

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2

ELABORATION D'UN PROTOCOLE DE TEST POUR
L'EVALUATION DE REPRESENTATION
CATOGRAPHIQUES RELATIVES A L'INCERTITUDE DE
POINTS D'INTERÊT TOURISTIQUES

MÉMOIRE DE MASTER EN HUMANITÉ ET SCIENCES HUMAINES

MENTION SCIENCES COGNITIVES

**SPÉCIALITÉ PROFESSIONNELLE SCIENCES COGNITIVES
APPLIQUÉES**

(Niveau M2)

Responsable de la formation:

Professeur J. ECALLE

Présenté par:

Geoffrey SECCIA

Réalisé sous la direction de:

Claire CUNTY

Rémy VERSACE

Au :

Laboratoire d'Intelligence des Mondes Urbains

Juin 2014

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Claire Cunty, Elisabeth Chesneau et Raffaella Balzarini pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein d'IMU.

Je remercie Franck Favetta, Bilal Berjawi ainsi que les autres membres du projet UNIMAP pour m'avoir si bien accueillis au sein de l'équipe.

Je remercie aussi Claire Cunty, Elisabeth Chesneau et Rémy Versace pour leur suivi, leurs conseils ainsi que pour leur travail de relecture de ce mémoire.

Enfin merci aux personnes qui ont pris de leur temps pour venir participer aux expériences.

Résumé

De nombreux fournisseurs de cartographie en ligne (Google Maps, Yahoo Maps etc.) possèdent leur propre outil de visualisation pour afficher des points d'intérêt touristique. Cependant, les données concernant ces points d'intérêts sont souvent incomplètes et contradictoires d'un fournisseur à un autre. L'objectif de notre recherche était d'évaluer les représentations cartographiques de l'incertitude de ces points d'intérêts auprès d'un public non spécialiste. L'incertitude était composé de trois catégories : l'incertitude spatiale, l'incertitude attributaire et l'incertitude globale. Le premier test s'est présenté sous la forme d'une tâche à choix forcé afin de sélectionner quels modes de représentation sont les mieux perçus parmi ceux proposés, pour représenter chaque type d'incertitude. Le deuxième test, plus qualitatif, s'est déroulé sur l'application sous la forme de questions et de notations afin déterminer quel type l'incertitude était la plus intéressante à représenter. Les résultats de la première expérience ont révélé une préférence pour la proposition « Taille » pour représenter l'incertitude spatiale, une préférence pour la proposition « Thermomètre » pour représenter l'incertitude attributaire et enfin une préférence pour la proposition « Valeur » pour l'incertitude globale. La deuxième expérience a mis en exergue des résultats en faveur de l'incertitude spatiale et globale seule avec une légère préférence pour l'incertitude globale seule. Enfin, il semblerait que la possibilité de choisir l'incertitude à afficher à l'écran soit plus adéquate pour l'utilisation de l'application.

Mot clés : Cartographie de l'incertitude, POI, Métaphore

Table des matières

1. Introduction	1
2. Contexte de l'étude	2
2.1. Evolution de la cartographie avec le Géoweb	2
2.2. Fondements sémiologiques et sémiotiques de la carte	3
2.2.1. Sémiologie graphique.....	4
2.2.2. Sémiotique et représentation graphique	5
2.3 La représentation de l'incertitude.....	6
2.5. Objectif et principe de la recherche.....	12
3. Méthodologie pour l'évaluation des modes de représentation de l'incertitude.....	14
3.1. Première expérience	14
3.1.1. Procédure.....	17
3.2. Résultats obtenues	19
3.2.1. Pourcentage de réponses correctes	19
3.2.2. Les temps de réponse	20
3.3. Discussion des résultats.....	22
3.3.1. « Taille » vs « Position »	23
3.4. Deuxième expérience	25
3.4.1. Procédure.....	27
3.5. Résultats obtenus.....	29
3.5.1. Phase 1	29
3.5.2. Phase 2	30
3.6. Discussion des résultats.....	33
3.7. Synthèse des résultats.....	36
4. Conclusion et premières recommandations.....	39
5. Ouverture.....	40
Références	41
Annexe	46

1. Introduction

L'étude présentée ici est centrée sur l'élaboration d'un protocole de test pour l'évaluation de représentations cartographiques, relatives à l'incertitude de points d'intérêt touristiques pour répondre à la question suivante : Parmi les différents types d'incertitudes représentées (spatiale, attributaire, globale), laquelle semble la mieux perçue et la plus importante à afficher pour un utilisateur novice en cartographie ? Cette recherche s'insère dans le cadre plus large d'un projet collaboratif, UNIMAP du laboratoire d'excellence Intelligence des Mondes Urbains.

Depuis une dizaine d'années, des services de cartographie en ligne (Google Maps, Yahoo Maps, Bing Maps) servent à rechercher des informations touristiques sur des lieux géographiques (hôtels, restaurants, musées etc.) appelés POI (points d'intérêt touristique). Cependant, les données liées à la localisation ou aux informations attributaires (numéro de téléphone, nom) de ces lieux peuvent varier en fonction du fournisseur (Google, Yahoo, Bing). L'objectif du projet UNIMAP est de créer un prototype d'application cartographique interactive à destination du grand public, intégrant les bases de données des différents fournisseurs pour représenter ces POI. Un POI se définit comme une entité ayant une localisation spatiale (ex : restaurant, musée, hôtel, parc, etc.) et à laquelle des informations sont rattachées. Ce qui caractérise l'application UNIMAP est qu'elle représente une synthèse de plusieurs bases de données afin d'indiquer à l'utilisateur quelles informations sont homogènes et complètes entre les fournisseurs et celles qui ne le sont pas. Cette synthèse est indiquée par une représentation de l'incertitude. Ainsi, à chaque POI est associé un niveau d'incertitude avec une représentation particulière.

La présentation du projet de stage s'organise autour de différents éléments. Tout d'abord nous revenons sur des principes généraux de la cartographie et présentons le concept d'incertitude et des propositions de représentation cartographique. Ensuite, nous décrivons les tests réalisés afin d'évaluer quelles représentations cartographiques de l'incertitude sont les mieux perçues et celles qui sont les plus intéressantes pour un public novice en cartographie.

2. Contexte de l'étude

2.1. Evolution de la cartographie avec le Géoweb

La cartographie est une science dont le but est de représenter, communiquer et explorer des connaissances spatiales à travers des cartes (Du, 2011). On la considère également comme « un art et une technique » à travers lesquels différentes disciplines sont traitées (mathématiques, expression graphique) et de multiples instruments sont utilisés : « photographies aériennes, satellites, ordinateurs, impression et diffusion etc. » (Poidevin, 1999). Dès l'origine de la cartographie, la conception de cartes a eu pour but de répondre à des besoins pratiques, que ce soit pour s'orienter dans l'espace ou localiser des lieux (Cauvin et al., 2007). En outre, la représentation du monde ou d'une partie de celui-ci par des représentations graphiques facilement mémorisables et consultables, a permis de faciliter sa compréhension (Béguin & Pumain, 1994).

Durant des siècles, le papier était le support privilégié de la carte, et ce n'est qu'à partir du 20^{ème} siècle qu'un autre type de support a émergé : l'écran (Cauvin et al., 2007). Son émergence est notamment liée à l'évolution rapide des technologies durant la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. La cartographie devient alors sur ordinateur grâce à ses capacités à

stocker et à traiter rapidement des quantités de données importantes (Poidevin, 1999). L'ajout de l'Internet a permis de rendre la carte disponible sur le web. L'intégration des capacités du web constitue un avantage important pour la diffusion de la cartographie, particulièrement pour des raisons d'accès beaucoup plus simple et rapide (Elzakker, 2000). Depuis quelques années, les services de cartographie en ligne tels que Google Maps ou Yahoo Maps sont devenus des éléments indissociables du paysage Internet. L'apparition de ces services a fait naître ce qu'on appelle le Géoweb « organisation de l'information d'Internet à travers un géoréférencement direct ou indirect sur la surface terrestre de tout contenu informationnel » (Joliveau, 2011). L'utilisation du Géoweb permet d'explorer le monde à travers le web, ce qui sera le cas de l'application UNIMAP

2.2. Fondements sémiologiques et sémiotiques de la carte

Nous venons d'aborder quelques bases de la cartographie et de son évolution. Nous allons maintenant approfondir les aspects relatifs à la transmission de l'information par la carte en nous appuyant sur la sémiologie et la sémiotique. La sémiologie comme « la science générale de tous les systèmes de signes (ou de symboles) grâce auxquels les hommes communiquent entre eux » (de Saussure, 1916). C'est la science de tous les systèmes de signes (Barthes, 1967 ; Mounin, 1970). La sémiologie du point de vue linguistique a été définie par Ferdinand de Saussure et se caractérise notamment par le concept de signe linguistique qui associe le principe de signifiant, correspondant à une représentation mentale acoustique et de signifié, correspondant à une représentation mentale d'une idée.

La sémiotique, définie par Charles Sanders Peirce (1897) se définit quant à elle comme la « doctrine quasi nécessaire ou formelle des signes ». Elle permet de comprendre

comment les symboles s'imprègnent d'un sens pour représenter une idée (MacEachren, 2012). A la différence de la sémiologie, Peirce aborde l'étude des signes sous l'angle de la logique.

La sémiologie, de tradition européenne et la sémiotique de tradition anglo-saxonne, ont une manière différente d'étudier le signe, mais ces deux approches ne sont pas pour autant indissociables. Les deux parties qui vont suivre, introduiront respectivement la sémiologie graphique et la sémiotique dans les représentations graphiques. Elles doivent être vues comme deux approches complémentaires pour l'étude et la conception de symboles.

2.2.1. Sémiologie graphique

Dans un contexte cartographique, la sémiologie est graphique. Initiée en 1967 par Jacques Bertin dans son livre *Sémiologie graphique*, elle se définit comme « l'ensemble des règles permettant l'utilisation d'un système graphique de signes pour la transmission d'une information ». Elle est une référence fondamentale encore utilisée aujourd'hui pour la conception cartographique. La carte en tant que médium se doit de communiquer l'information de façon claire et précise par l'intermédiaire de moyens graphiques. Ainsi la transmission de l'information est visuellement réussie lorsque le message codé respecte ces contraintes (Bertin, 1967 ; Pottier, 2000). Ces moyens graphiques correspondent à un langage cartographique permettant de comparer, ordonner et mémoriser les différentes informations. C'est un langage visuel qui se doit d'être compréhensible par tous afin que le message à communiquer se fasse avec une efficacité suffisante. Dans ce langage, Bertin a notamment défini six variables visuelles (ou rétinienne) qui sont des variations de signes

graphiques : la forme, la taille, la couleur, la valeur, le grain et l'orientation (cf. Annexe A). Dans le projet, nous nous intéressons à quatre d'entre elles.

