés ont répondu correctement à la question « Dans quel type de lieu êtes-vous ? ». Cependant en comparaison à la situation où les activités n'ont pas été ajoutées (lors de la proposition 2), la compréhension de la carte (proposition 3) est plus faible. Lors de la proposition 2 (page 10), 87% des personnes ont répondu « Oui » à la question « Dans ce lieu, le fond de carte et ses pictogrammes aident-ils à la compréhension ? » alors que seulement 66%, page 12 et 63% page 14, ont répondu « Oui » à cette même question.

Il semblerait alors que l'ajout des activités sur le fond de carte diminue la compréhension de la carte. Si l'on se réfère aux principes que Hegarty énonce, les activités ne devraient pas être présentées sur la carte.

|              |                                                    | Statistiques descriptives par critères concernant la présence d'icônes et d'un halo lumineux |                                          |
|--------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|              |                                                    | Icônes (pages 9 et 16 du questionnaire)                                                      | Halo lumineux (page 10 du questionnaire) |
| Complexité   | Moyenne $\bar{X}$                                  | 3,44                                                                                         | 3,44                                     |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                            | 1.66                                                                                         | 0.91                                     |
|              | Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$ | 48%                                                                                          | 29%                                      |
| Attractivité | Moyenne $\bar{X}$                                  | 4.00                                                                                         | 3.69                                     |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                            | 0.50                                                                                         | 0.77                                     |
|              | Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$ | 13%                                                                                          | 21%                                      |
| Utilité      | Moyenne $\bar{X}$                                  | 3.94                                                                                         | 3.56                                     |
|              | Écart-type ( $\sigma$ )                            | 0.41                                                                                         | 0.80                                     |
|              | Coefficient de variation : $CV = \sigma / \bar{X}$ | 10%                                                                                          | 22%                                      |

Figure 19: Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la présence d'icônes et d'un halo lumineux

De manière synthétique, ce qui est ressorti de ce questionnaire concernant le fond de carte est :

- Utiliser un dégradé de couleur permet une meilleure compréhension d'une carte de bruit à l'échelle du quartier
- Varier la taille des icônes pour représenter la source de bruit dominante est un choix judicieux de performance
- Ajouter un halo lumineux favorise la compréhension
- Ajouter des pictogrammes d'activités le long de l'axe routier diminue la compréhension (la densité d'information implique une complexité qui implique une baisse de performance)

## Légende

Dans la réalisation des cartes, le contenu de la légende doit être clair pour que la carte soit compréhensible. Le questionnaire propose une partie évaluation des légendes (page 15 du questionnaire), visant à faire choisir le répondant entre trois types de légendes et à indiquer les critères sur lesquels porte cette préférence, comme la quantité d'informations, la facilité de compréhension... Parmi les trois légendes montrées ci-dessous (cf figures 20, 21 et 22), la première et la troisième sont largement préférées à la seconde par les répondants (cf figure 23).

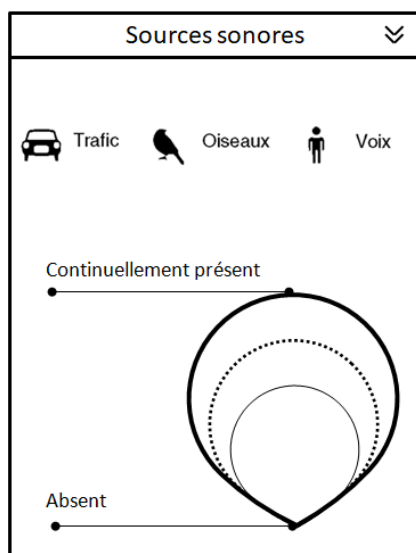


Figure 22 : Légende n°1 : Icônes avec bulles concentriques

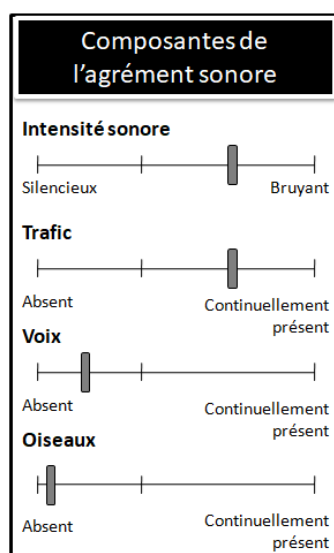


Figure 20 : Légende n°2 : Barre de seuil (intensité, trafic, voix, oiseaux)

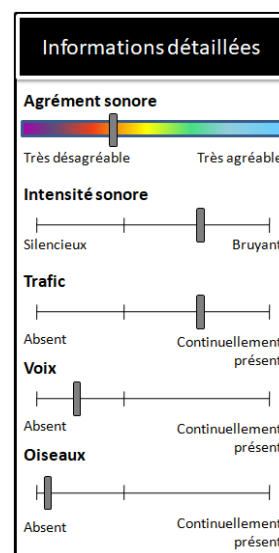


Figure 21 : Légende n°3 : Barre de niveau agrément sonore avec barre de seuil (intensité, trafic, voix, oiseaux)

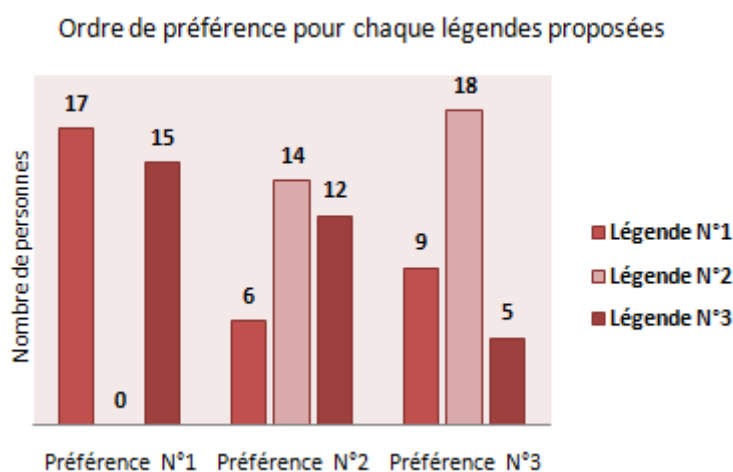


Figure 23 : Ordre de préférences des répondants pour les 3 légendes

En effet, ces préférences peuvent être expliquées par la présence de symboles dans la première et de couleurs dans la dernière (correspondant aux seules différences notables entre les trois légendes), qui attirent davantage le regard. L'analyse de ce résultat permet également de montrer que le nombre d'informations plus important peut-être plus attractif en présence d'éléments visuels tels que la couleur. En effet, la dernière légende contient toutes les informations de la deuxième, et apporte une information supplémentaire sur l'agrément sonore, représenté par un dégradé de couleur.