La forme se définit comme la variation des contours des signes. Elle peut être géométrique (cercle, rond, carré etc.) ou symbolique (avion, bateau etc.). Elle sert principalement à différencier et à transcrire des informations non ordonnées (forêt, culture).

La taille se définit comme la variation de hauteur, longueur, surface ou volume d'un signe. Elle peut être de type géométrique ou symbolique et permet de percevoir les quantités ou les rapports de proportionnalité.

La valeur repose sur la variation de noir et de blanc perçue dans une surface donnée. Elle s'obtient en faisant varier de manière continue le pourcentage de niveau de gris. La valeur s'applique aussi à la couleur (bleu, vert, rouge). Elle permet de représenter des informations de manière ordonnée en attribuant les valeurs claires comme étant les plus faibles et les valeurs fortes comme étant les plus fortes.

La couleur se définit par son spectre, longueurs d'ondes de la lumière réfléchies lorsqu'un objet est éclairé. La couleur (ou teinte) est une des variables les plus adaptées pour différencier ou associer des signes.

Ces variables combinées entre elles et, à bon escient, peuvent faciliter la transmission des informations présentées sur la carte.

2.2.2. Sémiotique et représentation graphique

En s'appuyant sur la sémiotique, Celentano et Pittarello (2012), Gittins (1986), MacEachren (2001 ; 2012) et Yan (2011) indiquent que l'efficacité des symboles graphiques

pour transmettre l'information adéquate, qu'ils soient liés à la cartographie ou de manière plus générale à une interface informatique, repose essentiellement sur la métaphore employée lors de leurs conceptions. Le dictionnaire Larousse définit la métaphore comme « l'emploi d'un terme concret pour exprimer une notion abstraite par substitution analogique, sans qu'il y ait d'élément introduisant formellement une comparaison ».¹ Nous élargirons, dans notre situation, la définition en ne parlant pas de « terme concret » mais de « représentation concrète ». L'utilisation de la métaphore combinée à la forme graphique permettrait aux utilisateurs d'attribuer une fonction et un attribut aux symboles graphiques (Gittins, 1986). Ainsi lors de la conception du symbole, il est important de choisir la métaphore appropriée pour éviter que le lecteur ne déduise un sens différent de celui que le concepteur a voulu transmettre (Celentano & Pittarello, 2012 ; Yan, 2011). Selon MacEachren (2012), le symbole idéal doit ainsi être facile à comprendre et sa représentation doit être un compromis entre des symboles abstraits (rond, carré, triangle) et des symboles iconiques (église, avion, bateau).

2.3 La représentation de l'incertitude

Dans ce projet, nous nous intéressons à la représentation cartographique de l'incertitude. Le terme incertitude représente un éventail plus large de doute ou d'incohérence que celui impliqué par le terme erreur, un élément parmi d'autres de

¹ (<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/m%C3%A9taphore/50889>).

l'incertitude (Gahegan & Ehlers, 2000). Plus simplement, l'incertitude peut être vue comme le degré de fiabilité des données. En effet, lorsque nous visualisons une carte, nous sommes tributaires des données la composant et de leurs fiabilités. La carte est souvent pensée comme une vérité et ceci d'autant plus avec les capacités des cartes numériques donnant une impression de réalité (Cliburn et al., 2002). Or, d'après Evans (1997) et Thomson et al. (2005), la fiabilité des données est un problème inhérent à la carte car de nombreux paramètres comme la localisation, le temps, les mesures, les attributs peuvent être incertains. Par conséquent, la prise en compte de l'incertitude implique des hésitations dans les résultats et les observations recueillis (Hunter & Goodchild, 1993). Pour différencier les incertitudes, Thomson et al., (2005) ont défini plusieurs catégories : exactitude/erreur, précision, complétude, cohérence, traçabilité, actualité/minutage, crédibilité, subjectivité, interdépendance. Les deux catégories qui vont nous intéresser sont la complétude et la cohérence. La complétude correspond à la quantité de données manquantes et la cohérence correspond à la compatibilité entre les données.

L'incertitude est une information complexe à cartographier. Une mauvaise conception de la représentation de celle-ci peut-entraîner une surcharge cognitive due à une masse d'informations trop importantes (Arnaud & Davoine, 2012). Il est aussi généralement admis que l'incertitude affecte la prise de décision (Cliburn et al., 2002 ; MacEachren, 2005). L'inclusion de l'incertitude permettrait d'aider la prise décision (Evans et al., 1999 ; Leitner & Buttenfield, 2000), mais pourrait aussi conduire à de mauvaise interprétation, dans le cas où une mauvaise symbolisation serait employée pour la représenter (MacEachren, 2005). Par conséquent, l'utilisation d'une symbolisation adéquate est primordiale. Dans un premier temps, il faut identifier les différentes catégories d'incertitude et déterminer comment les représenter. Dans notre cas, nous nous sommes appuyés sur les catégories de Thomson et al.

(2005) et les travaux de MacEachren et al. (2012), eux-mêmes issus des variables visuelles de Bertin (1967), MacEachren (1995) et Morrison (1974).

Dans son étude, MacEachren et al. (2012) a créé un ensemble de symboles à tester. Son but est d'évaluer leur efficacité pour représenter l'incertitude en fonction de différentes catégories d'incertitudes. Dans une première expérience, il a évalué l'intuitivité de plusieurs ensembles de symboles pour différentes catégories de l'incertitude, demandant aux participants de les évaluer avec une échelle d'intuitivité. Puis dans sa seconde expérience, il a testé l'efficacité de ces symboles lors de l'utilisation de cartes, en leur demandant de sélectionner la région de la carte contenant les informations les moins sûres. De ces résultats, trois types d'incertitude ont été choisis pour l'application UNIMAP :

L'incertitude spatiale correspond à la localisation d'un lieu et à quel point sa localisation est certaine sur la carte.

L'incertitude attributaire correspond aux informations propres à un lieu (ex : numéro de téléphone, nom, site interne, etc.) et à quel point ces informations sont certaines.

L'incertitude globale correspond à la synthèse des incertitudes spatiale et attributaire.

Pour chaque catégorie, les deux propositions qui ont eu les meilleurs résultats étaient respectivement : taille/position ; barre avec curseur/smiley ; valeur/flou. Ces propositions seront décrites plus précisément dans la partie méthodologie. Toutefois, la population testée dans cette étude était composée d'étudiants avec des connaissances avancées en cartographie et de professionnels travaillant dans le domaine de la cartographie. Il est possible qu'un biais lié aux connaissances soit présent dans les résultats de cette étude.

2.4. Ouverture sur le concept de métaphore

Les études portant sur la représentation de l'incertitude ont eu pour but d'objectiver, et de délimiter l'incertitude de manière graphique. Seulement l'incertitude est une notion complexe et subjective (Arnaud & Davoine, 2012) difficilement représentable, que ce soit graphiquement comme nous l'avons vu précédemment, ou mentalement car elle ne repose sur aucune représentation physique ou entité particulière et bien définie. Ainsi nous pouvons considérer l'incertitude comme un concept abstrait. De plus, nous avons souligné l'importance des métaphores dans la conception des symboles graphiques afin qu'ils puissent être compris facilement. Ces deux points que sont l'incertitude en tant que concept abstrait et la représentation symbolique à travers la métaphore convergent à travers la théorie des métaphores conceptuelles. Il s'agit d'une théorie initiée par Lakoff et Johnsen (1980), qui propose que les métaphores soient utilisées pour organiser l'information dans des domaines abstraits. La métaphore, considérée comme une caractéristique propre au langage, se voit étendue à la pensée, aux actions et est omniprésente dans la vie quotidienne. Elle régirait notre fonctionnement en structurant et en définissant nos réalités quotidiennes, que ce soit la manière dont nous nous déplaçons dans le monde ou nos relations avec d'autres personnes. En outre, de nombreux concepts importants pour nous tels que le temps, les émotions, sont souvent abstraits ou non clairement définis. Il est donc primordial de pouvoir manipuler ces concepts. Pour ce faire, nous utilisons des notions intermédiaires plus facilement compréhensibles tels que l'orientation spatiale, les objets, les dessins. (Lakoff & Johnsen, 1980).

Le domaine conceptuel dont nous dégageons des expressions métaphoriques pour comprendre un autre domaine conceptuel, est appelé domaine source. Le domaine conceptuel qui est compris de cette manière est le domaine cible. Les métaphores

conceptuelles utilisent généralement un concept concret, physique ou tangible comme domaine source et un concept plus abstrait comme domaine cible (Boroditsky, 2000 ; Kövecses, 1987). Pour illustrer ces propos prenons l'exemple du temps en tant que domaine cible. Pour parler de celui-ci, nous utilisons parfois des concepts spatiaux (devant, derrière) en tant que domaine source. Ainsi pour parler du passé il est courant de dire que le temps est derrière nous, alors que pour parler du futur il est courant de dire que le temps est devant nous. L'emploi de repères spatiaux pour parler du temps nous permet de l'orienter dans l'espace et de lui inférer une direction (Lakoff & Johnsen, 1980).

L'association entre le domaine source et le domaine cible est toutefois partiel puisque seule une partie de leur caractéristiques est associable. En effet, ces domaines (source et cible) possèdent un certain nombre de caractéristiques qui leurs sont propres et qui ne peuvent être associées. Ainsi lorsque le domaine source est associé à la cible, seulement une partie des caractéristiques de la cible seront identifiables. Les caractéristiques non utilisés lors de l'association restent cachés en dehors du processus. Kövecses (1987), illustre ce principe par l'intermédiaire du concept de l'argument (dans le sens de preuve, justification).

-L'argument vu comme conteneur : « votre argument a beaucoup de contenu. Quel est le cœur de votre argumentation ? »

-L'argument vu comme un voyage : « nous allons procéder étape par étape. Nous avons couvert un grand champ de thématique. »

-L'argument vu comme la guerre : « vous avez gagné l'argumentation. Je ne pouvais pas défendre ce point. »

-L'argument vu comme un bâtiment : « vous avez construit un argument solide. Nous avons une bonne base de travail pour mener l'argumentation.»

Chacune de ces métaphores se concentrent sur un certain nombre de caractéristiques de l'argument. La métaphore du conteneur met en évidence le contenu de l'argument. La métaphore du voyage se concentre sur la progression. La métaphore de la guerre est orientée sur l'issue du contrôle de l'argument. Enfin la métaphore du bâtiment renvoie à la construction de la métaphore. Comme nous venons de le voir, une métaphore particulière met en avant certaines caractéristiques, et en cache d'autres. Par exemple la métaphore du conteneur met en évidence le contenu de l'argument, mais pas sa progression, ou son contrôle. Cependant, pour comprendre le concept d'argument, nous ne pouvons pas utiliser seulement la métaphore de la guerre ou du voyage mais l'ensemble des métaphores. Plus largement, pour comprendre un domaine cible, nous avons besoins d'utiliser plusieurs domaines sources, afin de structurer l'ensemble des aspects de la cible (Kövecses, 1987).

Les domaines sources utilisés pour comprendre un domaine cible, correspondent à des représentations dynamiques dépendantes du contexte et de l'expérience de l'individu. Ces représentations sont construites dans la mémoire de travail à partir d'informations génériques et épisodiques récupérées en mémoire à long terme (Carroll & Mack, 1999, Carroll & Thomas, 1982 ; Gibbs, 1996 ; Kövecses, 1987 ; Lee, 2007). Par exemple, peu de gens savent les détails de la conduction électrique. En revanche, la plupart des gens comprennent comment les liquides sont contraints dans les tuyaux, généralement à partir de leur expérience avec les conduites d'eau, des fuites au niveau de la chaudière etc. Cette connaissance sur les liquides serait une métaphore utile pour comprendre le fonctionnement de la conduction électrique (Carroll & Thomas, 1982). Dans certains cas, les représentations récupérées en mémoire à long terme, ne peuvent pas être associées au concept cible (Carroll & Thomas, 1982 ; Carroll & Mack, 1999). Seulement pour produire une métaphore, la présence de similitudes entre les domaines sources et domaines cibles est nécessaire. Si

aucune similarité n'est trouvée, nous ne pouvons pas métaphoriquement utiliser un domaine conceptuel pour en parler d'un autre.

Dans le cas de symboles généraux et culturels conçus sur des métaphores, la compréhension de ces symboles signifie que nous sommes capables de comprendre les métaphores conceptuelles que le symbole peut évoquer. Par exemple dans le cas des jeux vidéo, des objets en forme de cœur sont souvent associés à la vie du personnage. Dans le projet UNIMAP, différents symboles vont être utilisés pour représenter l'incertitude. Dans l'analyse des résultats des expériences qui vont suivre, les métaphores employées par ces symboles pour représenter l'incertitude auront probablement un impact sur les réponses des participants, et devront par conséquent être prises en compte.

2.5. Objectif et principe de la recherche

Dans le cadre de notre étude, nous proposons d'évaluer plusieurs propositions sémiologiques de l'incertitude faites en amont dans le cadre du projet UNIMAP. Ces propositions correspondent à des modes de représentation de chaque type d'incertitude (spatial, attributaire, global en tant que synthèse des incertitudes spatiale et attributaire) selon trois niveaux (fort, moyen, faible) pour des figures ponctuels relatifs à des POI. Ces solutions, que nous présenterons dans la suite du rapport, ont été choisies sur la base des travaux de MacEachren et al. (2012). Dans ce travail, s'agit donc de déterminer les propositions les mieux perçues et les plus intéressantes à afficher pour un utilisateur novice en cartographie et d'en déduire des recommandations cartographiques.

Pour cela, nous avons réalisé une première expérience, dont l'objectif était de déterminer quelle solution sémiologique est la mieux perçue et comprise pour chaque type

d'incertitude. Cette expérience consiste en une tâche à choix forcé où le participant doit sélectionner les symboles avec le niveau de confiance le plus élevé. A l'issue de chacune des passations, des données sont récupérées, telles que les temps de réponses et le nombre de réponses correctes. Ces données permettent de déterminer les propositions à utiliser pour la seconde expérience.

Dans la seconde expérience, il s'agissait de déterminer quel type d'informations sur l'incertitude (spatiale, attributaire, globale) est le plus important à afficher pour l'utilisateur. Les participants étaient enregistrés avec un dictaphone durant la totalité de la passation afin d'enregistrer leur remarques, critiques, mais aussi l'ensemble des entretiens. La procédure comporte trois phases. Dans la première, il est demandé au participant de hiérarchiser les différentes incertitudes en fonctions de leurs préférences lors de la recherche d'un lieu. Dans la seconde phase, cinq cartes consécutives sont montrées à travers l'application cartographique. Sur chacune des cartes, neuf POI sont représentés avec pour chacun, un type d'incertitude particulier. Pour chaque carte, le participant indique à quel point il apprécie l'incertitude représentée à l'aide d'une échelle allant de 0 (pas du tout) à 7 (tout à fait). Il doit également indiquer sur chaque carte un POI où il désire se rendre. Nous lui demandons en parallèle d'expliquer ses choix. Enfin dans la troisième phase, nous demandons au participant si, au lieu de n'avoir qu'une représentation, il ne préférerait pas avoir plusieurs possibilités afin de sélectionner et afficher sur la carte les informations qui l'intéressent effectivement.

La partie suivante présente en détail le protocole expérimental mis en place afin d'identifier les représentations sémiologiques de l'incertitude les mieux perçues, comprises et correspondant au mieux aux attentes d'un public non spécialiste. Il est important de souligner que peu travaux directement liés à cette étude existent dans la littérature, ce qui en

fait une étude exploratoire dans laquelle il n'est pas possible de prédire quelles représentations de l'incertitude devraient être privilégiées a priori.²

Dans la suite, nous allons parler de niveau de confiance (inverse du terme d'incertitude) plutôt que d'incertitude car pour le grand public à qui cette cartographie est destinée en priorité, le terme d'incertitude peut freiner l'envie de consulter l'application tandis que le terme de niveau de confiance peut au contraire davantage inciter le lecteur à visualiser les cartes.

3. Méthodologie pour l'évaluation des modes de représentation de l'incertitude







3.1. Première expérience

Ce test avait pour objectif de déterminer quelle solution sémiologique parmi deux proposées était la mieux perçue et comprise pour représenter chaque type de niveau de confiance (spatial, attributaire, global). Les figures suivantes présentent ces propositions :

Niveau de confiance spatial :

Dans le cas du niveau de confiance spatiale, deux variables visuelles sont à comparer : la taille combinée au flou et la position.

² Cette partie a fait l'objet d'un article en cours d'évaluation au colloque SAGEO (Seccia et al., 2014).

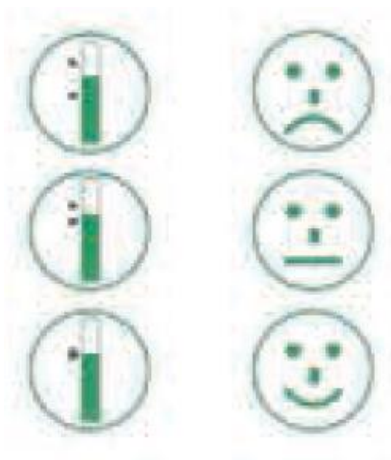
	Taille	Position
Fort		
Moyen		
Faible		

Dans le cas où la localisation du lieu est incertaine, on qualifera le niveau de confiance de faible. Dans le cas où la localisation du lieu est moyennement certaine, on qualifera le niveau de confiance de moyen. Dans le cas où la localisation du lieu est certaine, on qualifera le niveau de confiance de fort

Niveau de confiance attributaire :







Dans le cas du niveau de confiance attributaire, les deux propositions initiales étaient la barre avec un curseur et le smiley (cf. Figure 1).

Figure 1. Barre avec curseur et smiley



L'équipe a ensuite décidé de ne garder que la proposition avec le smiley, la barre avec curseur semblant difficile à comprendre. Après concertation, nous avons convenu de remplacer le smiley par les propositions qui vont suivre. En effet, l'utilisation du smiley nous a semblé problématique au vu de son utilisation courante pour traduire un état émotionnelle ou la qualité d'une entité quelconque. Ainsi pour ne pas induire un sens différent de ce que nous souhaitons nous avons proposé le thermomètre, proposition tirée des travaux de MacEachren, et la fréquence qui a quant à elle été proposée par un membre du projet et accepté par l'ensemble.







Les deux propositions choisies par la suite étaient le Thermomètre et le fréquence

	Thermomètre	Fréquence
Fort		
Moyen		
Faible		

Dans le cas où les informations (adresse, numéro de téléphone, etc.) du lieu sont incertaines, on qualifiera le niveau de confiance de faible. Dans le cas où les informations du lieu sont moyennement certaines, on qualifiera le niveau de confiance de moyen. Dans le cas où les informations du lieu sont certaines, on qualifiera le niveau de confiance de fort.

Niveau de confiance global :

Pour le niveau de confiance global, nous proposons de comparer la valeur et le flou

	Flou	Valeur
Fort		
Moyen		
Faible		

Dans le cas où les caractéristiques du lieu sont incertaines, on qualifiera le niveau de confiance de faible. Dans le cas où les caractéristiques du lieu sont moyennement certaines, on qualifiera le niveau de confiance de moyen. Dans le cas où les caractéristiques du lieu sont certaines, on qualifiera le niveau de confiance de fort.

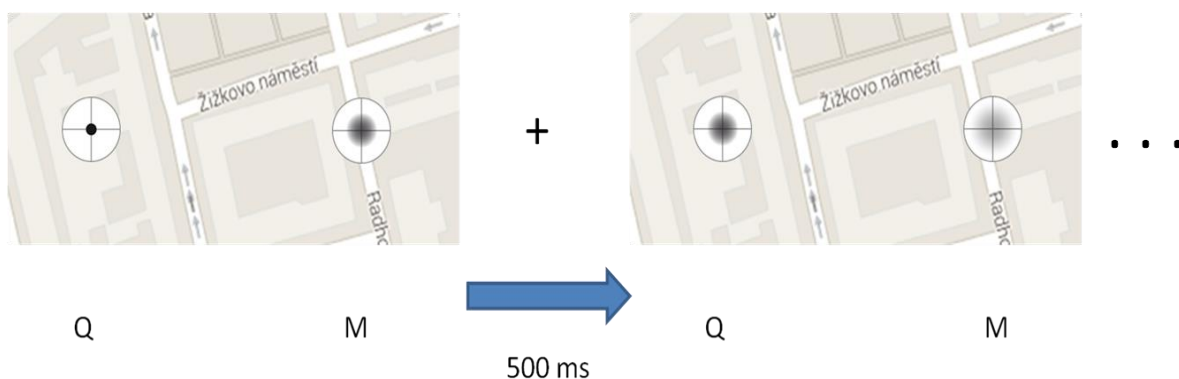
L'objectif était donc de tester, pour chaque proposition, si la logique des symboles était bien comprise et déterminer quelles propositions seraient les plus indiquées pour représenter les incertitudes. Pour cela nous avons créé une procédure avec choix forcé. Le premier test a porté sur 36 participants (N=36) composés de 14 hommes et 22 femmes, âgés de 18 à 30 ans (Moyenne = 21.7 ; EC = 3.39).