Le questionnaire demande également aux participants de justifier leur Préférence N°1 en choisissant l'élément ou les éléments qui fait ou font la force de la légende (cf figure 24).

| <div> <div>Critère de choix</div> <div>Nombre de répondants</div> </div> | La facilité de compréhension | La quantité d'information | La présence des icônes | Le titre de la légende | Autre(s) |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|----------|
| Légende N°1                                                              | 9                            | 1                         | 8                      | 0                      | 0        |
| Légende N°2                                                              | -                            | -                         | -                      | -                      | -        |
| Légende N°3                                                              | 11                           | 11                        | 0                      | 0                      | 1        |

Figure 24 : Tableau montrant les critères expliquant les préférences pour les différentes légendes

Pour la première légende, la présence d'icônes et la facilité de compréhension sont les deux critères justifiant cette préférence. Pour la dernière carte, la quantité d'informations et la facilité de compréhension sont les clés de son succès. En totalisant, la facilité de compréhension reste une priorité pour les participants, puis viennent ensuite les critères de quantité d'informations et d'aspect graphique.

Pour la réalisation de la nouvelle carte de bruit, il semble donc important d'afficher une quantité d'informations nécessaire, notamment par des éléments graphiques (icônes par exemple) tout en gardant comme objectif premier une facilité de compréhension. Il paraît alors intéressant de concilier les modes de représentations utilisés dans les légendes N°1 et N°3 et de tirer le meilleur de chacune d'elles.

Ainsi, les légendes contenant des aspects visuels tels que des symboles ou des couleurs sont à favoriser, et permettent de donner bon nombre d'informations, sans altérer la compréhension des cartes de bruit.

## Interface Web

Le webmapping est un élément clé de la communication, son interface joue un rôle important. Elle doit être intuitive, simple, et doit faciliter la lecture des cartes. Son évaluation a été réalisée avec la page 17 du questionnaire (cf figure 25).

De manière générale, l'interface web est jugée comme utile avec une note supérieure à 4 /5 (coefficient de variation très faible de 13%) et attractive avec une note quasiment égale à 4/5 (coefficient de variation très faible de 14%). Sa complexité reste moyenne avec une note moyenne de 2.8/5 (coefficient de variation faible de 28%), ce qui apparaît comme satisfaisant en comparaison avec les notes de complexité attribuées aux autres paramètres de la carte évalués plus tôt dans l'analyse.

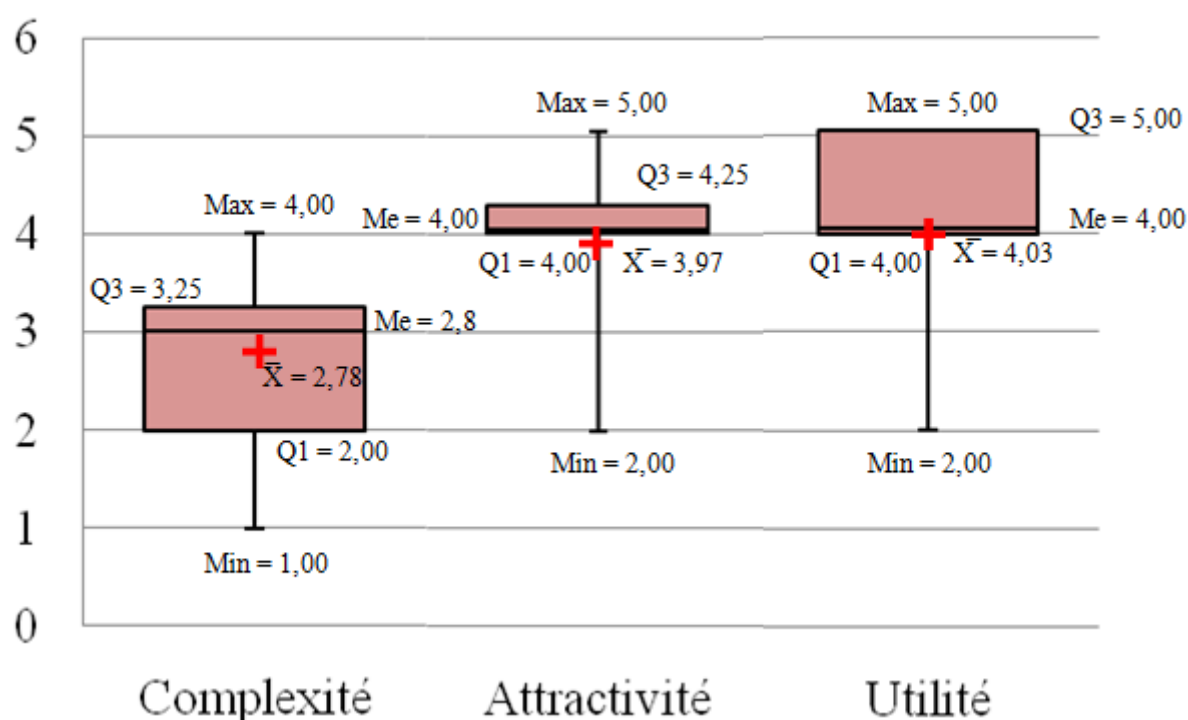


Figure 25 : Statistiques descriptives par critère concernant l'évaluation globale de l'interface web (p.17 du questionnaire)

Cependant, malgré une évaluation globalement faible de la complexité, plusieurs incompréhensions ont pu être relevées dans les commentaires. Deux paramètres composant l'interface web ont été questionnés (cf figure 26). Le premier paramètre, est l'utilisation d'un curseur pour naviguer sur la page web (cf figure 27). Cette proposition semble pertinente pour 81% des répondants. Toutefois, un commentaire laissé par un répondant indique qu'il est compliqué de naviguer sur l'interface en déplaçant le curseur. Effectivement, aujourd'hui les différents logiciels de navigation utilisés (Google Maps par exemple) n'utilisent pas cette fonctionnalité. Une amélioration possible serait de ne pas disposer de curseur mais de cliquer directement sur la carte afin d'y naviguer ce qui serait en adéquation avec l'intuition que les utilisateurs ont acquis avec les logiciels déjà mis en place.

Le second paramètre de l'interface web est l'affichage des boutons en noir pour sélectionner l'affichage de l'intensité ou de l'agrément sonore (cf figure 28). Sa pertinence n'a conquis que 56% des répondants et cet affichage a été qualifié de complexe par 38% des répondants. De plus, cinq commentaires ont été laissés pour appuyer le fait que le choix des couleurs n'était pas, là encore, intuitif. Près de la moitié des interrogés n'arrivaient pas à percevoir quel bouton était sélectionné. Il semble alors nécessaire de changer la couleur des boutons pour améliorer la performance de la carte.

|                                | Evaluation des éléments de l'interface web |          |              |             |
|--------------------------------|--------------------------------------------|----------|--------------|-------------|
|                                | Pertinent                                  | Complexe | Sans intérêt | Ne sais pas |
| Curseur                        | 26                                         | 3        | 2            | 1           |
| Affichage boutons sélectionnés | 18                                         | 12       | 1            | 1           |

Figure 26 : Tableau du nombre de vote pour les différents critères d'évaluation des éléments de l'interface web