3.1.1. Procédure

La procédure de test a été construite à partir du logiciel OpenSesame (<http://osdoc.cogsci.nl/>). Tout d'abord, les participants effectuaient un entraînement afin de

comprendre le principe du test et son déroulement. Le test était composé de six phases, soit une pour chaque proposition. A chaque début de phase, la proposition accompagnée de sa légende, d'explications sur les niveaux de confiance et d'une consigne, était donnée aux participants. Ils avaient pour consigne de choisir à chaque fois, parmi les couples, le symbole avec le niveau de confiance le plus élevé, ceci le plus rapidement possible. Par la suite, on leur présentait successivement les six couples possibles au sein d'une même proposition. Avant l'apparition des couples, une croix de fixation d'une durée de 500ms était présentée. Les symboles étaient disposés de manière symétrique sur l'écran (un à gauche et un à droite). Ils devaient choisir le symbole en fonction de la consigne en appuyant sur la touche « q » pour le symbole de gauche et « m » pour le symbole de droite. Pour passer au couple suivant il fallait obligatoirement appuyer sur une de ces touches (cf. Figure 1). Afin d'éviter un effet d'ordre, les phases et l'ordre de présentation des symboles, ont été contrebalancé entre les groupes et les participants. A chaque fin de passation, les réponses correctes, et les temps de réponses étaient récupérés et enregistrés.

Figure 1. Tâche à choix forcé



3.2. Résultats obtenues

Dans notre expérience, nous avons deux variables dépendantes :

- Le pourcentage de réponse correcte : une réponse correcte correspond au choix du bon symbole dans chaque couple de symbole présenté.

-Le temps réponse (TR) : correspond au temps mis par les participants pour choisir un symbole lors de la présentation des couples.

3.2.1. Pourcentage de réponses correctes

Pour rappel, deux propositions étaient testées pour chaque incertitude. Nous voulions savoir pour chaque incertitude, quelle serait la meilleure proposition. Des tests t ont été réalisés sur les différents couples, où p représente le seuil d'acceptabilité du risque avec un seuil à 5%.

- **Taille vs Position**

L'analyse a révélé un pourcentage de réponses correctes significativement supérieur pour la taille que pour la position, $t(35) = 2,6$, $p = 0,01$ (cf. Figure 1).

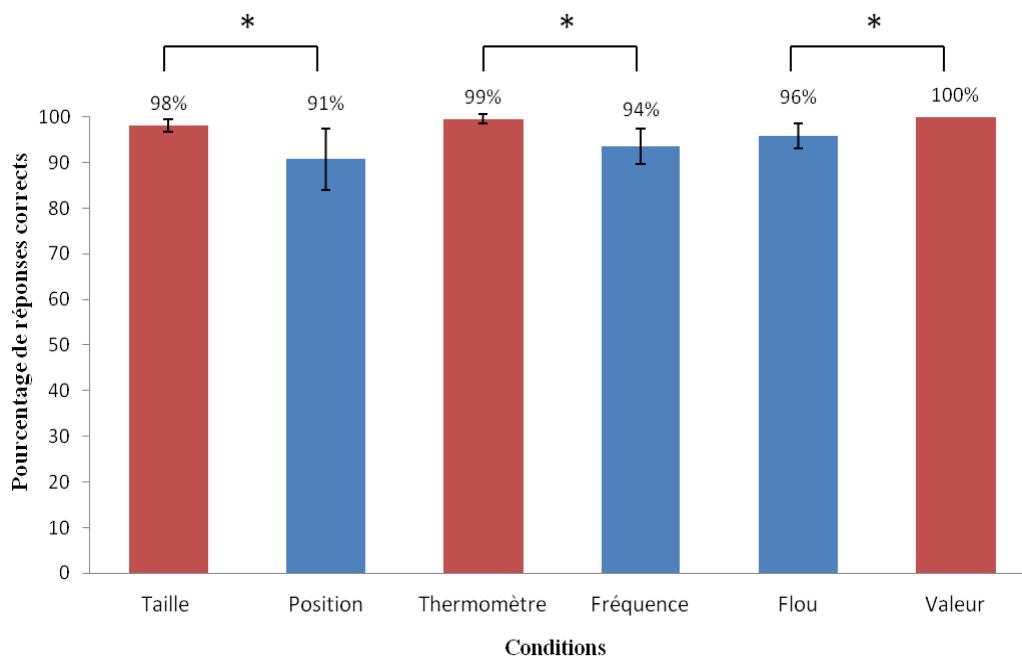
- **Thermomètre vs Fréquence**

L'analyse a révélé un pourcentage de réponses correctes significativement supérieures pour le thermomètre que pour la fréquence, $t(35) = 3,65$, $p < .001$ (cf. Figure 1).

- **Flou vs Valeur**

L'analyse a révélé un pourcentage de réponses correctes significativement supérieures pour la valeur que pour le flou, $t(35) = -2,71$, $p = 0.01$ (cf. Figure 2).

Figure 2. Pourcentage de réponses correctes en fonction des conditions. Les barres d'erreur représentent l'écart-type et * indique une différence significative entre conditions.



3.2.2. Les temps de réponse

Nous voulions savoir pour chaque incertitude, quelle serait la meilleure proposition en fonction du temps de réponse.

- **Taille vs Position**

L'analyse a révélé des temps de réponse significativement supérieurs pour la taille que pour la position, $t(35) = -7,29$, $p < .001$ (cf. Figure 2).

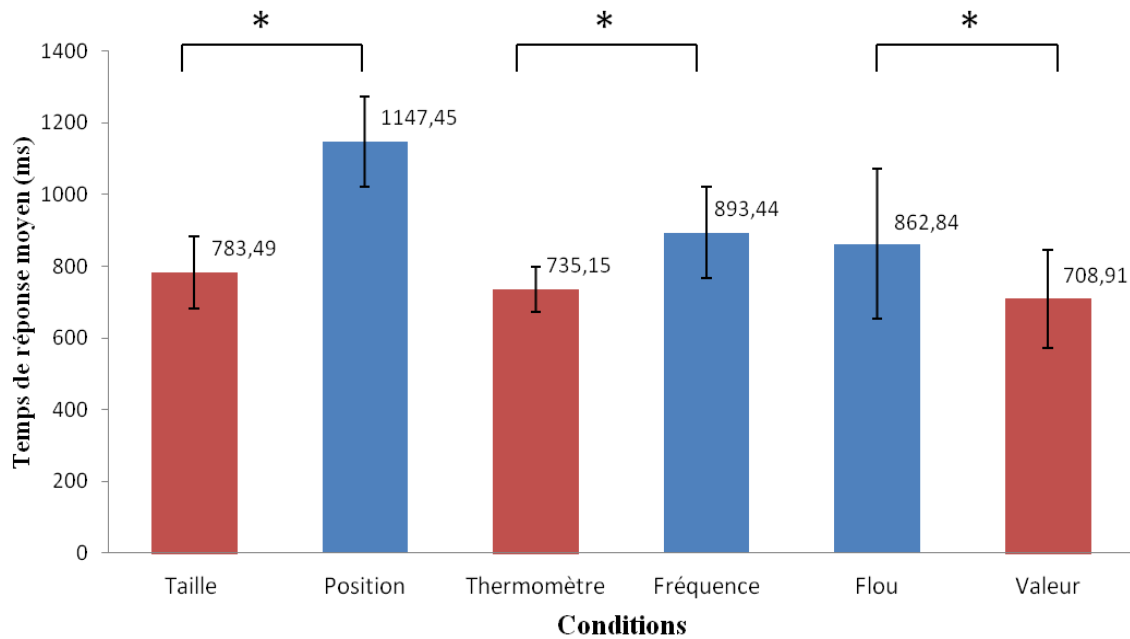
- **Thermomètre vs Fréquence**

L'analyse a révélé des temps de réponse significativement supérieurs pour le thermomètre que pour la fréquence, $t(35) = -3,9$, $p < .001$ (cf. Figure 2).

- **Flou vs Valeur**

L'analyse a révélé des temps de réponse significativement supérieurs pour la valeur que pour le flou, $t(35) = 2,2$, $p = .03$ (cf. Figure 3).

Figure 3. Temps de réponse moyen en fonction des conditions. Les barres d'erreur représentent l'écart-type et * indique une différence significative entre conditions.



3.3. Discussion des résultats

L'objectif de cette expérience était de déterminer quelle solution sémiologique était la mieux perçue et comprise pour chaque type d'incertitude. L'utilisation d'une procédure à choix forcé nous a permis de récupérer le pourcentage de réponses correctes des participants et leur temps de réponse. En raison du nombre limité de travaux sur lesquels nous avons pu nous appuyer, les résultats ne pourront faire l'objet de comparaison à des travaux antérieurs.

Nous allons examiner dans un premier temps, les résultats des conditions « Taille » vs « Position », ensuite « Thermomètre » vs « Fréquence » et enfin « Flou » vs « Valeur ». Aux travers de ces résultats, nous avons pu déterminer les propositions les plus adéquates pour représenter les trois types d'incertitudes.

3.3.1. « Taille » vs « Position »

Cette première expérience a montré une préférence pour la taille par rapport à la position, que ce soit à partir des pourcentages de réponses correctes ou des temps de réponses. Ce résultat pourrait être expliqué par la conception et la perception des deux symboles. Dans le cas de la taille et du flou combinés, il s'agit d'un point, qui devient une tache de plus en plus large et diffus au fur et à mesure que l'information est imprécise. Quant à la position, il s'agit d'un point se déplaçant dans le quart supérieur gauche du cadran du symbole. La distinction entre les taches pour la taille est possiblement plus évidente et plus rapide à percevoir. De plus, d'après les variables visuelles de Bertin (1967), la taille permettrait de percevoir les quantités ou les rapports de proportionnalité et serait facilement perçue. Au niveau de la position, le point se déplaçant dans le cadran, se déplace sur une distance très courte. Cette distance courte entre les points, a pu entraîner des erreurs d'identification pouvant amener à choisir un symbole avec un niveau de confiance plus faible. Par conséquent, pour éviter les erreurs, un temps plus long a dû être nécessaire pour distinguer les distances.