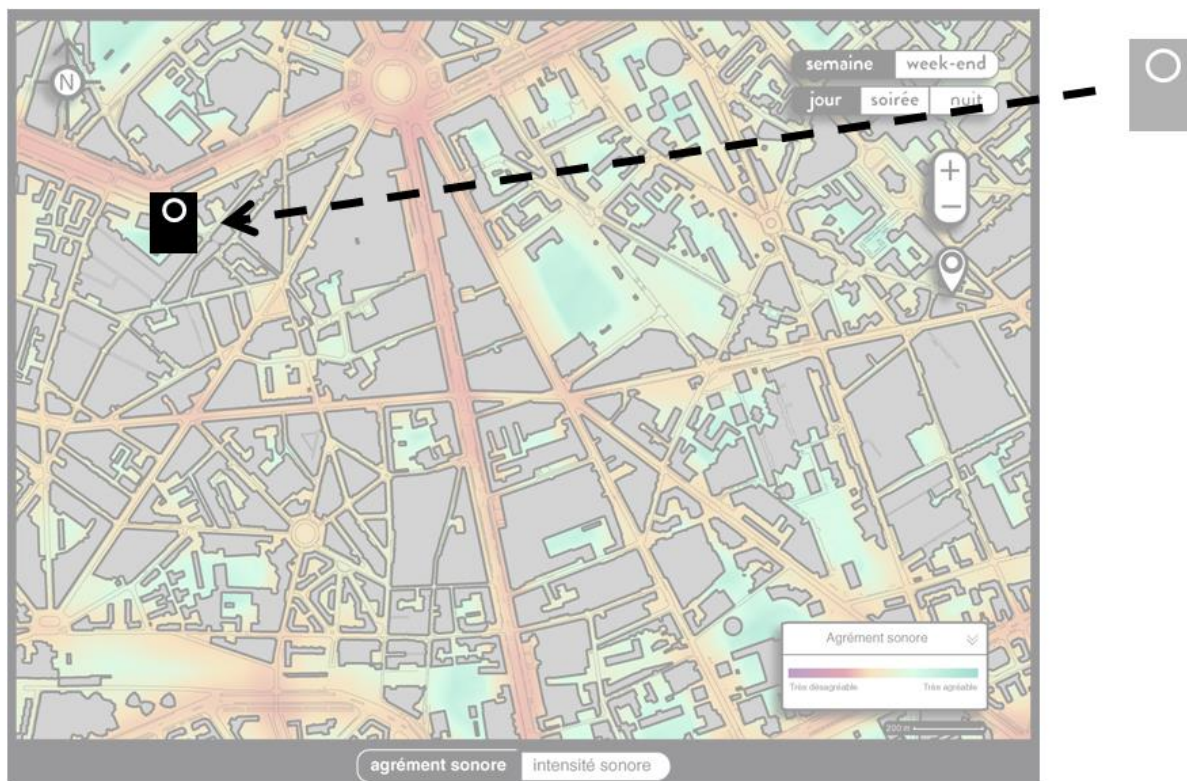


Figure 27: Illustration de l'utilisation du curseur

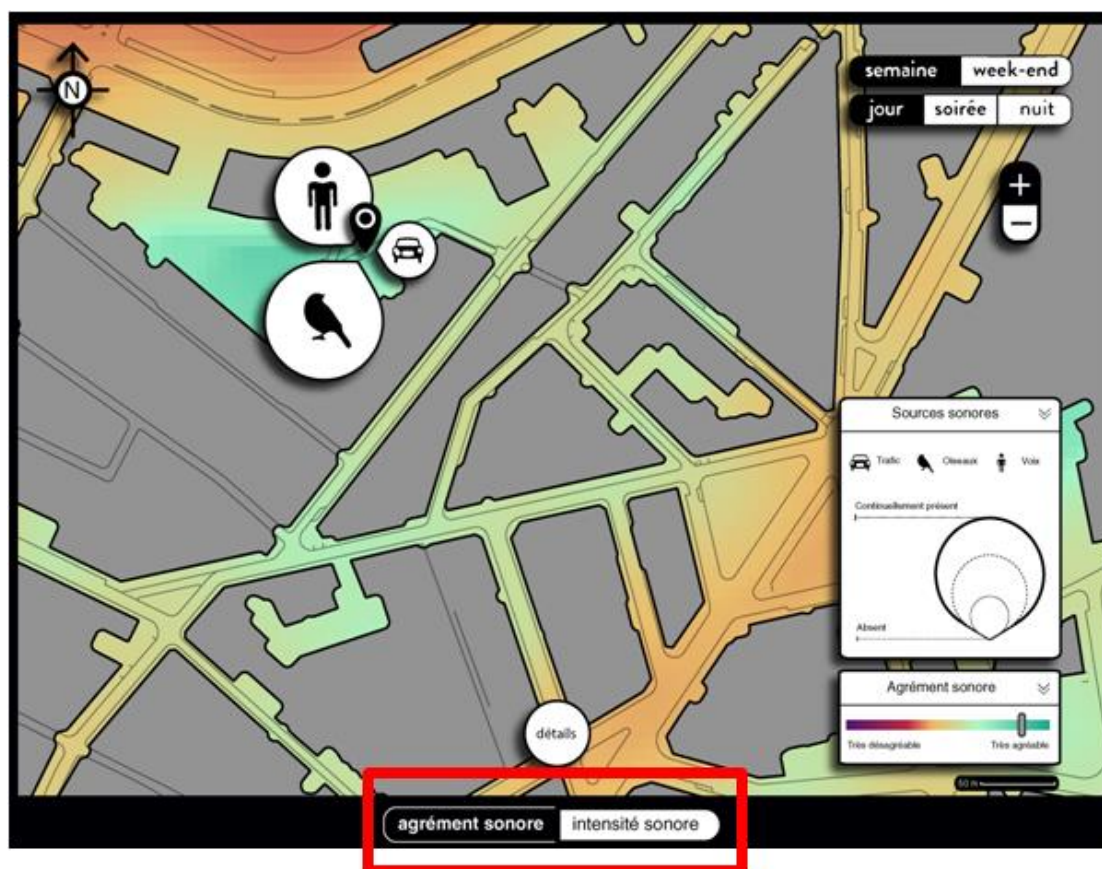


Figure 28 : Illustration de l'interface web

Suite à l'évaluation de l'interface web, il y a nécessité de changer les couleurs attribuées aux boutons de sélection du menu « intensité sonore » ou « agrément sonore ». De plus, même si le choix de naviguer à l'aide du déplacement d'un curseur est bien compris, une amélioration est envisageable, en permettant à l'utilisateur de cliquer directement sur la carte sans avoir à déplacer le curseur.

## L'eye-tracking comme moyen de recherche pour l'élaboration de nouvelles cartes

Les cartes présentées précédemment sont une combinaison des solutions apportées aux problèmes rencontrés et des améliorations proposées. Cependant, l'objectif reste toujours de viser les cartes les plus représentatives possibles de la réalité et les plus efficaces en termes de compréhension. Il faut également savoir que, dans les étapes précédant cette étude et son questionnaire support, une méthode d'analyse avait été utilisée : l'eye tracking. L'objet de cette partie est de proposer un moyen de validation et/ou d'amélioration du nouveau webmapping proposé précédemment.

L'eye tracking est une technique d'étude du comportement oculaire, il permet de mesurer le parcours effectué par le regard sur une image donnée, mais également les points de fixation du regard et les temps associés à ces derniers (**Voir annexe 5**). A l'origine, cette technique est davantage utilisée dans le domaine de la publicité et du marketing, pour analyser les comportements humains et réagir en fonction de ces derniers. Cependant, cette technique a également sa place dans le domaine de la cartographie. En effet, le parcours oculaire reflète le processus cognitif et inconscient d'un individu. De ce fait, effectuer une nouvelle étude, au même titre que le questionnaire, mais basée sur la perception et non sur des questions permettrait d'augmenter la fiabilité des réponses. Au-delà des réponses à choix multiples ou des échelles d'évaluation où l'interrogé peut être influencé par les propositions, établir une étude entièrement basée sur cette méthode permettrait de relever les points qui attirent, ceux qui ne sont pas compris, et ainsi déterminer si l'utilisateur s'est bien focalisé sur l'objectif de la carte et effectuer de nouvelles modifications afin de résoudre les problèmes rencontrés et améliorer la carte.