3.3.2. « Thermomètre » vs « Fréquence »

Le deuxième résultat révélé par cette expérience est une préférence pour le thermomètre par rapport à la fréquence, exprimée aussi bien dans les pourcentages de réponses correctes que dans les temps de réponses. Pour des raisons équivalentes à celles évoquées plus haut, il est probable que les performances moins bonnes des participants pour la fréquence soient dues aux différents symboles représentant chaque niveau de confiance.

Alors que le thermomètre utilise la jauge où le niveau est variable et précis en fonction de la confiance, la fréquence utilise une courbe dont l'amplitude est faible pour le plus fort et augmente de plus en plus lorsque le niveau de confiance diminue. Il est probable que la métaphore suggérée par le thermomètre soit plus facilement compréhensible et identifiable. En effet le passage d'un symbole à l'autre, implique la notion de jauge qui monte pour une température plus élevée. De plus, une température élevée peut être associée à la précision, ce qui correspond au niveau de confiance le plus fort. L'association entre les niveaux de confiances et les connaissances liées au thermomètre ont pu faciliter le choix. Quant à la fréquence, la métaphore suggérée a vraisemblablement été mal identifiée, ou a pu paraître trop abstraite.

3.3.3. « Flou » vs « Valeur »

Le troisième résultat a révélé une préférence pour la valeur par rapport au flou, que ce soit au niveau des pourcentages de réponses correctes que dans les temps de réponses. D'après Näsänen et Ojanpää (2003), la diminution de la netteté d'une icône entraînerait des temps de fixation plus longs. Cela pourrait expliquer en partie les performances des temps de réponses. Concernant la valeur, Bertin (1967) indique, qu'elle est une variable propice pour distinguer les rapports d'ordre. En effet, la valeur ne permettrait pas de quantifier ou de dénombrer une entité, mais la variation des niveaux de gris au sein des symboles permet de savoir quel symbole représente une quantité plus importante ou moins importante par rapport à un autre. En outre, plus la différence entre deux seuils de niveaux de gris serait importante, plus les performances de recherches seraient élevées (Näsänen et al., 2001). Par conséquent les seuils associés aux différents niveaux de confiance devaient être assez distincts pour permettre une détection rapide et efficace du niveau le plus fort. Ceci expliquerait les

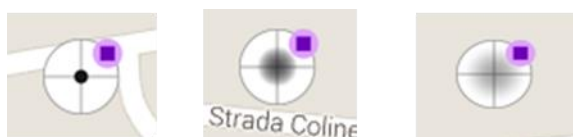
performances plus élevées pour les temps de réponse, ainsi que le score maximum obtenu pour les nombres de réponses correctes.

3.4. Deuxième expérience

La deuxième expérience avait pour objectif de déterminer quel type d'information sur l'incertitude serait le plus intéressant à afficher pour l'utilisateur de l'application. Est-ce l'incertitude spatiale, attributive ou globale ? Contrairement au test précédent pour lequel les données recueillies sont quantitatives, ici nous souhaitons obtenir des données plus qualitatives en invitant les participants à décrire oralement leurs actions, avis et questionnements, enregistrés sous format audio à l'aide d'un dictaphone. Le test a porté sur 25 participants (N=25) composés de 14 hommes et 11 femmes, âgés de 22 à 59 ans (Moyenne = 27.8 ; EC = 9.11). Les participants ont pu manipuler l'application UNIMAP, dans une version mise à jour exclusivement pour l'expérience. Cette version contenait cinq cartes avec sur chacune d'elles une proposition spécifique. Ces cinq propositions étaient composées des symboles qui se sont révélés les plus efficaces dans la première expérience. Pour éviter tout biais lié à une connaissance préalable de l'espace, nous avons délibérément choisi la ville de Bucarest et vérifié avant les passations que les participants ne connaissaient pas la ville.

Voici un aperçu des différentes propositions conçu pour l'application :

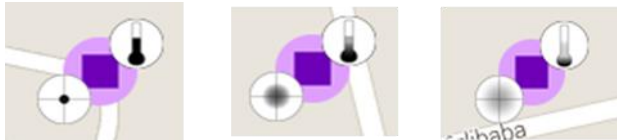
Proposition 1 : incertitude spatiale



Proposition 2 : incertitude attributaire



Proposition 3 : incertitude spatiale et attributaire



Proposition 4 : incertitude globale



Proposition 5 : incertitude globale avec spatiale et attributaire



Remarque :

-Les symboles font référence à des POI quelconque (les processus de choix pouvant varier entre un hôtel et un restaurant)

-Les trois symboles représentent respectivement de gauche à droite les niveaux de confiance : fort, moyen et faible.

-Le figuré violet dans la proposition 3 n'indique aucunement l'incertitude globale à l'instar de la proposition 4 et 5. Il indique seulement la présence d'un lieu.

-Dans le cas des propositions 1, 2 et 4, une info-bulle était disponible lorsque le participant cliquait sur le POI souhaité (cf. Annexe B). Dans la proposition 1, l'info-bulle indiquait l'incertitude attributaire. Dans la proposition 3, l'info-bulle indiquait l'incertitude spatiale. Dans la proposition 4, l'info-bulle indiquait l'incertitude spatiale et attributaire.

-Les cartes étaient composées non pas de trois symboles mais de neuf. En effet, neuf symboles étaient possibles en combinant tous les niveaux de confiance.

3.4.1. Procédure

L'expérience s'est déroulée en trois phases.

Phase 1 :

Tous d'abord, les participants étaient informés qu'ils étaient enregistrés via un dictaphone et qu'ils pouvaient à tout moment intervenir, faire des remarques, sur l'activité en cours. Ensuite, il était demandé aux participants de lire les explications concernant les trois types d'incertitudes (Spatiale, attributaire et globale), et les trois niveaux de confiance (faible, moyen, fort), ainsi que la consigne. Ils devaient ensuite hiérarchiser les incertitudes en fonction de leurs préférences. Pour ce faire, les utilisateurs avaient la possibilité de les classer à des niveaux différents ou équivalents (exemple : incertitude spatiale en premier et attributaire en deuxième ou incertitude spatiale et attributaire en premier). Ils avaient aussi la possibilité de délaisser certaines des propositions pour n'en choisir qu'une ou deux. Avant

que les participants n'appliquent la consigne, il était vérifié que les explications sur les incertitudes et la consigne étaient bien compris.

Phase 2 :

Dans cette phase, cinq cartes successives étaient présentées aux participants via l'application cartographique interactive. Chacune de ces cartes contenait une proposition composée de neuf POI. Pour chacune de ces propositions, les participants devaient indiquer à quel point ils appréciaient l'incertitude représentée, à l'aide d'une échelle allant de 0 (Pas du tout) à 7 (Tout à fait). Ils devaient également spécifier un POI, parmi les neuf, auquel ils auraient voulu se rendre. Une fois la totalité des cartes vues, un récapitulatif des différentes cartes leur était montré, et ils devaient choisir la proposition parmi les cinq, qui leur semblait la plus intéressante, en justifiant leur choix, pour l'utilisation de l'application. Il leur était ensuite demandé d'expliquer les stratégies qu'ils avaient employées pour sélectionner les POI sur chaque carte. Enfin, le choix donné en phase 1 (hiérarchisation) et le choix de la représentation en phase 2 étaient comparés avec les participants, afin de contrôler si les deux choix correspondaient ou non tout en leur demandant de justifier le choix différent ou non. Les cartes ont été contrebalancées pour éviter un effet d'ordre, et les lieux placés différemment sur chacune des cartes pour éviter un effet d'apprentissage.

Phase 3 :

Dans cette troisième et dernière phase, il était demandé aux participants s'ils préféreraient que l'application leur propose le choix des informations à afficher, c'est-à-dire qu'ils auraient la liberté de sélectionner l'incertitude à afficher. Ils pourraient par exemple, afficher l'incertitude globale, puis ajouter l'incertitude spatiale, puis enlever l'incertitude

globale et mettre l'incertitude attributaire. Dans le cas où les participants disaient préférer avoir le choix, ils devaient indiquer quelle proposition par défaut, au lancement de l'application, ils désiraient avoir.

3.5. Résultats obtenus

Pour la seconde expérience, le test du khi deux d'adéquation de Pearson a été employé dans la phase 1 et 3 afin de vérifier que les réponses n'étaient pas uniformément réparties sur les différentes propositions. En phase 2, une ANOVA selon le plan $S_{25} \times A_5$ où A représente le facteur à mesures répétées « proposition » à cinq modalités (« Attributaire », « Spatial », « Spa/Attr », « Globale », Glob/Spat/Attr »). Suite à cette ANOVA des tests t de Student à mesures répétées ont été réalisés afin de comparer les propositions. Pour chaque type de calcul, p représente le seuil d'acceptabilité du risque avec un seuil à 5%.

3.5.1. Phase 1

Les participants hiérarchisaient les incertitudes en fonctions de leur préférence. Un khi deux a été réalisé pour évaluer quel type de niveau de confiance est placé en première position donc apparaît comme essentiel au regard des autres types. L'analyse montre que les choix des participants ne sont pas équitablement répartis sur les différentes propositions ($\chi^2(4) = 20,8, p < 0,01$). Le tableau 1 montre que les participants ont plus souvent placé en premier l'incertitude spatiale, puis l'incertitude globale.

Tableau 1. Nombre de fois où les incertitudes ont été placées en première position

Phase 1	Première position
Spatiale	13
Attributaire	1
Globale	7
Spatiale/Attributaire	3
Spatiale/ Globale	1

Un khi deux a été réalisé sur la répartition des incertitudes placées en deuxième position par les participants (cf. Tableau 2). L'analyse ne montre aucun effet significatif ($\chi^2(4) = 0,22, p = 0,9$).