Ainsi, afin de proposer de nouvelles améliorations et de rester dans une démarche circulaire, la proposition est ici de faire des analyses des nouvelles améliorations à l'aide de l'eye-tracking, afin de mieux prendre en compte les perceptions cognitives et visuelles des utilisateurs.

# Conclusion

S'inscrivant dans une démarche circulaire, et plus précisément dans le projet Cart'Asur, ce projet de fin d'étude a permis d'établir un second prototype de représentation de l'ambiance sonore. Suite à l'étude d'un questionnaire, et des volontaires y ayant répondu, il a été possible de tirer des conclusions concernant différents points. En effet, la symbologie, les fonds de carte, les légendes, et l'interface web sont des éléments clés pour la compréhension et la performance des cartes représentant l'ambiance sonore. Ces dernières représentent en effet à la fois l'intensité et l'agrément sonore, tout en intégrant les sources de bruit. Des analyses statistiques ont permis d'accepter ou de rejeter certaines idées proposées dans le premier prototype de cartes afin qu'elles soient accessibles à un large public, allant des non-initiés à la cartographie aux professionnels. La démarche collaborative, de type bottom-up, a permis d'établir les améliorations en se basant directement sur les besoins et préférences des usagers. Elle a permis de constater que l'interface web proposée n'était pas forcément bien comprise et nécessitait d'être modifiée, notamment au niveau des couleurs choisies, alors qu'au contraire, les icônes proposées sont pour la plupart cohérentes, bien comprises et appréciées. L'étude des légendes montre, quant à elle, l'importance du visuel. En effet, les utilisateurs comprennent mieux et sont plus attirés lorsqu'il y a présence de symboles et de couleurs ce qui confirme l'importance de la prise en compte des perceptions visuelles et cognitives.

Dans une perspective de continuité du projet, l'idée serait d'utiliser l'eye-tracking comme partie intégrante de cette démarche circulaire, et comme moyen alternatif et complémentaire aux précédents questionnaires. L'objectif serait d'utiliser les nouvelles améliorations et de les montrer à de nouveaux volontaires, dont les compétences en cartographie seraient variées. L'analyse de leur comportement oculaire permettrait de mettre en avant les points forts et les points défailants des cartes et ainsi d'intervenir sur ces derniers afin d'arriver à de nouvelles propositions de représentation de l'ambiance sonore.

# Bibliographie

ADEME. (2014, Juin 26). *Les observatoires du bruit*. Récupéré sur Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Changement climatique - transition écologique, énergétique: <https://www.ademe.fr/expertises/air-bruit/chiffres-cles-observations/dossier/bruit-lenvironnement/observatoires-bruit>

CA Melun. (2007). *Cartes du bruit de CA Melun Val de Seine*. Récupéré sur CA Melun Val de Seine: [https://bruit.seine-et-marne.fr/cartes/A\\_CA--Melun--Val--de--Seine](https://bruit.seine-et-marne.fr/cartes/A_CA--Melun--Val--de--Seine)

Cart'Asur. (2014). *Représentations cartographique de la qualité des ambiances sonores urbaines : Acceptabilité des cartes*.

Cauvin, Colette. (2002). *Cognitive and cartographic representations : towards a comprehensive approach*.

CidB. (2018). *Loi cadre sur le bruit*. Récupéré sur Centre d'Information sur le Bruit: <http://www.bruit.fr/boite-a-outils-des-acteurs-du-bruit/recueil-des-textes-officiels/loi-cadre-sur-le-bruit/>

COTER, CFLB. (Novembre 2015). *Lutte contre le bruit et aménagement du territoire*. Résumé.

CrashCourse Psychology. (2014, Mai 19). *Cognition : How you mind can amaze and betray you #15*. Récupéré sur <https://www.youtube.com/watch?v=R-sVnmmw6WY>

emwelt.lu. (2018, Octobre 10). *Les valeurs limites de bruit*. Récupéré sur emwelt.lu portail de l'environnement: <https://environnement.public.lu/fr/loft/bruit/valeurs-limites-bruit.html>

Hegarty, M., Smallman, H. S., Stull, A. T., & Canham, M. S. (2009). Naïve Cartography : How Intuitions about Display Configuration Can Hurt Performance. Dans *Cartographica The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* (pp. Volume 4 pages 171-186).

Italo C. Montalvão Guedes, S. R. (2011). Influence of urban shape on environmental noise : A case study in Aracaju - Brazil. Dans *Science of the Total Environment* (pp. 66-76). Brazil.

Laurent, Nathanael. (2011). *Qu'est-ce que la complexité ?*

Mohsen, Clotilde. (2008). *Webmapping*.

Muelhenhauss, Ian. (2014, Octobre 15). *Adopting theories of form, style and meaning for map design*. Récupéré sur [https://www.youtube.com/watch?v=3J88Ot3Z\\_qY](https://www.youtube.com/watch?v=3J88Ot3Z_qY)

notre-planete.info. (2018, Juillet 25). *Le bruit : causes et conséquences*. Récupéré sur <https://www.notre-planete.info/environnement/bruit.php>

Orée. (2018). *Orée, Entreprises, territoires et environnement - Contexte et enjeux pour les PME*. Récupéré sur Guide interactif de la gestion des risques liés à l'environnement: <http://risquesenvironnementaux.oree.org/contexte-enjeux-pme/risques-lies-a-environnement.html>

Parlement Européen. (Juillet 2002). Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002. *Journal officiel n° L 189 , 0012 - 0026*.

Pauthonnier, Alexandre. (2010). *Les SIG et les technologies de l'information et de la communication*.

Préfecture du Cantal. (2010, Mai 31). *Le classement sonore, les cartes de bruit et les PPBE : qu'est ce que c'est ?* Récupéré sur Les services de l'Etat dans le Cantal: <http://www.cantal.gouv.fr/le-classement-sonore-les-cartes-de-bruit-et-les-a1487.html>

Préfecture du Var. (2014, Juillet 17). *La directive européenne 2002/49/CE sur le bruit dans l'environnement*. Récupéré sur Les services de l'Etat dans le Var: <http://www.var.gouv.fr/la-directive-europeenne-2002-49-ce-sur-le-bruit-a1042.html>

ReversoDictionnaire.fr. (2018). *Définition environnement*. Récupéré sur Reverso Dictionnaire: <https://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/environnement+sonore>

Serrhini, K., Palka, G., Lavandier, C., Domingues, C., Gomez, S., & Andrieu, D. (Décembre 2016). *Amélioration de la cartographie des ambiances sonores urbaines*. Nice.

Superprof.fr. (2018, janvier ). *Tout sur l'intensité sonore*. Récupéré sur Superprof Ressources: <https://www.superprof.fr/ressources/physique-chimie/terminale-s/ondes-periodiques/intensite-sonore.html>

Weninger, Beate. (2013). *The Effects of colour on the Interpretation of Traffic Noise in Strategic Noise Maps*.

# Annexes

## Annexe 1 : Les éléments de la sémiologie graphique

Source : Metz C. (1971). *Réflexions sur la "Sémiologie graphique" de Jacques Bertin, p. 741-767.*

Les différents niveaux d'organisations des composantes:

- ordonnées: rangées naturellement dans un certain ordre (exemple les âges)
- quantitatives: données chiffrées
- qualitatives: écart entre les paliers non quantifiable

8 axes de variations visuelles pour les variables:

- emplacement vertical (+ ou - haut/bas)
- emplacement horizontal (+ ou - à gauche/droite)
- forme (cercle, triangle, symbole,...)
- taille
- couleur
- valeur (clair/foncé)
- grain/ texture
- orientation

Compatibilités et incompatibilités entre variables et implantations (zonales, linéaires, ponctuelles)

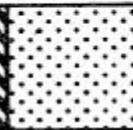
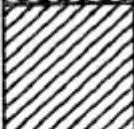
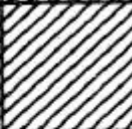
|               |            | VARIABLES VISUELLES                                                                 |                                                                                     |                                                                                     |        |         |       |
|---------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|-------|
|               |            | TAILLE                                                                              | FORME                                                                               | ORIENTATION                                                                         | VALEUR | COULEUR | GRAIN |
| IMPLANTATIONS | ZONALE     |  |  |  |        |         |       |
|               | LINEAIRE   |  |  |  |        |         |       |
|               | PONCTUELLE |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |        |         |       |

Figure 29 : Tableau des compatibilités et incompatibilités entre variables et implantations

Grosse hachure = L'implantation bloque la variable

Petite hachure = L'implantation bloque partiellement la variable

Point = L'implantation bloque la variable mais peut la récupérer indirectement grâce au grain

Case Vide = la variable reste disponible

## Annexe 2 : Coefficient de variation, création de classes

Réalisation de la classification des coefficients de variation :

1ère étape : classement des valeurs par ordre croissant pour toutes les questions

2ème étape : création du graphe de la répartition des coefficients

### Répartition des coefficients de variation

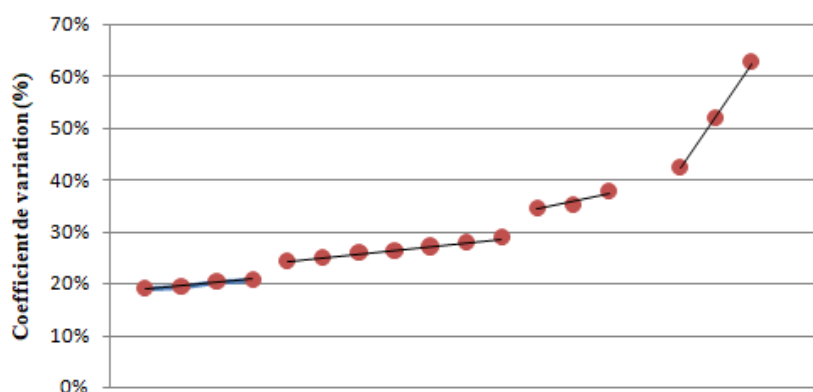


Figure 30 : Graphique de la répartition des coefficients de variation

La distribution des coefficients de variation nous permet de déterminer 4 grandes classes.

3ème étape : discrétisation des valeurs

On obtient 4 classes pour qualifier le coefficient de variation :

Très faible :  $<21$

Faible :  $[22 ; 29]$

Élevé :  $[30 ; 35]$

Très élevé :  $>35$

| Page du questionnaire | Critère      | Coefficient de variation | Qualification |
|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------|
| 17                    | Attractivité | 19%                      | Très faible   |
| 8                     | Attractivité | 19%                      |               |
| 9                     | Attractivité | 20%                      |               |
| 17                    | Utilité      | 21%                      |               |
| 7                     | Attractivité | 24%                      | Faible        |
| 9                     | Utilité      | 25%                      |               |
| 8                     | Utilité      | 26%                      |               |
| 10                    | Attractivité | 26%                      |               |
| 7                     | Utilité      | 27%                      |               |
| 16                    | Attractivité | 28%                      |               |
| 10                    | Utilité      | 29%                      |               |
| 16                    | Utilité      | 32%                      | Elevé         |
| 17                    | Complexité   | 35%                      |               |
| 10                    | Complexité   | 35%                      |               |
| 9                     | Complexité   | 38%                      | Très élevé    |
| 8                     | Complexité   | 43%                      |               |
| 7                     | Complexité   | 52%                      |               |
| 16                    | Complexité   | 63%                      |               |

Figure 31: Tableau de création des classes pour qualifier le coefficient de variation

## Annexe 3 : Tests du KHI2

Test KHI2 pour l'âge :

Trois tests de KHI2 sont réalisés afin de déterminer s'il existe un lien entre l'âge des répondants et les notations attribuées aux critères de complexité, attractivité et utilité.

Le test du KHI2 a été effectué pour les trois types de représentation :

- la représentation de l'intensité et de l'agrément (pages 7 et 8 du questionnaire)
- la représentation des sources sonores (pages 9 et 16 du questionnaire)
- la présence d'un halo et l'interface web (pages 10 et 17 du questionnaire)

Les hypothèses posées sont les mêmes pour les trois tests :

H0: Il n'existe pas de lien entre l'âge des répondants et les notations attribuées à la complexité, l'attractivité et l'utilité.

H1: Il existe un lien entre l'âge des répondants et les notations attribuées à la complexité, l'attractivité et l'utilité.

Le niveau de signification retenu pour les trois tests est alpha égal à 0.05.

1- Test réalisé pour la représentation de l'intensité et de l'agrément sonore

Tableau de contingence :

|           | Complexité | Attractivité | Utilité | Total |
|-----------|------------|--------------|---------|-------|
| 18-29 ans | 94         | 102          | 97      | 293   |
| 30-39 ans | 12         | 18           | 18      | 48    |
| 40-49 ans | 23         | 43           | 48      | 114   |
| 50-59 ans | 40         | 61           | 60      | 161   |
| 60 et +   | 5          | 16           | 14      | 35    |
| Total     | 174        | 240          | 237     | 651   |

Résultats:

| KHI2 calculé (XL_Stat) | KHI2 théorique |
|------------------------|----------------|
| 10,486                 | 24,996         |

## 2- Test réalisé pour la représentation des sources sonores

Tableau de contingence :

|              | Complexité | Attractivité | Utilité    | Total       |
|--------------|------------|--------------|------------|-------------|
| 18-29 ans    | 113        | 215          | 216        | 544         |
| 30-39 ans    | 10         | 24           | 26         | 60          |
| 40-49 ans    | 50         | 103          | 91         | 244         |
| 50-59 ans    | 74         | 131          | 119        | 324         |
| 60 et +      | 16         | 32           | 35         | 83          |
| <b>Total</b> | <b>263</b> | <b>505</b>   | <b>487</b> | <b>1255</b> |

Résultats:

| KHI2 calculé (XL_Stat) | KHI2 théorique |
|------------------------|----------------|
| 2.765                  | 24,996         |

## 3- Test réalisé pour la présence d'un halo et l'interface web

Tableau de contingence :

|              | Complexité | Attractivité | Utilité    | Total      |
|--------------|------------|--------------|------------|------------|
| 18-29 ans    | 84         | 102          | 101        | 287        |
| 30-39 ans    | 15         | 17           | 15         | 47         |
| 40-49 ans    | 33         | 48           | 47         | 128        |
| 50-59 ans    | 46         | 63           | 62         | 171        |
| 60 et +      | 10         | 15           | 16         | 41         |
| <b>Total</b> | <b>188</b> | <b>245</b>   | <b>241</b> | <b>674</b> |

Résultats:

| KHI2 calculé (XL_Stat) | KHI2 théorique |
|------------------------|----------------|
| 1,411                  | 24,996         |

Interprétation :

Dans les trois cas, les KHI2 calculés sont nettement inférieurs au KHI2 théorique. Cela implique que l'hypothèse H0 n'est pas rejetée pour chacun des trois cas.