Tableau 2. Nombre de sélection en deuxième position pour les différentes incertitudes

Phase 1	Deuxième position
Spatiale	4
Attributaire	8
Globale	4
Attributaire/Globale	1

3.5.2. Phase 2

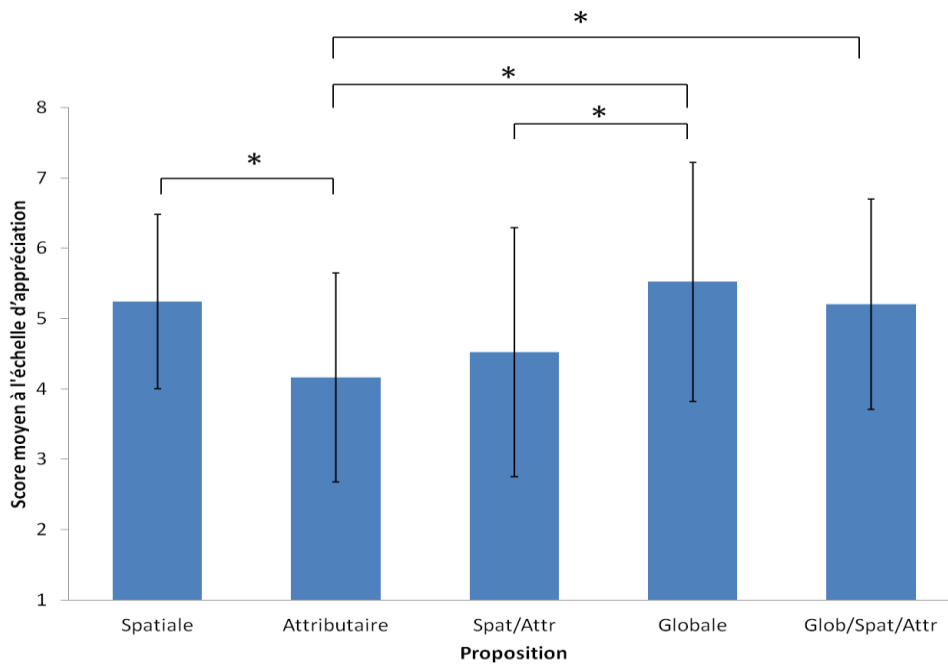
Lors de l'utilisation de l'application les participants ont utilisé une échelle d'appréciation allant de 1 à 7 pour noter les propositions. Les données récupérées ont été soumises à une ANOVA à mesures répétées qui a révélé un effet significatif du type de proposition, $F(4, 124) = 3,19, p = 0,016$. Les moyennes et écarts-types moyens des propositions sont affichés dans le tableau 3.

Tableau 3. Appréciations moyennes et écarts-types en fonction des propositions.

	Spatiale	Attributaire	Spa/Attr	Globale	Globale/Spa/Attr
Moyenne	5,24	4,16	4,52	5,52	5,2
Ecart-type	1,24	1,49	1,77	1,70	1,50

Suite à l'ANOVA, des tests *t* ont été réalisés pour comparer chaque proposition. Les résultats sont répertoriés dans le tableau 4 (cf. Annexe C). Les résultats significatifs sont illustrés dans la figure 7.

Figure 7. Score moyen à l'échelle d'appréciation en fonction de la proposition



Comme le montre la figure, il semble que les incertitudes spatiale et globale soient les plus appréciées et que le fait de rajouter de l'attributaire n'augmente pas les préférences, ni le fait de présenter ensemble les incertitudes spatiale et globale.

Après avoir vu les cinq cartes, les participants devaient choisir la proposition parmi les cinq, qu'ils trouvaient la plus intéressante. Un khi deux a été réalisé sur la répartition des propositions préférées par les participants. Un effet tendanciel a été trouvé ($\chi^2(4) = 117,64$, $p = .056$)

Tableau 5. Nombre fois où les propositions ont été préférées par les participants

Phase 2	Propositions préférées
Proposition 1	7
Proposition 2	0
Proposition 3	4
Proposition 4	9
Proposition 5	5

Après avoir choisi un POI sur chaque carte les participants étaient amenés à expliquer leurs stratégies pour réaliser ces choix. Cinq catégories ont pu émerger de ces stratégies, à savoir : Meilleure précision pour toutes les informations ; Précision spatiale ; Précision attributaire ; Fond de carte ; Autres. Un khi deux a été appliqué sur les stratégies. Un résultat significatif a été obtenu ($\chi^2(4) = 117,64$, $p < 0,01$).

Tableau 6. Nombre fois où des POI ont été sélectionnés en fonction des stratégies

Phase 2	POI sélectionnés
Meilleure précision pour toutes les informations	74
Précision spatiale	17
Précision attributaire	11
Fond de carte	14
Autres	9

3.5.3. Phase 3

Dans la dernière phase, il était demandé aux participants s'ils préféreraient que l'application leur propose le choix des informations à afficher. Sur 25 participants, 19 ont préféré avoir le choix, soit un total de 76%. Un test du khi deux a montré que ce choix correspond à significativement plus de la moitié des participants, ($\chi^2(1) = 6,76, p < 0,01$). Les participants devaient ensuite choisir la proposition qu'ils souhaiteraient avoir par défaut. Le khi deux nécessitant des effectifs théorique au moins égales à cinq, les propositions 1, 2 et 3, correspondant aux conditions « Spatiale », « Attributaire », « Spat/Attr » ont été regroupées. Aucun effet significatif n'a été observé.

3.6. Discussion des résultats

La deuxième expérience avait pour objectif de déterminer quel type d'information sur l'incertitude est le plus important à afficher pour l'utilisateur de l'application. Les choix, appréciations et remarques des participants dans les trois phases de la procédure, nous ont permis de récupérer des données objectives et subjectives, sur les préférences des participants. Il va être question dans cette partie d'interpréter ces résultats en faisant des liens entre ces différentes données. Les résultats vont être analysés dans l'ordre de passation de chaque phase.

3.6.1. Phase 1 : hiérarchisation de l'incertitude

Concernant l'incertitude désignée en première position par les participants, l'analyse a montré une hiérarchisation des incertitudes. Ainsi, 52% des participants ont choisi l'incertitude spatiale comme étant la plus importante. Bien qu'il ne leur soit pas demandé directement, trois participants ont mentionné le fait que la localisation est pour eux le plus

important lors de la recherche d'un lieu. La localisation semblerait donc l'information privilégiée lors de la recherche d'un lieu. Cependant les incertitudes placées en seconde position ne semblent hiérarchisées en fonction de préférence particulière.

3.6.2. Phase 2 : Choix de la proposition, stratégie et comparaison de choix

En appliquant une ANOVA sur les réponses à l'échelle d'appréciation un résultat significatif a été trouvé. Cet effet serait en faveur de la condition « Globale » (ou incertitude globale seule). En appliquant des tests *t*, il semblerait que l'incertitude spatiale et globale soit les plus appréciées. Toutefois, l'ajout de l'attributaire ou le fait de présenter ensemble les incertitudes spatiale et globale n'augmente pas les préférences.

Les préférences des participants :

Condition « Globale » : Les participants ayant choisi la condition « Globale » ont rapporté que la proposition était un bon compromis étant donné qu'elle était visuellement « pas trop chargée » et que toutes les informations étaient disponibles lorsque l'on cliquait sur l'info-bulle.

Condition « Spatiale » : En lien avec la phase 1, beaucoup de participants ont choisi cette proposition car pour eux c'est la localisation qui prime avant tout. Malgré cette préférence importante pour la localisation, deux participants ont tout de même expliqué qu'il était intéressant d'avoir accès à l'incertitude attributaire en info-bulle.

Condition « Glo/Spat/Attr » : Tous les participants ayant choisi cette proposition ont mentionné l'intérêt d'avoir un accès immédiat à toutes les informations. Mais le cumul des informations ne correspond pas forcément à un cumul des satisfactions. Cette proposition n'est donc pas plus souvent choisie que les incertitudes spatiales ou globale seules.

Condition « Spat/Attr » : Le choix de cette proposition a principalement été justifié par le fait qu'elle présentait les incertitudes spatiale et attributaire en même temps.

Condition « Attr » : Aucun participant n'a choisi cette proposition.

Durant la phase 2, les participants ont dû choisir un POI sur chacune des cartes, puis nous leur demandons leur stratégies de lecture. Le résultat qui va nous intéresser ici, indique que 60% des participants ont déclaré choisir les lieux en fonctions de la précision de toutes les informations. Le résultat significatif du khi deux a permis de montré que les POI étaient choisis en fonctions de stratégies particulières. La stratégie la plus utilisée était de choisir les lieux avec les niveaux de confiance les plus élevés pour toutes les incertitudes. La précision spatiale était la seconde stratégie la plus évoquée. Ces résultats permettent de dire que les participants n'ont pas choisi aux hasards les POI, et que les différentes propositions et niveaux de confiance étaient dans l'ensemble bien compris. On peut noter que certains participants ayant déclaré choisir les POI les plus précis ont quelque fois choisi un POI avec une valeur moyenne. Cela peut sûrement s'expliquer par une mauvaise lecture des POI puisque leur taille était plus petite que dans l'expérience 1 (cf. Annexe D). En effet, lorsque les symboles rétrécissent, les détails fins aussi, ce qui entraine une baisse des performances de recherches (Lindberg & Näsänen, 2003). Il est aussi intéressant de noter que certains participants ont pris en compte le fond de carte pour choisir le POI. En effet, parfois ils préféraient choisir un POI proche des transports, des grands axes ou des espaces verts, même si cela impliquait que le POI ait un niveau de confiance moins élevé.

La hiérarchisation faite en phase 1 était ensuite comparée avec le choix fait en phase 2 afin de vérifier si les participants faisaient des choix similaires ou différents et pourquoi.

Dix-neuf participants, soit 76%, ont opté pour un choix différent en phase 2 par rapport à la phase 1. Les raisons évoquées étaient notamment liées à l'utilisation de l'application. Effectivement, naviguer sur l'application leur permettait d'avoir une idée de la manière dont les informations étaient représentées graphiquement et spatialement sur la carte. La manière dont le symbole est représenté graphiquement semble être importante car si le participant est visuellement insatisfait par le symbole, cela peut l'amener à faire un choix différent. Ainsi, certains participants ont expliqué leur différence de choix par la surcharge d'information, ou mentionné un symbole plus attrayant.