Il n'existe pas de lien entre l'âge des répondants et les notations attribuées à la complexité, l'attractivité et l'utilité.

## Annexe 4 : Test de Kruskal-Wallis

Trois tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ( $N > 30$ ) de comparaison d'échantillons non appariés (complétés par une comparaison multiple par paire de Dunn avec la correction de Bonferroni) sont réalisés afin de déterminer s'il existe des différences de notations pour les critères de complexité, d'attractivité et utilité, entre les trois catégories de répondants (non-initiés à la cartographie, étudiants initiés à la cartographie, professionnels de la cartographie).

Les trois tests ont été réalisés en se basant sur les réponses de la page 8, 9, 10 du questionnaire (celle concernant les notes attribuées pour la représentation de l'agrément sonore, les icônes, la présence du halo). Ces pages ont été choisies parce qu'elles font partie des trois représentations définies (les niveaux sonores, les sources sonores, les éléments du webmapping).

Le test a été effectué trois fois pour chacune des trois pages :

- Comparaison des notes de complexité avec les trois catégories
- Comparaison des notes d'attractivité avec les trois catégories
- Comparaison des notes d'utilité avec les trois catégories

Les hypothèses posées sont :

H0 : Il n'existe pas de différence entre les notes attribuées et les catégories des répondants.

H1 : Il existe une différence entre les notes attribuées et les catégories des répondants.

Le niveau de signification retenu pour les trois tests est alpha égale à 0.05.

1 – Test réalisé avec les réponses de la page 8

| COMPLEXITE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                | ATTRACTIVITE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                | UTILITE                        |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|--------------------------------|-------------|----|---|--------------------------------------------|----------------|----|---|---------------------|-----------|---|---|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|-------------|----------|---------|--------------------------------|-------------|----|---|---------------------|----------------|----|---|--------------------------------------------|-----------|---|---|--------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------|-------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------|-------------|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|
| TABLEAU DE DONNEES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| <table><tr><th>Etudiants</th><th>Non initiés</th><th>Professionnels</th></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>5</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>4</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2</td></tr></table> |             |                | Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Non initiés | Professionnels | 4                              | 2           | 1  | 2 | 5                                          | 3              | 4  | 4 | 2                   | 1         | 4 | 4 | 2                  | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4           | 4        | 4       | 1                              | 2           |    | 2 | 2                   |                | 3  | 2 |                                            | 2         | 2 |   | 1                  | 2 | <table><tr><th>Etudiants</th><th>Non initiés</th><th>Professionnels</th></tr><tr><td>5</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td>3</td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3</td></tr><tr><td></td><td>5</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>4</td></tr></table> |  |  | Etudiants | Non initiés | Professionnels | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 |  | 4 | 3 |  | 4 | 3 |  | 5 | 4 |  | 4 | 4 | <table><tr><th>Etudiants</th><th>Non initiés</th><th>Professionnels</th></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>5</td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>3</td><td>4</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td>4</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>4</td></tr><tr><td></td><td>3</td><td>4</td></tr></table> |  |  | Etudiants | Non initiés | Professionnels | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 5 |  | 4 | 4 |  | 3 | 5 |  | 4 | 4 |  | 3 | 4 |
| Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Non initiés | Professionnels |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2           | 1              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 5           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1           | 2              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Non initiés | Professionnels |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 5           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Non initiés | Professionnels |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 3              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3           | 5              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3           | 4              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| VALEUR DU COEFFICIENT K CALCULÉ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 1,694                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                | 1,212                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             |                | 14,802                         |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| VALEUR DU COEFFICIENT K THEORIQUE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| 5,991                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| INTERPRETATION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| <p>On remarque que les K calculés sont inférieurs au K théorique. Cela implique que l'hypothèse H0 n'est pas rejetée.</p> <p>Les réponses des trois catégories sont homogènes vis-à-vis de la complexité et de l'attractivité. Ainsi, le fait d'être non initié, étudiant ou professionnel n'influe pas ni sur l'attractivité ni sur la complexité.</p>                                                                                                                                                                                                               |             |                | <p>On remarque que le K calculé est supérieur au K théorique. Cela implique que l'hypothèse H0 est rejetée.</p> <p>Il existe une différence entre les notes attribuées au critère d'attractivité et les catégories des répondants</p> <p>Cette différence se situe entre les notations de la catégorie des « non initiés» (Groupe A) et les catégories des « Etudiants », et des « Professionnels » (Groupe B). Les notes attribuées pour l'utilité seraient alors influencées par le fait d'être ou non initié à la cartographie.</p> <p>L'utilité de la carte se voit diminuer si les lecteurs sont des personnes non initiées à la cartographie.</p> |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| TABLEAU DES NOTES LES PLUS FREQUENTES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| <table><tr><th>Echantillon</th><th>Effectif</th><th>Groupes</th><th>Note majoritairement attribuée</th></tr><tr><td>Non initiés</td><td>12</td><td>A</td><td>3 sur 12 : note = 2<br/>3 sur 12 : note = 4</td></tr><tr><td>Professionnels</td><td>12</td><td>A</td><td>7 sur 12 : note = 2</td></tr><tr><td>Etudiants</td><td>8</td><td>A</td><td>4 sur 8 : note = 4</td></tr></table>                                                                                                                                                                                 |             |                | Echantillon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Effectif    | Groupes        | Note majoritairement attribuée | Non initiés | 12 | A | 3 sur 12 : note = 2<br>3 sur 12 : note = 4 | Professionnels | 12 | A | 7 sur 12 : note = 2 | Etudiants | 8 | A | 4 sur 8 : note = 4 | <table><tr><th>Echantillon</th><th>Effectif</th><th>Groupes</th><th>Note majoritairement attribuée</th></tr><tr><td>Non initiés</td><td>12</td><td>A</td><td>6 sur 12 : note = 4</td></tr><tr><td>Professionnels</td><td>12</td><td>A</td><td>4 sur 12 : note = 4<br/>4 sur 12 : note = 5</td></tr><tr><td>Etudiants</td><td>8</td><td>A</td><td>4 sur 8 : note = 3</td></tr></table> |   |   |   |   |   | Echantillon | Effectif | Groupes | Note majoritairement attribuée | Non initiés | 12 | A | 6 sur 12 : note = 4 | Professionnels | 12 | A | 4 sur 12 : note = 4<br>4 sur 12 : note = 5 | Etudiants | 8 | A | 4 sur 8 : note = 3 |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Echantillon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Effectif    | Groupes        | Note majoritairement attribuée                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Non initiés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 12          | A              | 3 sur 12 : note = 2<br>3 sur 12 : note = 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Professionnels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 12          | A              | 7 sur 12 : note = 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8           | A              | 4 sur 8 : note = 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Echantillon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Effectif    | Groupes        | Note majoritairement attribuée                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Non initiés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 12          | A              | 6 sur 12 : note = 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Professionnels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 12          | A              | 4 sur 12 : note = 4<br>4 sur 12 : note = 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |
| Etudiants                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8           | A              | 4 sur 8 : note = 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |                |                                |             |    |   |                                            |                |    |   |                     |           |   |   |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |   |   |             |          |         |                                |             |    |   |                     |                |    |   |                                            |           |   |   |                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |           |             |                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |  |   |   |

2 – Test réalisé avec les réponses de la page 9

| COMPLEXITE         |   |   | ATTRACTIVITE |   |   | UTILITE        |   |   |
|--------------------|---|---|--------------|---|---|----------------|---|---|
| TABLEAU DE DONNEES |   |   |              |   |   |                |   |   |
| Etudiants          |   |   | Non initiés  |   |   | Professionnels |   |   |
| 4                  | 3 | 3 | 4            | 4 | 4 | 4              | 4 | 1 |
| 3                  | 2 | 3 | 1            | 5 | 4 | 4              | 2 | 5 |
| 2                  | 2 | 1 | 4            | 4 | 5 | 4              | 4 | 5 |
| 1                  | 2 | 5 | 5            | 4 | 5 | 4              | 3 | 3 |
| 4                  | 2 | 3 | 3            | 5 | 4 | 4              | 2 | 3 |
| 3                  | 2 | 4 | 4            | 4 | 4 | 4              | 4 | 4 |
| 3                  | 4 | 4 | 4            | 4 | 4 | 3              | 4 | 4 |
| 4                  | 1 | 3 | 4            | 4 | 4 | 4              | 4 | 5 |
| 2                  | 2 | 3 | 3            | 3 | 4 | 3              | 3 | 5 |
| 2                  | 2 | 3 | 5            | 5 | 5 | 4              | 4 | 5 |
| 1                  | 1 | 3 | 4            | 4 | 3 | 4              | 4 | 4 |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |
|                    |   |   |              |   |   |                |   |   |

3 – Test réalisé avec les réponses de la page 10

COMPLEXITE

ATTRACTIVITE

UTILITE

TABLEAU DE DONNEES

| Etudiants | Non initiés | Professionnels |
|-----------|-------------|----------------|
| 4         | 5           | 3              |
| 5         | 3           | 4              |
| 5         | 2           | 1              |
| 2         | 2           | 4              |
| 4         | 3           | 3              |
| 4         | 3           | 4              |
| 3         | 4           | 4              |
| 5         | 2           | 2              |
|           | 2           | 3              |
|           | 2           | 3              |

| Etudiants | Non initiés | Professionnels |
|-----------|-------------|----------------|
| 4         | 5           | 1              |
| 4         | 4           | 5              |
| 3         | 2           | 5              |
| 4         | 3           | 3              |
| 4         | 3           | 4              |
| 4         | 3           | 4              |
| 4         | 4           | 4              |
| 4         | 5           | 5              |
|           | 3           | 4              |
|           | 3           | 2              |
|           | 5           | 3              |
|           | 3           | 4              |

| Etudiants | Non initiés | Professionnels |
|-----------|-------------|----------------|
| 4         | 4           | 1              |
| 4         | 2           | 5              |
| 3         | 4           | 5              |
| 4         | 3           | 3              |
| 4         | 2           | 3              |
| 3         | 4           | 4              |
| 3         | 4           | 4              |
| 4         | 1           | 5              |
|           | 3           | 5              |
|           | 4           | 3              |
|           | 4           | 3              |
|           | 4           | 4              |

VALEUR DU COEFFICIENT K CALCULÉ

7,232

0,736

1,302

VALEUR DU COEFFICIENT K THÉORIQUE

5,991

INTERPRÉTATION

On remarque que le K calculé est supérieur au K théorique. Cela implique que l'hypothèse H0 est rejetée.

**Il existe une différence entre les notes attribuées au critère de complexité et les catégories des répondants.**

Cette différence se situe entre les notations attribuées par la catégorie des « Non initiés » (Groupe A) et la catégorie des « Etudiants » (Groupe B). La catégorie des « Professionnels » est une catégorie intermédiaire ou tampon entre les deux précédentes. Autrement dit, les notations des deux catégories « Non Initié » et « Etudiants » vis-à-vis de la Complexité sont spécifiques à ces catégories.

**La complexité est jugée plus élevée par les étudiants.**

On remarque que les K calculés sont inférieurs au K théorique. Cela implique que l'hypothèse H0 n'est pas rejetée.

**Les réponses des trois catégories sont homogènes vis-à-vis de l'utilité et de l'attractivité. Ainsi, le fait d'être non initié, étudiant ou professionnel n'influence pas ni sur l'attractivité ni sur l'utilité.**

TABLEAU DES NOTES LES PLUS FRÉQUENTES

| Echantillon    | Effectif | Groupes | Note majoritairement attribuée |
|----------------|----------|---------|--------------------------------|
| Non initiés    | 12       | A       | 7 sur 12 : note = 2            |
| Professionnels | 12       | A       | 5 sur 12 : note = 3            |
| Etudiants      | 8        | B       | 3 sur 8 : note = 5             |

| Echantillon    | Effectif | Groupes | Note majoritairement attribuée |
|----------------|----------|---------|--------------------------------|
| Non initiés    | 12       | A       | 6 sur 12 : note = 3            |
| Professionnels | 12       | A       | 5 sur 12 : note = 4            |
| Etudiants      | 8        | A       | 7 sur 8 : note = 4             |

| Echantillon    | Effectif | Groupes | Note majoritairement attribuée |
|----------------|----------|---------|--------------------------------|
| Non initiés    | 12       | A       | 7 sur 12 : note = 4            |
| Professionnels | 12       | A       | 4 sur 12 : note = 5            |
| Etudiants      | 8        | A       | 5 sur 8 : note = 4             |

## Annexe 5 : Eye-tracking, CHU de Tours

Cette annexe a pour objectif de présenter l'expérience d'eye-tracking réalisée au CHU de Tours. L'objectif était ici de comprendre le fonctionnement d'un oculomètre, d'en comprendre l'utilité et les résultats. Les trois images ci-dessous (cf figures 32, 33 et 34) présentent des résultats des tests menés au CHU. Sur ces photos/dessins, les points rouges représentent les points de fixation et leur taille quantifie le temps de fixation. Alors que les traits rouges représentent le cheminement oculaire, les traits verts, eux, représentent les mouvements rapides de l'œil, permettant d'accéder rapidement à un nouveau point de l'image. Ces derniers se trouvent souvent sur des zones ne contenant aucun intérêt particulier.



Figure 32 : Oculomètre du CHU de Tours ayant servi pour les trois tests.