3.6.3. Phase 3 : Choix de l'information ?

L'analyse a montré une préférence pour le choix des informations à afficher. Ainsi 76% des participants ont préféré un système avec choix. L'argument principal avancé par les participants était que selon le besoin, selon le type de recherche souhaité, selon les préférences de chacun, la possibilité d'avoir le choix permettrait de répondre au mieux aux attentes des personnes utilisant l'application. Toutefois, le résultat non significatif au khi deux pour la proposition par défaut ne nous permet pas de déterminer quelle proposition est la plus indiquée pour être présentée par défaut.

3.7. Synthèse des résultats

Ici, nous allons présenter une synthèse des résultats obtenus lors du deuxième test. Ceux-ci peuvent aider à émettre des premières recommandations cartographiques ou proposer des nouveaux tests pour aller plus loin dans l'obtention de résultats probants.

3.7.1. Incertitude spatiale vs attributaire

Dans la phase 1, l'incertitude spatiale s'est avérée être préférée par 56% des participants, déclarant que lors de la recherche d'un lieu, la localisation de ce dernier était pour eux l'information la plus importante. La phase 2 a conforté ce résultat avec le deuxième score le plus élevé à l'échelle d'appréciation. Selon, Jansen et al. (2008), les informations liées à la localisation géographique représenteraient près de la moitié des requêtes lors de recherches liées à un voyage, alors que les informations plus générales, ne seraient que de 10%. De la sorte, le crédit apporté à la localisation et les résultats des deux premières phases, suggèrent que l'incertitude spatiale est une donnée importante à indiquer à l'utilisateur. Quant à l'incertitude attributaire, cette information étant moins souvent sélectionnée ou mentionnée, elle serait moins importante pour les participants. Néanmoins, l'incertitude attributaire est incluse dans l'incertitude globale, qui a de meilleurs résultats. Il est donc probable que cette incertitude soit dans une certaine mesure, intéressante pour les participants, mais plutôt de manière complémentaire à la localisation.

3.7.2. Incertitude globale

Dans la phase 2, il a été observé une préférence pour l'incertitude globale seule. Cependant, lors de la notation des propositions, aucune différence significative n'a été trouvée entre l'incertitude globale avec l'indication sur incertitude spatiale et attributaire, et l'incertitude globale seule. Les différences liées à leur représentation graphique respective, pourraient déterminer l'incertitude la plus recommandée. Effectivement, nous avons vu que dans le cas où l'incertitude globale était représentée avec l'incertitude spatiale et attributaire, la préférence n'était pas meilleure que l'incertitude globale seule. De plus, le principal argument pour le choix de l'incertitude globale seule était une représentation moins chargée. Rappelons aussi que lors du test, seulement neuf POI étaient représentés. Mais lorsque

l'application sera terminé, beaucoup plus de POI seront représentés sur la carte, et si l'incertitude globale avec l'indication sur l'incertitude spatiale et attributaire venait à être à être représentée, il est probable qu'elle surchargerait l'utilisateur d'informations. Or, Büyüközkan et Ergün (2011), précisent qu'une quantité importante d'information lors de la recherche d'une destination, pourrait irriter l'utilisateur. Lindberg et Näsänen (2003), font une remarque similaire, en préconisant de ne pas encombrer les interfaces avec trop de symboles, car cela pourrait devenir oppressant pour l'utilisateur. De surcroît, l'utilisation d'une info-bulle pour donner les informations complémentaires, serait conseillée (Arnaud & Davoine, 2012 ; Celentano & Pittarello, 2012). De ce fait, l'incertitude globale seule, semblerait plus indiquée que l'incertitude globale accompagnée de l'incertitude spatiale et attributaire.

3.7.3. Choix de l'information

Les résultats ont montré une préférence pour le choix des informations à afficher. La préférence pour le choix, a souvent été caractérisée par les participants comme étant un bon compromis pour le type de recherche souhaité. De plus, le choix permettrait de résoudre en partie, une des limites de notre expérience, qui était de baser notre étude sur des POI quelconque. En effet, lors d'une recherche réelle, ces POI seront des lieux bien précis (restaurants, hôtels, parcs etc.), avec des caractéristiques particulières et des attentes particulières de la part des utilisateurs. C'est pourquoi, trois participants en phase 1 ont déclaré « que cela dépendait » lorsque nous leur demandions de hiérarchiser l'incertitude. C'est aussi le principal argument mentionné lors de la phase 3 pour la préférence pour le choix. Les recherches pouvant être de nature très diverses, selon les envies, attentes et contraintes de l'utilisateur, laisser le choix semblerait être la méthode la plus appropriée pour la recherche de POI. La pertinence de l'utilisation d'une incertitude va donc varier en

fonction de la tâche ou de la décision à prendre. De plus, parmi les différentes méthodes de visualisation de l'incertitude abordée dans la littérature, les utilisateurs auraient besoin d'avoir un contrôle sur les représentations de l'incertitude (MacEachren et al., 2005). Cependant, les cas abordés dans la littérature se concentraient sur des applications plus professionnelles, il serait donc intéressant d'après nos résultats, d'appliquer ce choix pour une application représentant l'incertitude mais à visé touristique. Enfin, nos résultats n'ont pas montré de préférences pour une proposition à mettre par défaut. Cependant au vu des résultats dans les phases précédentes, il est possible que l'incertitude globale seule convienne comme représentation par défaut.

4. Conclusion et premières recommandations

La première conclusion que nous pouvons faire, est que la représentation de l'incertitude par des symboles graphiques doit répondre à des contraintes perceptives et conceptuelles, c'est-à-dire, que ces symboles doivent être à la fois identifiables, discriminables, et la métaphore utilisée pour représenter le symbole doit être facilement compréhensible par les utilisateurs (MacEachren, 2012 ; Yan, 2011). Parmi les conditions testées, la taille, le thermomètre et la valeur, ont entraîné de meilleurs résultats, indiquant ainsi qu'ils correspondraient mieux aux contraintes de conceptions mais aussi qu'ils seraient plus efficaces pour représenter les différentes incertitudes.

La seconde conclusion est que les incertitudes spatiales et globales seules seraient les plus indiquées pour la recherche de POI. Bien qu'on ne puisse distinguer significativement les résultats de l'incertitude spatiale et l'incertitude globale, cette dernière possédant les résultats les plus élevés seraient probablement préféré. Ce choix serait justifié par deux caractéristiques indissociables. D'abord, l'accès à la totalité des informations. Puis, l'accès

aux informations complémentaire se faisant par info-bulle, permet de ne pas surcharger visuellement l'interface. Ainsi, dans le cas où l'interface proposerait une représentation prédéfinie, la proposition avec l'incertitude globale seule pourrait être la plus efficace pour l'utilisation de l'application.

La dernière conclusion se rapporte à la préférence du choix de l'incertitude à afficher. Le choix paraîtrait comme pertinent pour l'utilisation de l'application, étant donné que les utilisateurs n'auront pas les mêmes attentes vis-à-vis des informations souhaitées. Le choix pourrait donc être la solution pour répondre aux souhaits du plus grand nombre. Concernant la proposition par défaut, si l'on considère l'ensemble des résultats alors l'incertitude globale seule pourrait être la plus recommandée.

5. Ouverture

Nos résultats ont permis de tirer des conclusions en faveur de l'incertitude spatiale et globale seule, avec une légère préférence pour le globale. Cependant cette préférence demanderait à être renforcée dans des travaux ultérieurs. Il serait intéressant de tester à nouveau ces deux propositions, en y intégrant un scénario proche de l'utilisation courante de ce type d'application, afin d'observer dans des conditions plus écologiques, quelle incertitude se distinguerait le plus. De plus, le choix semblait important pour les participants. Il serait judicieux de tester le choix, mais cette fois-ci avec une interface laissant cette possibilité, pour que l'utilisateur puisse manipuler l'interface et ainsi confirmer ou non la préférence pour le choix. Il serait approprié de demander par la suite aux participants s'ils souhaiteraient que la proposition par défaut corresponde à une proposition qu'il aurait choisie lui, et non une proposition choisie par le développeur. Cela permettrait à chaque utilisateur d'avoir sa propre proposition par défaut. Enfin, pour nos expériences nous avons

testé des POI quelconques. Il serait intéressant de tester des POI particuliers (restaurants, hôtels, parcs), en utilisant l'incertitude spatiale, globale seule et le choix afin de déterminer si une incertitude particulière est préférée (ou bien le choix) selon le type de POI.

Dans une autre partie, la prise de décision pourrait être évaluée, afin d'observer l'influence de l'incertitude sur l'utilisation de l'application. En effet, il a été admis que l'incertitude affecte la prise de décision (Cliburn et al., 2002 ; MacEachren, 2005). La représentation de l'incertitude permettrait d'aider la prise de décision, mais pourrait aussi conduire à de mauvaises interprétations (Evans et al., 1999 ; Leitner & Buttenfield, 2000 ; MacEachren, 2005). Cette vérification pourrait être nécessaire car dans le cas où l'incertitude serait mal interprétée, cela pourrait avoir des conséquences sur l'intérêt et la fréquentation des POI. Effectivement, si par exemple l'incertitude venait à être considérée comme un gage de qualité plutôt qu'une information sur les données, alors cela pourrait se répercuter sur les lieux. Dans le cas de la localisation, même si l'incertitude était comprise comme il se doit, elle pourrait influencer les choix, en préférant des POI plus précis pour ne pas avoir à chercher. Une vérification serait donc nécessaire ainsi qu'une explication précise sur ce qu'est l'incertitude et ce qu'elle représente.

Références

- Arnaud, A., Davoine, P.A. (2012) Approche cartographique et géovisualisation pour la représentation de l'incertitude. SAGEO, Paris
- Barthes, R. (1967). Éléments de sémiologie. *Communications*, 4(1), 91- 135.
doi:10.3406/comm.1964.1029
- Beguïn M., Pumain D. (1994). *La représentation des données géographiques*. Coll. Cursus. Paris: Colin, 192p
- Bertin, J.M. (1967). Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes. *Archives de sociologie des religions*, 26(1), 176- 177.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75(1), 1- 28.
- Büyüközkan, G., & Ergün, B. (2011). Intelligent system applications in electronic tourism. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6586- 6598.
doi:10.1016/j.eswa.2010.11.080
- Carroll, J. M., & Mack, R. L. (1999). Metaphor, computing systems, and active learning. *International Journal of Human-Computer Studies*, 51(2), 385- 403.
doi:10.1006/ijhc.1984.0316
- Carroll, J. M., & Thomas, J. C. (1982). Metaphor and the Cognitive Representation of Computing Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 12(2), 107- 116. doi:10.1109/TSMC.1982.4308795
- Cauvin, C. (2007). *Cartographie thématique : Tome 1, Une nouvelle démarche*. Paris: Hermes Science Publications.
- Celentano, A., & Pittarello, F. (2012). From real to metaphoric maps: Cartography as a visual language for organizing and sharing knowledge. *Journal of Visual Languages & Computing*, 23(2), 63- 77. doi:10.1016/j.jvlc.2011.11.004

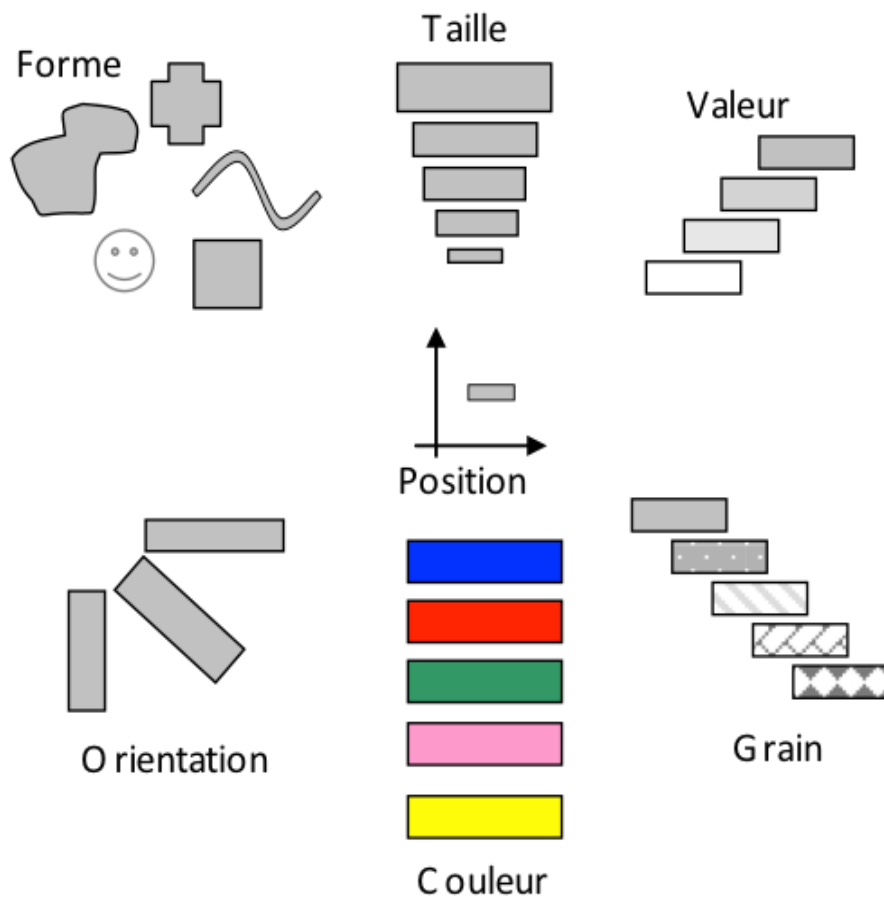
- Cliburn, D. C., Feddema, J. J., Miller, J. R., & Slocum, T. A. (2002). Design and evaluation of a decision support system in a water balance application. *Computers & Graphics*, 26(6), 931- 949. doi:10.1016/S0097-8493(02)00181-4
- Du, Q. (2011). How can theoretical cartography contribute to giscience: a philosophy perspective
- Elzakker, V., & P.j.m, C. (2000). Use and Users of Maps on the Web. *Cartographic Perspectives*, 0(37), 34- 50. doi:10.14714/CP37.808
- Evans, B. J. (1997). Dynamic display of spatial data-reliability: Does it benefit the map user? *Computers & Geosciences*, 23(4), 409- 422. doi:10.1016/S0098-3004(97)00011-3
- Gahegan, M., & Ehlers, M. (2000). A framework for the modelling of uncertainty between remote sensing and geographic information systems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55(3), 176- 188. doi:10.1016/S0924-2716(00)00018-6
- Gibbs, R.W. (1996). Why many concepts are metaphorical. *Cognition*, 61(3), 309- 319.
- Gittins, D. (1986). Icon-based human-computer interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 24(6), 519- 543. doi:10.1016/S0020-7373(86)80007-4
- Hunter, G.J., & Goodchild, M.F. (1993) Managing uncertainty in spatial databases: Putting theory into practice. *Journal of Urban and Regional Information Systems Association*. 5(2): p. 55-62.
- Jansen, B. J., Ciamacca, C. C., & Spink, A. (2008). An analysis of travel information searching on the web. *Information Technology & Tourism*, 10(2), 101–118. doi:10.3727/109830508784913121
- Joliveau, T. (2011). Le géoweb, un nouveau défi pour les bases de données géographiques. *L'Espace géographique*, Tome 40(2), 154- 163.
- Kovecses, Z. (1987). *Metaphor: A Practical Introduction*. Oxford University Press.

- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press.
- Leitner, M., & Buttenfield, B. P. (2000). Guidelines for the Display of Attribute Certainty. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(1), 3- 14.
doi:10.1559/152304000783548037
- Lindberg, T., & Näsänen, R. (2003). The effect of icon spacing and size on the speed of icon processing in the human visual system. *Displays*, 24(3), 111- 120.
doi:10.1016/S0141-9382(03)00035-0
- Maceachren, A. M. (2001). An evolving cognitive-semiotic approach to geographic visualization and knowledge construction. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19, 197–200.
- MacEachren, A. M. (1992). Visualizing Uncertain Information. *Cartographic Perspectives*, 0(13), 10- 19.
- Maceachren, A. M., Robinson, A., Gardner, S., Murray, R., Gahegan, M., & Hetzler, E. (2005). Visualizing geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know. *Cartography and Geographic Information Science*, 32, 160.
- MacEachren, A. M., Roth, R. E., O'Brien, J., Li, B., Swingley, D., & Gahegan, M. (2012). Visual Semiotics and Uncertainty Visualization: An Empirical Study. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2496- 2505.
doi:10.1109/TVCG.2012.279
- Morrison, J.L.(1974). A theoretical framework for cartographic generalization with the emphasis on the process of symbolization. *International Yearbook of Cartography*, 14(1974), pp. 115–127.
- Mounin, G. (1970). *Introduction à la sémiologie*. Paris, Les Éditions de Minuit, p.7
- Näsänen, R., & Ojanpää, H. (2003). *Effect of image contrast and sharpness on visual search for computer icons*. *Displays*, 24(3), 137- 144.
doi:10.1016/j.displa.2003.09.003

- Näsänen, R., Ojanpää, H., & Kojo, I. (2001). Effect of stimulus contrast on performance and eye movements in visual search. *Vision Research*, 41(14), 1817- 1824.
doi:10.1016/S0042-6989(01)00056-6
- Poidevin, D. (1999). *La carte, moyen d'action: conception, réalisation*. Paris: Ellipses.
- Pottier, P. (2000). *Sémiologie et communication cartographique*
- Saussure, F. De., (1916). *Cours de linguistique générale*
- Thomson, J., Hetzler, E., MacEachren, A., Gahegan, M., & Pavel, M. (2005).
<title>A typology for visualizing uncertainty</title> In R. F. Erbacher, J. C. Roberts, M. T. Grohn, & K. Borner (Éd.), (p. 146- 157). doi:10.1117/12.587254
- Yan, R. (2011). Icon Design Study in Computer Interface. *Procedia Engineering*, 15, 3134- 3138. doi:10.1016/j.proeng.2011.08.588

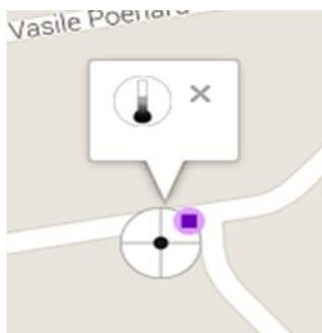
Annexe

Annexe A : Variable rétinienne proposé par Bertin (1967)

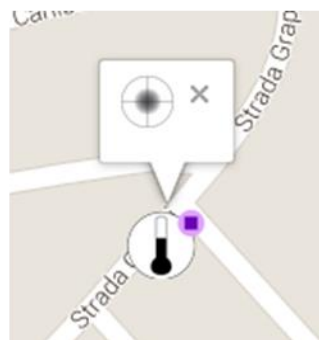


Annexe B : Info-bulle pour les propositions 1,2 et 4

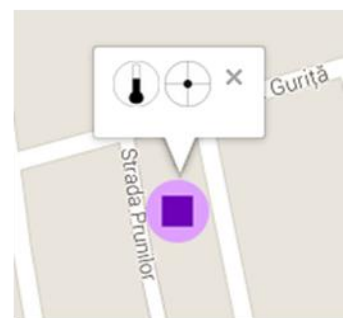
Proposition 1



Proposition 2



Proposition 4



Annexe C

Tableau 4. Résultats au test t au sein des cinq propositions. Les résultats significatifs sont indiqués en rouge, et les résultats tendanciels en bleu.

	Moyenne	Ecart-Type	N	Différence	Ec-Type	t	dl	p
Globale	5,52	1,73						
Attributaire	4,16	1,52	25	1,36	1,8	3,78	24	0,0009
Globale	5,52	1,73						
Spat/Attr	4,52	1,81	25	1	2,062	2,43	24	0,0232
Spatiale	5,24	1,27						
Attributaire	4,16	1,52	25	1,08	1,352	4	24	0,0005
Glob/Spat/Attr	5,2	1,53						
Attributaire	4,16	1,52	25	1,04	1,719	3,02	24	0,0059
Spatiale	5,24	1,27						
Spat/Attr	4,52	1,81	25	0,72	1,86	1,94	24	0,0648
Glob/Spat/Attr	5,2	1,53						
Spat/Attr	4,52	1,81	25	0,68	1,952	1,74	24	0,0943
Spatiale	5,24	1,27						
Globale	5,52	1,73	25	-0,28	2,301	-0,61	24	0,5486
Spatiale	5,24	1,27						
Glob/Spat/Attr	5,2	1,53	25	0,04	1,594	0,13	24	0,9012
Attributaire	4,16	1,52						
Spat/Attr	4,52	1,81	25	-0,36	1,63	-1,1	24	0,2804
Globale	5,52	1,73						
Glob/Spat/Attr	5,20	1,53	25	0,320	1,909	0,838	24	0,4102

Annexe D : Taille des symboles en fonction de l'expérience

Expérience 1



Expérience 2