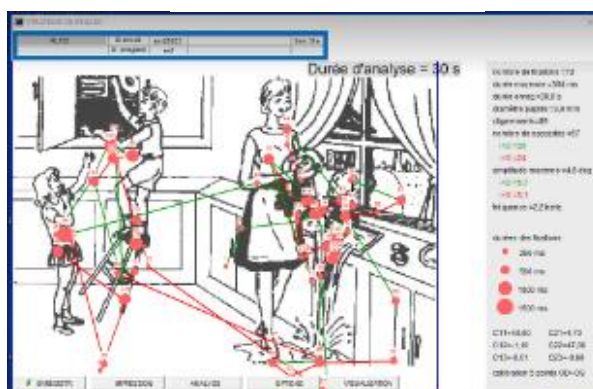


Figure 33 : Illustration résultat eye tracking

Sur la figure 33, l'analyse montre que les temps d'arrêts se trouvent sur les zones d'actions, alors qu'au contraire, les traits verts (i.e. les mouvements rapides de l'œil) au centre de l'image viennent confirmer que cet espace ne présente pas d'intérêt et n'attire donc pas la vue.

Les deux photos suivantes viennent confirmer l'analyse, en concentrant le regard et donc l'intérêt sur les zones d'action.

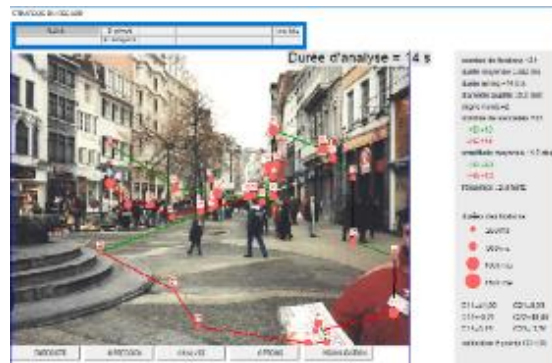


Figure 34 : Illustration n°2 résultat eye tracking



Figure 35 : Illustration n°3 résultat eye tracking

# Table des illustrations

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1: Cartographie du bruit en multiexposition (CA Melun, 2007).....                                                           | 7  |
| Figure 2 : Graphique montrant la répartition des répondants par catégorie .....                                                    | 9  |
| Figure 3 : Echelles de notations des critères de complexité, attractivité et utilité (Source: questionnaire 2016).....             | 10 |
| Figure 4 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la représentation.....                                    | 10 |
| Figure 5 : Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour la représentation de l'intensité et l'agrément sonore .....      | 11 |
| Figure 6 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la représentation.....                                    | 11 |
| Figure 7: Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour les sources sonores .....                                         | 11 |
| Figure 8 : Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la présence d'un halo et l'interface web .....            | 11 |
| Figure 9 : Graphe des corrélations des critères deux à deux, pour le halo et l'interface web .....                                 | 12 |
| Figure 10: Tableau des notes attribuées à la complexité par les "Non-initiés" à la cartographie.....                               | 13 |
| Figure 11 Représentation des différentes sources sonores .....                                                                     | 14 |
| Figure 12 Tableau des statistiques descriptives par critères concernant les icônes des sources sonores .....                       | 15 |
| Figure 13: Carte de chaleur concernant l'association de pictogrammes aux sources de bruit .....                                    | 16 |
| Figure 14: Nouveau symbole proposé pour caractériser l'activité chantier (depositphotos.com).....                                  | 16 |
| Figure 15 : Carte représentant l'agrément sonore .....                                                                             | 17 |
| Figure 16: Tableau des statistiques descriptives par critères pour l'évaluation du niveau sonore défini par la couleur .....       | 18 |
| Figure 17: Proposition des différents fonds de cartes.....                                                                         | 19 |
| Figure 18: Tableau représentant les différentes associations des fonds de carte.....                                               | 19 |
| Figure 19: Tableau des statistiques descriptives par critères concernant la présence d'icônes et d'un halo lumineux.....           | 21 |
| Figure 20 : Légende n°2 : Barre de seuil (intensité, trafic, voix, oiseaux) .....                                                  | 22 |
| Figure 21 : Légende n°3 : Barre de niveau agrément sonore avec barre de seuil (intensité, trafic, voix, oiseaux) .....             | 22 |
| Figure 22 : Légende n°1 : Icônes avec bulles concentriques.....                                                                    | 22 |
| Figure 23 : Ordre de préférences des répondants pour les 3 légendes.....                                                           | 22 |
| Figure 24 : Tableau montrant les critères expliquant les préférences pour les différentes légendes.....                            | 23 |
| Figure 25 : Statistiques descriptives par critère concernant l'évaluation globale de l'interface web (p.17 du questionnaire) ..... | 24 |
| Figure 26 : Tableau du nombre de vote pour les différents critères d'évaluation des éléments de l'interface web .....              | 24 |
| Figure 27: Illustration de l'utilisation du curseur.....                                                                           | 25 |
| Figure 28 : Illustration de l'interface web.....                                                                                   | 25 |
| Figure 29 : Tableau des compatibilités et incompatibilités entre variables et implantations .....                                  | 30 |
| Figure 30 : Graphique de la répartition des coefficients de variation.....                                                         | 31 |
| Figure 31: Tableau de création des classes pour qualifier le coefficient de variation .....                                        | 32 |
| Figure 32 : Oculomètre du CHU de Tours ayant servi pour les trois tests.....                                                       | 40 |
| Figure 33 : Illustration résultat eye tracking.....                                                                                | 40 |
| Figure 34 : Illustration n°2 résultat eye tracking .....                                                                           | 41 |
| Figure 35 : Illustration n°3 résultat eye tracking .....                                                                           | 41 |

Directeur de recherche :

**Kamal Serrhini**

**Noémie Jeanjean/ Johanne Maugy**

**PFE/DAE5**

**RESEAU**

**2018-2019**

**Le webmapping de l'environnement sonore urbain, un outil de communication accessible pour tous : Amélioration des moyens de communications actuels relatifs au bruit. Une approche basée sur une démarche circulaire**

## **Résumé :**

La communication relative au bruit passe par l'intermédiaire de la cartographie. Ce projet de fin d'études s'intègre dans le projet Cart'Asur, qui vise à améliorer les représentations cartographiques des ambiances sonores urbaines. Pour que ce moyen de représentation soit efficace, il doit être accessible à un large public. Le principe de la démarche collaborative, utilisée par Cart'Asur, consiste en l'étude des perceptions visuelles et cognitives, mais également des préférences de sujets volontaires concernant différentes représentations de l'ambiance sonore. En effet, prendre en compte les usagers, produire un premier prototype de cartes de bruit à partir de ces réponses, et proposer un nouveau questionnaire ayant pour objectif de pousser toujours plus loin ces améliorations, représente une démarche circulaire de type bottom-up. Le projet concerne ici un second prototype de cartes de bruit ayant pour point de départ l'analyse des réponses d'un questionnaire diffusé en mars 2016, et pour objectif l'amélioration de la performance et de la compréhension de ces cartes par un large public en se référant aux notions de complexité, utilité et attractivité. Ce second prototype se concentre sur la représentation du bruit par le concept de webmapping.

## **Mots Clés :**

Carte de bruit - Agrément sonore - Intensité sonore - Cartographie - Webmapping - Environnement sonore - Risque - PPBE (Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement)