

UNIVERSITE LOUIS LUMIERE LYON II

Thèse de Doctorat en Psychologie

Mention Psychologie Cognitive

Perception des Impacts Environnementaux des Transports : Apports et Limites de l'Environnement Virtuel

Présentée par Delphine GUERIN - PRESSELIN

Réalisée sous la direction du Professeur Rémy Versace

Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs, Université de Lyon / Université Lyon2 / CNRS, Lyon

Soutenue le 2 avril 2008

Mme Patricia Champelovier (examinatrice et encadrant INRETS) M. Michel Denis (rapporteur) M.
Stéphane Donikian (examineur) M. Olivier Koenig (président) M. Daniel Thalmann (rapporteur) M.
Rémy Versace (directeur)

Table des matières

Contrat de diffusion .	1
Remerciements . .	3
Résumé .	5
Avant Propos .	7
Introduction Générale .	9
Chapitre 1 : Un concept clé - la Présence .	11
1.1. La notion de Présence . .	11
1.1.1. Différentes conceptions de la notion de présence . .	12
1.2. Effet de contexte et rôle de l'émotion .	17
1.3. Empathie, Théorie théorique et Théorie de la simulation .	19
1.4. La conscience et l'accès au sens . .	22
Chapitre 2 : Mécanismes cognitifs impliqués dans l'émergence du sentiment de présence . .	25
2.1. Imagerie mentale .	26
2.1.1. Définition .	26
2.1.2. Perception et imagerie mentale : la Présence, un mécanisme d'imagerie avec support ? . .	27
2.2. Représentations, mécanismes mnésiques et simulation mentale .	29
2.2.1. Les modèles de la mémoire à traces multiples .	29
2.2.2. Un modèle spécifique : le souvenir comme simulation de l'objet rappelé .	30
2.3. Perception du virtuel comme réel : Notion d'illusion et illusion perspective .	32
Chapitre 3 : Perception de l'environnement et évaluation des impacts environnementaux des transports . .	35
3.1. La perception visuelle du paysage . .	35
3.1.1. Mécanismes intervenant dans la perception d'un paysage .	36
3.2. Rôle des interactions entre modalités visuelles et sonores dans la perception de l'environnement .	38
3.3. Perception des séquences audiovisuelles : du réel au virtuel .	40

3.4. Interactions entre le milieu et le participant pour l'étude des impacts environnementaux des transports .	42
Chapitre 4 : Environnement Virtuel et Applications .	43
4.1. Les Environnements Virtuels .	43
4.1.1. Définition .	43
4.1.2. Historique et Description .	44
4.1.3. Conception des environnements virtuels . .	45
4.2. Applications et utilisation des environnements virtuels .	47
4.2.1. Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain .	47
4.2.2. Les applications thérapeutiques .	48
4.2.3. Perception de l'environnement et des nuisances dues aux transports . .	52
4.3. Evaluation des environnements virtuels . .	55
4.3.1. Evaluation des environnements virtuels en tant que tel .	55
4.3.2. Evaluation de la présence . .	56
Chapitre 5 : Présentation des hypothèses et Introduction aux expériences .	59
5.1. Synthèse de l'investigation théorique et problématique .	59
5.2. Présentation de la méthode .	61
5.3. Tâches et hypothèses .	63
Chapitre 6 (cadre expérimental) : Recherche de paradigmes expérimentaux adaptés : les Pré-expérimentations . .	65
6.1. Premier pré-test réalisé : test de classification émotionnelle des paysages . .	66
6.1.1. Méthode .	66
6.1.2. Résultats et Discussion .	68
6.2. Deuxième pré-test réalisé : test de classification émotionnelle des mots sémantiquement reliés à la notion d'environnement .	69
6.2.1. Méthode .	69
6.2.2. Résultats et Discussion .	71
6.3. Première expérience : décision lexicale avec amorçage par des images paysages .	72
6.3.1. Méthode .	72
6.3.2. Résultats et Discussion .	75

6.4. Deuxième expérience : expérimentation de catégorisation d'images .	75
6.4.1. Méthode et procédure . .	76
6.4.2. Résultats et discussion . .	80
6.5. Troisième expérience : expérimentation de catégorisation d'images - Bis . .	82
6.5.1. Méthode et procédure . .	82
6.5.2. Résultats et Discussion . .	83
Chapitre 7 (Cadre expérimental) : Expérience Principale . .	87
Chapitre 7 - Première partie : Expérience réalisée auprès du groupe de sujets résidant dans le village site de tournage, dit «groupe riverain» . .	89
7.1. PHASE 1 : Tests in situ – au domicile des riverains . .	89
7.2. PHASE 2 : Tests cognitifs au LSEE . .	100
B. Expérience principale - Deuxième partie : Expérience réalisée auprès du groupe contrôle . .	132
7.3. Expérimentation réalisée au LSEE . .	132
Chapitre 8 (Cadre expérimental) : Expérience complémentaire . .	159
8.1. Méthode et procédure . .	160
8.1.1.a Participants . .	160
8.1.1.b. Matériel et plan expérimental . .	160
8.1.1. c. Dispositif expérimental et procédure . .	162
8.2. Résultats et Discussion . .	164
8.2.1. Résultats . .	164
8.2.2. Discussion . .	166
Discussion Générale . .	169
1.Rappel du thème de recherche et des objectifs . .	169
2.Synthèse des résultats et apports de notre méthodologie . .	172
2.1. Synthèse et discussion des résultats . .	172
2.2. Apports de cette méthodologie au cadre théorique . .	176
3.Conclusion et perspectives . .	177
Références Bibliographiques . .	179
Annexes . .	195

Annexe A : Consigne pré-test de catégorisation des paysages .	195
Annexe B : Consigne pré-test de catégorisation des mots .	196
Annexe C : Liste des mots retenus à la suite du test de classification émotionnelle des mots sémantiquement reliés à la notion d'environnement .	196
ANNEXE D : Questionnaire administré aux riverains à leur domicile .	197
ANNEXE E : Cahier des charges de tournage des films paysager avec prise de son . .	198
I. Critères de choix des sites de tournage : .	198
II. Réalisation des séquences audiovisuelles : . .	199
ANNEXE F : Questionnaire administré aux riverains au LSEE . .	201
ANNEXE G : Description du scénario de visite des maisons virtuelles .	204

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat Creative Commons « Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

Remerciements

" L'essentiel est invisible pour les yeux" Antoine de St Exupéry

Mes premiers remerciements sont adressés aux professeurs Michel Denis et Daniel Thalmann pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse, ainsi qu'aux différents membres du jury, notamment pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Cette thèse n'aurait pu être réalisée sans le soutien et l'aide d'un grand nombre de personnes.

Je tiens à remercier le professeur Rémy Versace, directeur de ma thèse, pour son encadrement, sa patience et sa compréhension.

J'aimerais ensuite exprimer ma gratitude et remercier le Docteur Patricia Champelovier, encadrant scientifique au sein de l'INRETS, pour m'avoir encouragée, guidée et soutenue, mais aussi pour la confiance qu'elle m'a accordée depuis nos premiers travaux au LSEE.

Je souhaite remercier également Monsieur Julien Maillard du CSTB pour la réalisation des montages audiovisuels, mais aussi Monsieur Michel Jamet pour le travail d'infographie et la conception des Environnements Virtuels, ainsi que Mademoiselle Christine Trindade pour son aide et son avis éclairé dans le traitement de mes données. Merci à Monsieur Christophe Pruvost pour sa disponibilité et enfin à Monsieur Jacques Lambert responsable de l'équipe Evaluation Environnementale du Laboratoire Transport et Environnement, pour ses conseils et son accueil.

Je n'aurais pu parvenir à accomplir ce travail sans l'encouragement et le soutien de mes proches. Parmi eux, je remercie plus particulièrement ma mère, ma sœur, Cédric, mon mari, et mon ami Jean-Philippe sans qui je n'aurais probablement pas repris mes études.

Merci aux enseignants que j'ai pu rencontrer et qui ont cru en mes capacités et en mon travail malgré mon parcours atypique.

Merci à ma belle-famille, ainsi qu'à tous mes amis, ceux de toujours comme ceux rencontrés plus récemment, qui, par leur enthousiasme et leur générosité de cœur ont été d'un soutien précieux. Je m'excuse par avance de ne pouvoir tous les citer, et j'espère qu'ils se reconnaîtront. Toutefois, je ne saurais finir ces quelques mots sans adresser un message particulier à Guillemette Badard, Thierry Goger et Norbert Maïonchi-Pino pour les relectures, les conversations animées toujours enrichissantes et porteuses de nouvelles idées, et surtout pour l'affection sans faille.

J'aimerais enfin souligner que cette thèse de doctorat n'aurait pu être réalisée sans le concours de l'ADEME et de l'INRETS, qui ont financé ce travail et permis la mise à disposition de tout le matériel et de tous les moyens dont j'ai pu avoir besoin.

"Il ne faut pas voir pour croire, mais croire pour voir..." Jose Antonio Bayona

Résumé

Dans le cadre des recherches sur l'évaluation environnementale, le travail expérimental en laboratoire est un complément essentiel aux études in situ. En permettant de contrôler, de séparer et de découpler les effets des facteurs, il est source d'un apport de données riches et précises, et permet même d'évaluer les environnements a priori, c'est-à-dire avant qu'ils ne soient concrétisés dans la réalité.

Les techniques actuelles de simulation permettent chaque jour de pallier davantage l'écart entre le travail de recherche sur le terrain et celui en laboratoire. La psychologie cognitive, dont l'un des principaux sujets d'étude est la façon dont l'être humain prend connaissance et interagit avec son environnement, ne peut négliger un domaine de compétence permettant d'imiter la réalité. En effet, la Réalité Virtuelle, continuellement plus crédible, représente un véritable 'atout' pour la recherche en psychologie en permettant de créer des environnements à la fois contrôlés et constamment plus écologiques ; sans oublier qu'elle occupe une place de plus en plus importante, voire prépondérante, dans notre quotidien.

Ce doctorat s'inscrit dans le cadre des thèmes de recherche sur la mémoire et la perception de la réalité virtuelle, appliqués à l'étude des impacts environnementaux des transports.

Dans la perspective d'assurer une plus grande pertinence de l'utilisation des environnements virtuels, il paraît fondamental de s'interroger sur leurs apports et leurs limites.

En effet, l'évolution progressive des laboratoires et des techniques informatiques offre la possibilité de simuler la réalité avec une précision et une finesse toujours croissantes. Cependant, la validation des résultats obtenus dans les laboratoires de simulation pour envisager leur reproductibilité dans le monde réel et prédire la perception de modifications de l'environnement réel a priori, c'est-à-dire n'existant pas encore, implique d'attester de l'adéquation entre situation simulée et situation réelle. L'étude de cette comparaison entre simulation et réalité suppose de comprendre différents concepts liés à la notion de Réalité Virtuelle, et soulève plusieurs questions relatives aux mécanismes cognitifs impliqués dans la perception des environnements simulés. L'un des concepts au centre de ces questions est le sentiment de Présence, à savoir le sentiment « d'être dans le lieu simulé ». C'est à la seule condition que le sujet, utilisateur de la simulation, croit « y être », que l'expérimentateur pourra observer en laboratoire un comportement semblable à celui qu'il aurait pu étudier dans la réalité.

De même, définir les aspects de l'environnement simulé qui induisent une perception en tant que « réel », devrait permettre de comprendre et préciser les processus perceptifs, mnésiques et évaluatifs mis en jeu.

Enfin, mieux comprendre les mécanismes de perception impliqués dans un environnement semi-virtuel bimodal (visuel et sonore), permet de mieux appréhender les processus cognitifs à la base de la perception et de l'évaluation des environnements multimodaux.

Il est donc nécessaire d'étudier les activités cognitives impliquées dans la perception de l'environnement dans ce contexte expérimental, et de vérifier l'adéquation des réactions et des comportements dans le milieu simulé avec les réactions et comportements en milieu réel, au travers de différents types de tâches (mnésique, attentionnelle, ou de jugement hédonique).

La problématique de ce doctorat est donc de tenter de définir quelles sont les simulations les mieux adaptées à l'étude de la perception des impacts environnementaux des transports. Elle

s'inscrit dans le cadre du développement et de la validation du Laboratoire d'Évaluation et de Simulation de l'Environnement (LSEE), équipement rattaché au Laboratoire Transports et Environnement de l'INRETS de Lyon - Bron. Le but est de déterminer si ce laboratoire de simulation bimodale (visuelle et sonore) permet ou non de rendre compte fidèlement, d'un point de vue perceptif, d'une réalité donnée selon ces modalités.

Le premier objectif est de valider les différents types de simulation pouvant être utilisés dans le laboratoire, et de définir leurs champs d'application.

Le LSEE offre la possibilité de créer une mise en situation de riverains vis-à-vis d'une, ou de plusieurs infrastructures de transport, aussi réalistes que possible. Pour cela, la pièce dans laquelle le ou les participants sont placé(s), reproduit un salon, dont la fenêtre permet la simulation de l'environnement visuel par l'intermédiaire d'un écran. La restitution de l'ambiance sonore est réalisée grâce à un système holophonique à 16 haut-parleurs. Plusieurs possibilités de simulations de l'environnement (sonore et visuel) sont concevables, par l'utilisation de séquences audiovisuelles enregistrées filmées, de films paysagers à réalité augmentée ou de films paysagers de synthèse.

Pour répondre aux objectifs de ce travail, nous avons comparé, en laboratoire, les réactions explicites et implicites que peuvent provoquer les différents niveaux de simulation (film vidéo, film de réalité augmentée et film de réalité virtuelle). Nous avons aussi comparé les comportements observés en laboratoire aux comportements observés in situ (c'est-à-dire dans la réalité). L'originalité de ce travail consiste non seulement dans le fait de s'intéresser à la perception des environnements virtuels du point de vue de la psychologie cognitive, de tenter de comparer perception, comportement et réactions observés en milieu réel et en laboratoire, mais aussi de croiser des données qualitatives recueillies de façon explicites, à des données quantitatives, implicites, a priori plus objectives. Les comparaisons et croisements de données ont de plus été réalisés sur deux groupes de sujets, l'un résidant sur le site simulé en laboratoire, le second constituant un groupe dit contrôle.

Les données explicites et qualitatives ont été recueillies par le biais de questionnaires. Les données implicites ont été obtenues par des expérimentations de psychologie cognitive.

Ainsi, plusieurs paradigmes expérimentaux ont été testés avant d'opter pour l'utilisation de deux types de tâches cognitives : une tâche de catégorisation associée à des mesures d'effet de contexte et d'amorçage, et une tâche de détection de bips sonores en double tâche pour l'étude des mécanismes attentionnels.

Avant Propos

Le doctorat présenté a été réalisé au sein de l'équipe « Evaluation Environnementale » du Laboratoire Transports et Environnement (LTE) de l'Institut de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS) à Bron, en coopération scientifique avec le Laboratoire d'étude des Mécanismes cognitifs (EMC) de l'Université Lumière Lyon2. Ce travail a été encadré par le docteur Patricia Champelovier au sein de l'INRETS, et dirigé par le professeur Rémy Versace du laboratoire EMC à l'université de Lyon.

Le Laboratoire d'étude des mécanismes cognitifs (EMC), dirigé par le Professeur Olivier Koenig, se compose de 4 équipes travaillant sur les différents sujets du domaine des sciences cognitives. Elles concernent la perception et les processus attentionnels, normaux et pathologiques (Equipe Perception et Attention Normales et Pathologiques), la formation, le développement et la lecture le langage (Equipe Apprentissage, Développement et Troubles du Langage), la construction des représentations multimodales dans le cerveau et comment celles-ci permettent à l'être humain d'interagir avec d'autres individus (Equipe Neurosciences Cognitive et Représentations Multimodales) et enfin la mémoire, l'émotion et les représentations (Equipe Mémoire, Représentation et Emotions). Cette troisième équipe est dirigé par le professeur Rémy Versace.

Les activités du Laboratoire Transports et Environnement (recherche, expertise, transfert de connaissances) sont essentiellement centrées sur la problématique des effets environnementaux des transports, liés aux consommations énergétiques, à la pollution de l'air et au bruit.

Cette orientation se décline au sein de l'unité de recherche selon 4 équipes qui recouvrent des compétences aussi bien en Sciences humaines et sociales qu'en Sciences Physiques et de l'Ingénieur. Cette pluridisciplinarité permet une approche globale de la problématique Environnement et Transports.

Les activités de Recherche de l'équipe Evaluation Environnementale ont pour objectifs d'appliquer les démarches des sciences humaines et sociales à l'évaluation des impacts des moyens de transports sur l'environnement et à leur prise en compte dans la définition et l'évaluation des politiques de transports et d'infrastructures tant au niveau national que local. Les 4 grandes thématiques abordées par l'équipe sont : les effets des nuisances environnementales, les coûts environnementaux, la demande sociale de protection de l'environnement, et les impacts de la réduction des nuisances environnementales.

L'évaluation des impacts environnementaux des transports a longtemps été abordée au travers d'études sur les nuisances sonores. Depuis peu, la question des atteintes aux paysages dues aux infrastructures de transport fait l'objet de travaux de recherche.

L'enjeu pour les prochaines années est l'introduction d'environnements virtuels dans les protocoles expérimentaux, notamment pour évaluer a priori la réaction humaine aux changements de situations environnementales.

Introduction Générale

La simulation d'environnements est devenue plus qu'une pratique en psychologie cognitive, elle lui sera bientôt indispensable et constitue déjà un véritable champ d'étude.

Le Doctorat préparé s'inscrit dans le cadre des thèmes de recherche sur la mémoire et la perception, appliqués à l'étude des impacts environnementaux des transports.

S'il est vrai que les techniques de simulation contemporaines permettent chaque jour de se rapprocher davantage de la réalité et constituent un outil majeur pour les recherches sur l'évaluation de la perception des effets environnementaux des transports, il est cependant fondamental de s'interroger sur leurs apports et sur leurs limites, afin d'assurer une plus grande pertinence de leur utilisation.

La problématique de ce travail de recherche est donc de tenter de définir quelles sont les simulations les mieux adaptées à l'étude de la perception des impacts environnementaux des transports. Elle s'inscrit dans le cadre du développement et de la validation du Laboratoire d'Évaluation et de Simulation de l'Environnement (LSEE), équipement rattaché au Laboratoire Transports et Environnement de l'INRETS de Lyon - Bron.

Le premier objectif est de valider les différents types de simulation pouvant être utilisés dans le laboratoire, et de définir leurs champs d'application. Le but est de déterminer si l'outil permet ou non de rendre compte fidèlement, d'un point de vue perceptif, d'une réalité donnée.

Ensuite, plus généralement, dans une perspective appliquée et à long terme,

l'intention est de permettre d'anticiper les réactions des riverains potentiels vis-à-vis des aménagements aux abords des infrastructures de transport.

D'un point de vue théorique, il est donc nécessaire d'étudier les activités cognitives impliquées dans la perception de l'environnement dans ce contexte expérimental, et de vérifier l'adéquation des réactions et comportements dans le milieu simulé avec les réactions et comportements en milieu réel, au travers de différents types de tâches (mnésique, attentionnelle, ou de jugement hédonique).

De plus, l'étude de la perception de l'environnement virtuel implique de prendre en compte différents aspects fondamentaux, tels que les concepts de présence, d'immersion et le fait de percevoir comme étant réel ce qui est une représentation de la réalité.

Enfin, mieux comprendre les mécanismes de perception mis en jeu dans un environnement semi-virtuel bimodal, devrait permettre de mieux appréhender les processus cognitifs à la base de la perception et de l'évaluation des environnements multimodaux.

Définir les aspects de l'environnement simulé qui induisent une perception en tant que « réel », devrait permettre de comprendre et préciser les processus perceptifs, mnésiques et évaluatifs mis en jeu.

Notre investigation bibliographique et théorique s'articule donc autour de quatre chapitres : tout d'abord nous nous intéresserons au concept qui nous est apparu comme fondamental pour ce travail : le concept de Présence. Puis nous étudierons les mécanismes que nous avons supposé être impliqués dans l'émergence du sentiment de Présence, pour ensuite aborder les thèmes de la perception de l'environnement et de l'évaluation des impacts environnementaux des transports. Enfin, nous présenterons les environnements Virtuels et leurs différentes applications.

Finalement, nous exposerons le travail expérimental qui a été mené.

Pour répondre aux différents objectifs de ce doctorat, nous avons tenté de comparer les réactions explicites et implicites que provoquent les différents niveaux de simulation (film vidéos, films de réalité augmentée et film de réalité virtuelle), ceci en laboratoire mais aussi in situ, dans la réalité.

Chapitre 1 : Un concept clé - la Présence

La problématique soulevée par ce sujet de thèse implique une étude théorique approfondie de concepts issus de disciplines variées, telles que les sciences de l'informatique, la psychologie cognitive et la psychologie de l'environnement.

L'évolution progressive des laboratoires et des techniques informatiques offre la possibilité de simuler la réalité grâce à des environnements virtuels avec une précision et une finesse toujours croissantes. Cependant, la validation des résultats obtenus dans les laboratoires de simulation pour envisager leur reproductibilité dans le monde véritable et prédire la perception de modifications de l'environnement réel a priori, c'est-à-dire n'existant pas encore, implique d'attester de l'adéquation entre situation simulée et situation réelle. L'étude de cette comparaison entre simulation et réalité suppose de comprendre différents concepts liés à la notion de Réalité Virtuelle, et soulève plusieurs questions relatives aux mécanismes cognitifs impliqués dans la perception des environnements simulés. L'un des concepts au centre de ces questions est le sentiment de Présence, à savoir le sentiment « d'être dans le lieu simulé ». En effet, c'est à la seule condition que le sujet, utilisateur de la simulation, croit « y être », que l'expérimentateur pourra observer en laboratoire un comportement semblable à celui qu'il aurait pu observer dans la réalité.

1.1. La notion de Présence

en vertu de la loi du droit d'auteur.

Les environnements virtuels, toujours plus performants, constituent un outil précieux pour la recherche. Ils permettent la génération de situations expérimentales reproductibles, et offrent un mode toujours plus performant de représentation des scènes et de situations complexes. De plus, ils présentent l'avantage de pouvoir simuler des modifications de ces environnements, et d'évaluer les réactions alors induites. Cependant, la validation des résultats obtenus dans les laboratoires de simulation implique d'établir quelles différences et quelles similitudes ils existent entre situation virtuelle et situation réelle. Sans cela, il ne sera pas possible d'envisager leur reproductibilité dans le monde réel et d'ainsi prédire la perception de modifications de l'environnement réel a priori.

L'étude de cette comparaison entre simulation et réalité suppose avant tout la compréhension d'un concept essentiel, celui de la Présence. Ce concept apparaît dans la littérature dès 1992, simultanément chez différents auteurs.

1.1.1. Différentes conceptions de la notion de présence

1.1.1.a. Les conceptions ergonomiques

On recense plusieurs types de conception de la Présence, dont certains s'apparentent à des notions d'ergonomie. Par exemple pour Zeltzer (1992), l'illusion ou le sentiment de présence est essentiellement lié aux propriétés de l'interface : le sentiment de présence serait plus fort dans un environnement immersif, c'est-à-dire qui entoure l'individu au sens physique du terme. De plus, ce sentiment serait d'autant meilleur que l'interface serait similaire ou proche du monde réel, autrement dit, il dépendrait du réalisme de la simulation.

Dans cette perspective, la présence serait donc liée à l'immersion et au réalisme.

Une décennie plus tard, Slater affirme (cité par Waterworth & Waterworth, 2003) que pour régler les problèmes de compréhension et de définition des concepts liés aux Environnements Virtuels, il est tout à fait possible de considérer la présence comme le produit d'un niveau élevé de l'immersion, conditionné par la technologie. Cependant, il n'existe que quelques travaux sur le lien entre immersion et présence, et ceux-ci ne permettent pas de répondre aux questions sur la nature de ce lien, ou encore des interactions ou même du sens de ces interactions entre les deux notions (d'après Burkhardt, janvier 2005).

De plus, selon les données empiriques (Burkhardt, UTC janvier 2005) le niveau d'immersion, tel qu'il est décrit dans le langage commun, évalué à l'aide de questionnaire, n'aurait aucun effet sur les performances dans les tâches réalisées dans les environnements virtuels.

Mais la présence nous paraît être une notion plus pertinente que celle d'immersion, car elle ne dépend pas uniquement de l'interface. La Présence semble, a priori beaucoup plus dépendre, ou résulter, de la cognition de l'utilisateur ou de l'observateur. Il nous semble particulièrement intéressant de nous interroger sur ce qui participe à l'émergence de ce sentiment de Présence, comme par exemple la « fidélité psychologique ».

1.1.1.b. Les approches psychologiques et les approches cognitivistes

On conçoit la fidélité psychologique comme « la mesure selon laquelle le simulateur produit un comportement semblable à celui exigé dans la situation réelle » (Leplat, 1992). Il s'agit en d'autres termes de « la proportion dans laquelle la tâche simulée engendre une activité psychologique identique à celle de la tâche réelle » (Patrick, 1992).

On doit donc pouvoir s'attendre à ce que la fidélité psychologique entre la situation recréée et la situation réelle s'avère efficace, et améliore les performances des sujets. Car dans ce cas, le sujet retrouve ses repères, le contexte plus proche de la réalité lui paraît plus familier, il a donc plus de facilité pour concentrer son activité sur la tâche et non plus sur l'environnement.

En 2003, Riva et Waterworth ont abordé la notion de la présence dans une approche neurobiologique, décrivant le rôle et la structure de la présence. Tout d'abord, les auteurs considèrent la présence comme un processus nécessaire à la définition de l'individu en tant qu'être à part entière : en effet, sans apparition du sens de la présence au monde, il serait impossible pour le système nerveux d'identifier la séparation entre les événements issus du monde externe et ceux issus du monde interne. C'est par le biais de l'expérience de la présence que l'individu peut apprendre à identifier cette distinction, et ainsi mieux appréhender le monde dans lequel il évolue et existe. En second lieu, même si l'expérience du sens de la présence est un sentiment ressenti d'un point de vue individuel, il est possible d'analyser ce concept pour le spécifier comme s'articulant selon « trois couches de Présence ». Ces différentes "couches" décrites par Riva et Waterworth sont définies comme strictement reliées aux trois niveaux de l'être déterminés par Antonio Damasio dans son ouvrage "Le sentiment même de soi", (1999). Dans la continuité de son étude sur l'unité du corps et de l'esprit, Damasio articule ses travaux autour des concepts du moi (ou du soi) et de la conscience de soi au sein de son environnement. Damasio décrit trois différentes catégories de soi : le proto-soi, la conscience de noyau et le soi-central.

Le proto-soi résulte de l'interconnexion cohérente, mais temporaire, des différentes cartes cérébrales représentant l'état de l'organisme à un moment donné. On retrouve dans cette notion une idée proche du concept de « marqueurs somatiques » déjà décrit par l'auteur en 1995 dans « L'erreur de Descartes ». Le proto-soi donnerait de la cohérence à l'organisme en tant qu'un tout global, et non en tant qu'un assortiment de sous-ensembles indépendants. Ce premier niveau dans la description du soi serait le niveau le plus primitif. Il s'agirait d'un niveau non conscient.

La conscience de noyau, deuxième niveau du Moi (dit "core self"), émerge dès lors qu'un élément ou événement extérieur entre en interaction avec l'organisme, modifiant ainsi l'état de ce dernier mais aussi du proto-soi. Damasio écrit : « il y a production de conscience-noyau lorsque les dispositifs de représentation du cerveau engendrent un compte-rendu en image, non verbal, de la manière dont l'état de l'organisme est affecté par le traitement d'un objet (par le cerveau), et lorsque ce processus met en valeur l'objet en le plaçant dans un contexte spatio-temporel ». L'émergence de la conscience dépend de nouvelles connaissances relatives aux interactions entre les objets et l'organisme. Les

« objets » pouvant être des informations endogènes issues des modifications de l'état de l'organisme lui-même. Le point essentiel ici est le caractère constamment évolutif de la conscience - puisque cette dernière est issue d'un flux d'informations perpétuellement régénéré.

Enfin, le soi-central, est décrit comme un centralisateur ; lui-même issu de la conscience-noyau, il permet l'émergence du soi autobiographique. Cette dernière couche de l'Individu est constituée de souvenirs ou d'expériences passées, plus ou moins implicites, mais aussi de ce que Damasio nomme des souvenirs futurs. Il s'agit de simulations de ce qui pourrait se produire en fonction de ce qui s'est déjà produit dans le passé et des états présents du corps.

Ainsi les différentes "couches" de la Présence décrite par Riva et Waterworth, chacune relative aux couches de l'individu, résoudre une facette particulière de la séparation entre monde interne et externe.

Le sens de la présence serait par conséquent une activité directement issue des trois niveaux de l'individu : plus les différentes couches sont intégrées entre elles et à l'individu, plus elles permettent d'identifier et de séparer monde interne et monde externe, et plus l'individu éprouve le sentiment de présence.

En 2003, Waterworth et Waterwoth dans leur article "the core of presence - presence as a perceptual illusion" redéfinissent la présence comme le sentiment d'être dans un environnement externe particulier, « ici et maintenant ». Selon cette approche, la Présence est donc rattachée au présent, et se démarque totalement de tout mécanisme proche de l'imagerie mentale.

A son origine, la présence serait le sentiment induit par les attentes perceptuelles vis-à-vis du monde extérieur, dans le temps et l'espace, en dehors de nous-mêmes. La présence médiatisée, c'est-à-dire induite ou provoquée par les médias, est principalement l'illusion perceptuelle d'être dans un monde externe et éventuellement commun à d'autres. Il ne s'agit donc pas d'une "expérience de pensée" interne et imaginaire. Cependant la présence est très souvent plus que de la perception, et la présence médiatisée plus qu'une illusion perceptuelle. À la différence des illusions visuelles classiques, l'illusion d'être présent quelque part implique la contribution de la conscience. Pour induire le sentiment de présence, il ne faut pas seulement tromper le système perceptif, il faut aussi leurrer une partie de la conscience du sujet.

Néanmoins, Waterworth et Waterwoth (2003) conviennent que la présence est toujours un concept vague. La principale controverse étant issue de la définition de la présence, et de ce qu'elle doit inclure et exclure. Ils ont par conséquent adopté leur propre définition afin de poursuivre leurs travaux sur le rapport entre présence et émotion médiatisée, dans un contexte de recherches sur la santé mentale : la présence est alors définie comme la sensation subjective d'être là, dans un environnement négocié rapportant une illusion perceptuelle de la non médiation, c'est-à-dire le ressenti perceptif d'être dans un lieu réel et non dans un site créé par le média.

La présence ainsi caractérisée, peut être partagée par deux observateurs ou plus, percevant le même monde externe (bien que, naturellement, leurs expériences ne seront pas identiques). Ceci soutient la notion de coopération dans l'action coordonnée dans le

monde, réel ou virtuel. Ce n'est pas le cas avec les visualisations internes, qui doivent être externalisées, exprimées, sous une forme explicite pour être partagées. Cette définition de la présence exclue donc les représentations internes et conceptuelles, ce qui peut être controversé. Il paraît difficile d'écarter le processus d'imagerie mentale de celui de la présence, même en considérant que l'illusion peut être commune. En effet, si l'imagerie mentale est un mécanisme personnel, issu des représentations internes, les objets ou lieux imaginés, créés par la simulation mentale, peuvent avoir des caractéristiques communes chez tous les individus. Supposons que l'environnement négocié (c'est-à-dire représenté par le média) soit une aire de jeux ou de pique-nique dans un petit bois. Rien ne prouve que la sensation subjective, éventuellement partagée, d'être dans le bois représenté par la simulation, ne soit pas issue des expériences personnelles vécues de l'utilisateur, combinées à des représentations mentales qui n'ont pas été réellement vécues. Il ne nous semble donc pas possible d'exclure les mécanismes mnésiques et d'imagerie mentale du phénomène de Présence.

Pour Botella, Baños, & Alcañiz (2003) la présence s'étudie selon une approche qu'ils qualifient de psychologique. Il existait déjà depuis la fin des années 90, un renforcement de l'intérêt à considérer la présence comme un phénomène psychologique (Schubert, Friedman et Regenbrecht, 1999 et 2001). Par exemple, selon Slater et Wilbur (1997), la "présence est un état de conscience, le sens d'être dans l'environnement virtuel". Même s'il nous semble comme Botella et al. (2003), que la Présence doit être définie dans une perspective psychologique, les modèles théoriques courants continuent à considérer le sens de la présence d'un point de vue plutôt ergonomique : comme une fonction directe de la capacité d'immersion du système. La plupart des tentatives de définition de la présence sont principalement concentrées sur une seule part du binôme présence / immersion considérée par Slater (2003), et donnent ainsi un rôle central au milieu.

De la même manière, en essayant d'identifier le rôle du traitement humain, la proposition de Lombard et de Ditton (1997) qui décrivent la présence comme issue "de l'illusion perceptuelle et non de la médiation" est également portée sur le milieu. En effet, leurs travaux étaient orientés vers une définition du rôle du média dans l'induction du sentiment de présence.

Pour conclure sur les conceptions psychologiques de la présence, on peut rappeler les propos de Steuer en 1992. Il avait alors insisté sur le fait qu'une définition de la présence dans la Réalité Virtuelle concentrée sur des aspects technologiques était insuffisante, et défendait l'intérêt et la nécessité de parler d'une expérience humaine. Ses travaux ont longtemps été concentrés sur l'analyse des facteurs qui ont une influence sur cette expérience humaine.

Néanmoins, selon Botella et al. (2003), présumer d'une relation linéaire entre la présence et l'immersion pourrait être une erreur. Comme Schubert et ses collaborateurs le précisait en 2001, il est plus judicieux de considérer qu'une série de processus cognitifs négocient l'effet du degré d'immersion en produisant la présence chez l'utilisateur. Botella et ses collègues n'envisagent pas alors d'exclure l'autre partie du binomial, c'est-à-dire, l'immersion telle que décrite par Slater. Pourtant ils considèrent que les aspects technologiques ne peuvent suffire à induire le sens de la présence. Ils estiment qu'il est nécessaire de considérer des concepts tels que la conscience, le

jugement de réalité, la mémoire, l'attention, la signification de l'expérience, les émotions, et les différentes dimensions de la personnalité de l'utilisateur.

De la même façon, en 1999, l'approche de Huang & Alessi soulignait déjà l'intérêt de comprendre les interactions entre présence et état émotif. Le but était d'examiner le concept de présence en termes d'enclenchement émotionnel des sujets entre la réalité et leur environnement. Huang & Alessi (1999) défendent l'idée selon laquelle n'importe quelle théorie de la présence devrait tenir compte des facteurs émotionnels.

Cependant, pour Ijsselsteijn (2001) la Présence, l'expérience "d'être là" dans un environnement négocié, est étroitement liée à la Réalité Virtuelle elle-même : à la simulation. En effet, comme les médias deviennent de plus en plus interactifs, perceptuellement réalistes, et immersifs, l'expérience de la présence devient plus convaincante. Cela étant dit, Ijsselsteijn, Ridder, Freeman et Avons (2000), ont défini des « déterminants de la présence », qui fournissent des pistes de travail non négligeables. Ils décrivent ainsi quatre « déterminants », ou facteurs :

1. L'ampleur et la fidélité des informations sensorielles : sous le terme d'ampleur on doit comprendre la capacité d'une technologie à produire un environnement négocié riche sur le plan sensoriel. La fidélité faisant référence à la bonne « imitation » de la réalité.

2. L'adéquation entre les sens et l'exposition, c'est-à-dire la concordance, ou encore congruence, entre les actions de l'utilisateur et les effets spatio-temporels perceptibles de ces actions.

3. Les facteurs de contenus : il s'agit d'une catégorie de facteurs très large, comprenant les objets, les acteurs, et les événements représentés par le milieu, ainsi que la possibilité et l'habileté de l'utilisateur d'interagir avec l'environnement et de le modifier.

On inclut aussi dans cette catégorie la fidélité de la représentation de l'utilisateur dans le monde virtuel, ainsi que la nature des tâches réalisables dans l'Environnement Virtuel.

4. Les caractéristiques de l'utilisateur : le terme caractéristique définit ici les capacités cognitives, sensorielles et motrices, l'habitude de manipuler des Environnements Virtuels ou les expériences passées avec des EV, les attentes du participant vis-à-vis des EV, ainsi que la bonne volonté de l'utilisateur à bien vouloir se laisser « leurrer ». Enfin il est très possible que les caractéristiques interindividuelles tels que l'âge ou le sexe aient une influence, de même que les états mentaux ou émotionnels de type dépression, anxiété ou désordre psychotique puissent affecter le sentiment individuel de la présence (Huang & Alessi, 1998).

Toutefois, et malgré ces définitions précises et pragmatiques, Ijsselsteijn souligne qu'il est particulièrement intéressant de noter que nous pouvons nous sentir présents, et répondre en conséquence de cette sensation par des comportements spécifiques ou adaptés, dans des environnements simulés qui ne seraient jamais confondus avec la réalité si nous devions être interrogés à ce sujet. Même des mondes simulés très pauvres en détails, pour lequel l'informatique fournit une Réalité Virtuelle, semblent être parfois suffisants d'un point de vue perceptif. On sait par exemple que malgré une interface très pauvre du point de vue du réalisme, les pilotes d'avions réagissent dans un simulateur

comme dans une « vraie » situation d'urgence. Ils reproduisent les mêmes gestes parfaitement adaptés à la situation dans la réalité, mais aussi les mêmes réactions physiologiques de stress (augmentation de la température corporelle et de la conductance de la peau, augmentation du rythme cardiaque) (Ijsselsteijn, 2001, Burkhardt, 2004).

Il semble que ce soit sur ce fait précis que nous devons centrer nos efforts de recherche. En effet, c'est l'explication de ce mécanisme qui peut permettre de comprendre les processus cognitifs impliqués dans l'émergence du sentiment de Présence. Car, lorsque l'on considère les aspects sensoriels fournis par la Réalité Virtuelle, parfois minimalistes, il apparaît clairement que l'expérience n'est pas régie seulement par l'entrée sensorielle ascendante, mais que les connaissances top-down appropriées interagissent avec les signaux d'entrée, pour construire une représentation mentale apparente de l'espace, logique et complète.

De plus, il paraît aussi important de prendre en compte l'effort fourni par l'individu pour se projeter dans l'environnement virtuel, alors qu'il est conscient de ne pas y être réellement. Le contexte dans lequel est plongé l'individu et sa bonne volonté à accepter de se laisser "duper" par la simulation jouent un rôle essentiel, de même que l'aptitude de cet individu à se mettre à une place différente de celle où il se trouve réellement, et à s'imaginer dans une situation autre. Nous avons alors supposé que cette capacité d'imagination pouvait être liée au contexte dans lequel se trouve l'individu, de même qu'à sa propension à se mettre à la place d'autrui, et à la notion de conscience.

1.2. Effet de contexte et rôle de l'émotion

Les environnements virtuels et les situations simulées créées constituent un contexte. Une simulation pouvant être comparée à la réalité doit donc provoquer les mêmes effets de contexte que la situation réelle. Vérifier ces effets peut être un moyen d'observer objectivement si un sujet réagit de la même façon que s'il se trouvait dans la réalité, et donc s'il est « présent » dans la simulation.

L'approche cognitive du comportement humain souligne la nécessité de prendre en considération le contexte, c'est-à-dire à la fois le problème ou la situation à traiter ainsi que l'environnement dans lequel il s'insère. En effet, les différents éléments de l'environnement ou du contexte influencent notre perception et nos réactions. Ainsi le contexte peut être défini comme « l'ensemble des conditions qui accompagnent la réalisation d'un événement ou la réalisation d'un comportement ». Selon Tiberghien (1991), le terme de contexte renvoie à « l'ensemble des caractéristiques secondaires d'une situation ou les propriétés secondaires d'un état cognitif ou motivationnel susceptibles de moduler l'effet d'une stimulation ou d'une activité orientée ». L'existence des effets de contexte, souvent démontrés (Davies, 1986, Davies 1988, Godden & Baddeley 1980), est classiquement attribuée à l'intervention de processus de haut niveau, tels que les mécanismes mnésiques et/ou émotionnels. Ces effets ont été confirmés dans divers domaines : processus attentionnel, apprentissage, processus mnésiques, langage

et lecture... En 1989, Murphy et Wisniewsky ont montré des effets de contexte sur la catégorisation de concept. Il a souvent été démontré qu'il est plus facile et plus rapide de catégoriser des objets isolés à un niveau basique qu'à un niveau super ordonné (par exemple, il est plus facile de catégoriser un animal en tant que canard qu'en tant qu'oiseau ou un objet en tant que table plutôt qu'en tant que mobilier). Si l'on s'en réfère à Hoffman (1982) ces résultats s'expliquent facilement : le niveau basique a en effet plus de chance de correspondre au concept primaire qui serait stocké en mémoire. Cependant, Murphy et Wisniewsky ont montré que cet avantage disparaissait lorsque les images à catégoriser étaient présentées dans des scènes complexes, c'est-à-dire dans un contexte situationnel adapté.

Effectivement, dans notre quotidien, quasiment tous les comportements impliquent une évaluation de la situation, et même une évaluation émotionnelle de la situation (notion de risque, évaluation esthétique, agréable ou désagréable, état psychologique ressenti, stress, colère, joie, etc...).

En fait, le contexte va permettre au système cognitif de se focaliser sur les informations pertinentes, ou d'inhiber ce qui au contraire ne présente pas d'intérêt, et va ainsi faciliter l'évolution du sujet dans son environnement ainsi que les tâches même automatiques et ou quotidiennes qu'il a à réaliser. Cet effet du contexte constitue une trame qui va permettre la création et le stockage de concepts et de connaissances reliés aux situations dans lesquelles les informations vont être vues, vécues et apprises (Yeh & Barsalou, 2006). Ainsi le contexte peut constituer un indice lors de tâches de rappel, de même que l'environnement dans lequel un sujet est exposé peut constituer un amorçage et faciliter par exemple la réalisation d'une tâche (rappel, reconnaissance, catégorisation) sur les éléments liés à la situation.

On voit ici que s'intéresser aux effets du contexte implique aussi de s'attarder sur les effets du contexte émotionnel et donc plus largement de prendre en compte les mécanismes émotionnels. S'il est vrai que l'état émotionnel dans lequel se trouve le sujet peut avoir un impact important au niveau comportemental en modifiant qualitativement les mécanismes cognitifs, plusieurs observations peuvent être faites. Tout d'abord le sujet peut préférentiellement orienter son comportement vers les informations qui correspondent à son état émotionnel (positif ou négatif). Notre objectif dans cette thèse n'est pas de décrire exhaustivement ces mécanismes. Nous nous centrerons donc sur les effets possibles en lien avec les mécanismes mnésiques car ce sont ceux qui nous intéressent ici. Ainsi les liens entre émotion et mémoire sont généralement exprimés en termes de "congruence d'humeur" ou congruence émotionnelle et de concordance émotionnelle, ou "dépendance d'état". Le premier terme désigne la tendance d'un individu à récupérer plus facilement des informations de valence similaire à la valence de l'état émotionnel dans lequel il se trouve. Ceci a été montré en récupération explicite (pour une revue, voir Bower, 1981), mais aussi en récupération implicite (Watkins, Vache, Vernay & Muller, 1996). En d'autres mots, l'état émotionnel oriente la récupération en mémoire en direction des informations associées à un état similaire. Ce phénomène n'est probablement pas spécifique à l'émotion. N'importe quel contexte conditionne la nature des connaissances qui émergent d'une situation donnée. Toutefois, ce contexte est peut-être plus efficace lorsqu'il est rattaché à un état émotionnel.

Le terme de dépendance d'état fait référence à la récupération plus efficace d'une information lorsque l'état émotionnel au moment de la récupération est similaire à l'état émotionnel au moment de la mémorisation. Il s'agit là aussi d'un cas particulier de l'influence du contexte sur la mémoire (voir le principe de la spécificité de l'encodage proposé par Tulving & Thomson, 1973). Si le phénomène de congruence d'humeur ne soulève aucune controverse, le phénomène de dépendance d'état n'a pas toujours été confirmé, probablement en raison des multiples facteurs qui conditionnent les effets de similarité entre contexte d'encodage et contexte de récupération (état émotionnel, mais aussi contexte situationnel, traitements effectués, etc). Ce phénomène ne peut être mis en évidence que si les influences des autres facteurs sont suffisamment contrôlées.

Pour étudier le rôle de l'émotion dans les mécanismes mnésiques, certains travaux ont essayé de manipuler l'état émotionnel des participants. Ainsi, Niedenthal (1999) a démontré qu'en induisant un état positif ou négatif (avec des ambiances musicales), les participants à une tâche de mémorisation d'une liste de mots connotés émotionnellement rappellent plus facilement les mots dont la connotation correspond à l'émotion induite par la musique.

Il nous a semblé essentiel de prendre en compte dans nos travaux ces effets liés au contexte et à l'émotion. En effet, les environnements virtuels constituent par essence un contexte ; de même que leur réalisme et les représentations qu'ils peuvent activer chez le sujet immergé et exposé sont étroitement reliés aux émotions - et ceci d'autant plus que lors de nos simulations, nous travaillons sur la représentation du domicile, du lieu d'habitation des sujets : ce dernier aspect est très « personnel » car il implique l'intimité du sujet. Ainsi, le fait de travailler à la simulation du cadre de vie suppose une forte implication émotionnelle du participant dans la représentation qu'il se fait de l'environnement virtuel et de sa propre représentation dans le monde virtuel, c'est-à-dire la représentation qu'il a de lui-même dans la simulation.

Malgré le fait qu'elle n'a pas travaillé sur la notion de domicile ou d'habitation, mais sur les phobies et les thérapies d'exposition assistées par Environnements Virtuels, les études d'Evelyn Klinger (2006) nous ont particulièrement intéressées. En effet, cette dernière a démontré une corrélation entre le taux d'anxiété des sujets, la Présence ressentie dans le monde virtuel et le réalisme perçu, évalué. Cette corrélation entre anxiété, Présence et Réalisme avait déjà été montrée par Robillard et al. en 2003, puis par Bouchard et al. en 2005.

Il est par conséquent évident que le travail en psychologie cognitive sur les environnements virtuels doit prendre en compte le réseau complet des concepts et champs d'étude qui peuvent y être associés. La compréhension de la perception de la réalité virtuelle doit se faire avec une mise en relation et l'étude d'autres aspects de la psychologie, même si, parfois, ceux-ci peuvent paraître éloignés de la psychologie cognitive, comme les notions de conscience, d'empathie, d'imagination, d'imagerie, etc.

1.3. Empathie, Théorie théorique et Théorie de la

simulation

En s'appuyant sur les différents champs d'application des environnements virtuels, sur l'importance du rôle des effets de contexte et des émotions, et toujours dans l'objectif de réaliser un travail de recherche théorique assez complet (même si nous ne pouvons garantir son exhaustivité), nous avons été amenés à nous intéresser à des thèmes de la psychologie tels que l'empathie, les différentes théories de l'esprit ou de la simulation mentale. En effet l'un des points qu'il semblait important de développer, était de comprendre comment un individu pouvait se représenter, lui-même, tel qu'il est dans la réalité, ou comme un autre, mais dans un lieu simulé.

La capture d'un comportement, d'une émotion ou d'une expression perçue chez un autre, est presque toujours automatique, et le plus souvent inconsciente. Ce phénomène, qui s'observe à des niveaux plus ou moins élevés, chez tous les êtres humains, peut être désigné par des termes aussi divers que mimétisme, empathie primitive, contagion émotionnelle, ou isopraxie, selon les disciplines et les chercheurs.

En Psychologie, l'empathie est définie comme la capacité d'une personne à ressentir les sentiments et les émotions d'une autre personne. Cette notion, à l'origine décrite par Vischer, a fait l'objet de nombreuses réflexions. Cosnier (1994) définissait l'empathie par la capacité à se mettre à la place d'autrui et à percevoir ses affects (empathie d'affects), à partager ses représentations (empathie de pensée) ou à partager ses actions et réactions (empathie d'action). Ces trois aspects pouvant être, à certains moments, confondus. Adamczewski, en 2005, évoque plus précisément, une capacité à reconstituer en soi, à la manière d'une simulation, sur un plan intellectuel comme sur un plan émotionnel, ce qui se déroule dans l'expérience d'autrui. Il s'agit donc en quelque sorte de la capacité à attribuer à autrui des états mentaux.

Dans l'étude des capacités humaines de mentalisation, ou d'attribution d'états mentaux à soi et à autrui, une controverse importante oppose les partisans de la "théorie de l'esprit" dite "Théorie de la théorie" (Leslie 1987, Gopnik & Wellman 1992 et 1994) et les partisans de la théorie de la simulation (Gordon, Goldman, Harris, cités par Davies & Stone, 1996).

La Théorie Théorique, ou Théorie des Théories, ou encore Théorie de l'Esprit, est une hypothèse sur le développement cognitif, selon laquelle les enfants humains élaborent des théories sur le monde qui les entoure. Pour cela, ils se basent sur les éléments qu'ils constatent, et développent des hypothèses puis des théories, qu'ils modifient ensuite dans le cas où celles-ci ne rendent pas compte de leurs observations. Les adultes cessent progressivement de fonctionner ainsi, mais un grand nombre de leurs capacités cognitives sont basées sur un corpus de croyances ou de connaissances, qui constituent des théories dites naïves (en anglais folk theory).

Dans une conception plus générale du fonctionnement humain, la théorie de la Théorie postule que la compréhension des intentions et états mentaux des autres s'effectue grâce à un processus d'associations et d'inférences sur les causes et conséquences du comportement d'autrui. Ce qui implique une rationalisation et une cascade de déductions associées les unes aux autres, et donc un processus complexe et

de haut niveau.

Par opposition, selon la Théorie de la simulation, autrui est spontanément perçu et compris comme un autre soi. Cette capacité à se mettre à la place d'autrui est automatique : en présence d'une autre personne, le simple fait de la percevoir engage un processus de simulation (Dieguez, 2005). Il y aurait reproduction de l'activité cérébrale semblable à celle exprimée, et induisant les comportements d'autrui.

Cette conception est appuyée par l'identification de substrats biologiques particuliers : les neurones miroirs. Effectuer un geste ou observer quelqu'un faire un geste, implique l'activation des mêmes circuits neuronaux, c'est-à-dire des circuits qui commandent l'acte, et cela même si le sujet demeure totalement immobile. Les circuits neuronaux en question ont été appelés neurones miroirs, car ils reflètent l'activité cérébrale de la personne qui accomplit le geste. Ces neurones miroirs ont été localisés dans différentes régions du cerveau, dont le cortex prémoteur, et plus particulièrement l'aire de Broca. Les neurones miroirs seraient notamment à la base de l'apprentissage par imitation. Selon Théoret (2004), les neurones miroirs nous feraient non seulement reproduire mentalement ce que font les autres, mais joueraient également un rôle fondamental dans l'empathie en permettant d'éprouver ce que ressentent les gens. Les cellules miroirs expliqueraient pourquoi les émotions, tant le rire que la peine, sont communicatifs et transmissibles. Voir une personne s'esclaffer ou pleurer, provoque quasi automatiquement la même émotion chez un observateur.

Selon Berthoz et Jorland (2005), comprendre le mécanisme d'empathie revient en fait à comprendre les mécanismes qui permettent d'adopter le point de vue de l'autre en assimilant son vécu. Il s'agit d'un « processus dynamique d'interaction vécue qui exige simultanément d'être soi et un autre, de se vivre soi-même et en même temps d'adopter un point de vue hétérocentré, ou allocentré associé à un jugement» (Bachou-Levy & Degos, cités par Berthoz, 2005).

Pour expliquer ce phénomène d'empathie Berthoz propose une analogie avec les capacités de traitement de l'espace du cerveau, et donc une correspondance entre chemins mentaux de la pensée et les cheminements du sujet dans l'espace. En effet, le fait de changer de point de vue revient à changer de référentiel, et donc à résoudre potentiellement un problème spatial (comme s'imaginer dans un autre lieu, ou changer de perspective comme lorsque l'on projette de déplacer les meubles dans une pièce et que l'on se représente mentalement les changements). Cependant pour l'auteur, la spatialisation de l'empathie est aussi nécessaire car la relation à autrui est aussi relative au processus de mémoire. L'empathie n'est pas une photographie figée, c'est à la fois une prédiction du futur, une comparaison au passé et une identification au présent.

Ainsi, il nous semble pouvoir dégager les idées suivantes, relatives à une théorie de la Présence. Tout d'abord, rien ne fait obstacle au développement d'une idée selon laquelle un mécanisme permettant d'attribuer à autrui des états mentaux, pourrait donner lieu à la possibilité de s'attribuer à soi-même d'autres états mentaux, potentiellement ressentis dans une autre situation, dans un autre environnement, et cela malgré une multitude de facteurs différents de notre vie réelle. La capacité de simulation, décrite dans la théorie de la simulation, peut aussi être considérée comme une capacité générale à se

projeter dans une situation éventuelle ou hypothétique. Et ce, qu'il s'agisse d'une situation hypothétique vécue par un autre ou par soi-même. Par conséquent il semble cohérent de postuler de l'intervention de mécanismes proches voire similaires aux mécanismes d'empathie et de simulation mentale dans l'apparition du sentiment de présence. Cependant une question reste en suspens : quel est l'élément qui implique qu'un environnement ou un objet virtuel puisse être appréhendé par l'organisme comme étant réel et ainsi le leurrer alors qu'il est conscient d'être face à une simulation ? Il est donc inévitable d'aborder la notion de conscience pour considérer le problème de la Présence.

1.4. La conscience et l'accès au sens

Alors que l'individu sait qu'il se trouve dans un environnement simulé, le système cognitif se laisse duper, jusqu'à parfois engendrer le même type de réactions que dans le monde réel. De plus, au regard des différentes définitions de la Présence que nous avons exposées auparavant, nous devons constater que la simulation ne doit pas uniquement leurrer le système perceptif, mais aussi une partie de la conscience de l'individu. Ceci nous amène à poser la question de la conscience mais aussi de l'accès au sens. En effet, avoir conscience peut être considéré comme le fait de donner un sens à la perception que nous avons de notre environnement. Donner un sens à une perception peut alors être compris comme le fait d'acquiescer une intime conviction relative à cette même perception. Ainsi l'existence même des objets est une intime conviction issue des perceptions sensorielles (visuelles, tactiles,...). L'être humain acquiert donc au cours de sa vie un réseau de sens qui structure ses connaissances et ses apprentissages. Ce réseau relie les différentes connaissances relatives aux objets perçus par des liens et des relations. Alors toute perception active un sous-ensemble du réseau qui correspond à son sens. Cette notion de réseau de connaissances et de sens rappelle la notion de réseaux sémantiques introduite par Quillian en 1968.

Le réseau de sens s'appuie donc sur des « faits élémentaires », des intimes convictions, à partir desquelles se développent ensuite des inférences et des apprentissages. Cependant ces intimes convictions sont construites sur la base du point de vue de l'observateur, c'est-à-dire celui qui perçoit en tant que sujet unique et localisé dans la scène. Cette conception est proche de la notion de qualias, basée sur le questionnement : « qui regarde », « qui ressent », « qui entend »... les qualias sont définis par les impressions subjectives associées aux perceptions, et correspondent à la prise en compte des stimuli par la conscience (Quillian, 1968, puis Casati 1999). Il est en fait possible de les considérer comme des codages des impressions subjectives destinés à être traités par la conscience. Les impressions subjectives sont donc supposées influencer les processus conscients. Or il existe aussi des processus non conscients. Une autre appellation de cette dichotomie conscient/non conscient étant l'opposition entre processus explicites et processus implicites.

Ainsi la notion de fidélité psychologique, décrite dans la section 1.1.1, et l'obligation pour l'environnement virtuel de leurrer le système cognitif pour engendrer un sentiment de

Présence peuvent renvoyer au fait que la simulation doit permettre d'induire des processus automatiques non conscients, qui seraient normalement mis en jeu dans un réel environnement équivalent. Ces processus doivent être engendrés malgré la conscience du sujet de se trouver dans une simulation. Or, ce sont bien les impressions subjectives, les qualia perçus et ressentis par le sujet dans la simulation, qui vont permettre à l'utilisateur, ou observateur, de s'imprégner de l'environnement pour finalement s'y sentir présent. Ce sont alors les mécanismes cognitifs impliqués qui peuvent expliquer comment le sentiment de Présence peut émerger, jusqu'à faire croire au système cognitif complet qu'il se trouve dans un lieu réel équivalent.

Chapitre 2 : Mécanismes cognitifs impliqués dans l'émergence du sentiment de présence

Après avoir exposé comment la Présence peut être définie dans notre champ disciplinaire ainsi que les différents concepts qui lui sont associés, il est nécessaire de s'interroger sur les mécanismes cognitifs qui peuvent être impliqués. Ce n'est qu'à cette condition qu'il sera possible d'expliquer ce qui permet l'émergence du sentiment de présence dans un environnement virtuel. Notre intérêt s'est porté sur les comportements qui pourraient être mis en parallèle pour rendre compte d'un tel processus, afin de pouvoir les tester et vérifier qu'ils pouvaient aider à l'évaluation du sentiment de Présence dans les environnements virtuels.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, l'expérience d'être dans un environnement simulé, n'est pas seulement régie par l'entrée sensorielle, c'est-à-dire par la perception, et ceci même si pour qu'il y ait Présence dans l'Environnement virtuel il faut avant tout qu'il y ait perception. En effet, les connaissances et souvenirs de l'individu interagissent avec les signaux d'entrée, pour induire et permettre la construction d'une représentation mentale de l'espace. Il paraît logique d'envisager que cette idée implique l'intervention de mécanismes tels que l'imagerie mentale, la notion d'illusion perceptive et/ou perspective, mais aussi évidemment des mécanismes mnésiques, et plus particulièrement selon les conceptions de la mémoire en tant que système à traces multiples. À l'heure actuelle,

deux conceptions s'opposent encore quant à la description des processus mnésiques et au stockage des informations. La première est abstraite, en faveur d'une conception multi-systèmes – les différents types de connaissances sont stockés dans différents types de mémoires distincts. La seconde, non abstraite considère la mémoire comme un système unique, dans lequel les informations se composent de traces mnésiques, résultant des expériences vécues. Dans ce cas, le souvenir, comme d'ailleurs toute autre forme de connaissance, n'est que l'émergence de la réactivation de traces d'expériences passées. Par exemple, Barsalou (1999 & 2003) compare le souvenir à la simulation mentale de l'objet ou de la situation rappelée.

Mais le premier mécanisme à prendre en compte est selon nous celui de l'imagerie mentale, bien que, nous le verrons, il soit difficile de dissocier les mécanismes propres à l'imagerie de ceux spécifiques à la mémoire, tout comme il est difficile de dissocier les mécanismes propres à l'imagerie des mécanismes perceptifs.

2.1. Imagerie mentale

Dans le cadre des travaux présentés pour cette thèse, il ne s'agit pas uniquement de percevoir ni même d'évaluer un environnement, il s'agit de se l'approprier, jusqu'à pouvoir s'y projeter. Le sujet doit par conséquent imaginer que la scène est réelle et se créer une représentation, une image mentale de celle-ci, voire éventuellement de lui-même dans la scène.

2.1.1. Définition

L'être humain est capable de se créer des images internes relatives à toutes les modalités sensorielles. Simplement à partir des traces réactivées en mémoire, il a la possibilité de reproduire les sensations perceptives sous forme d'expériences internes permettant l'émergence de ce que l'on nomme les images mentales. L'image alors considérée est un événement psychologique qui a pour vocation de restituer l'apparence figurative des objets ou des événements en dehors des conditions matérielles de réalisation d'un champ perceptif, c'est-à-dire de leur présence réelle. L'imagerie mentale est définie comme « l'apparition en mémoire d'une ou de plusieurs entités, ayant une réalité propre, résultant de l'activation, sous l'impulsion d'un stimulus, d'un ou plusieurs éléments d'informations multisensorielles préalablement stockés en mémoire à long terme. » (Helme-Guizon, 1998).

Elle désigne donc « l'ensemble des mécanismes par lesquels l'individu construit des représentations internes qui préservent les aspects figuratifs des objets, les inscrit en mémoire, puis leur redonne une actualité cognitive dans des circonstances ultérieures » (Houdé, Kayser, Koenig, Proust & Rastier, 1998).

2.1.2. Perception et imagerie mentale : la Présence, un mécanisme d'imagerie avec support ?

Ce processus d'imagerie mentale est fondamentalement lié à celui de la perception. En effet la perception intervient non seulement dans le processus d'encodage des traces réactivées pour la construction de l'image mentale, mais aussi au niveau des mécanismes provoquant l'impression de voir ce qui est imaginé.

Le rôle de l'imagerie mentale dans l'amélioration de la performance motrice et l'apprentissage du mouvement n'est plus mis en doute : ainsi, les travaux de Collet (Xème congrès ACAPS, 2003) s'attachent particulièrement à identifier les déterminants de son efficacité. La nature des images construites (visuelles ou proprioceptives), les caractéristiques des sujets (capacités d'imagerie bonnes ou mauvaises, établies par des tests) et les contraintes de la tâche sont les variables étudiées. La pratique de l'imagerie proprioceptive s'est révélée plus efficace que la modalité visuelle. Les progrès sont plus marqués chez les bons imageurs et lorsque l'exercice réel a précédé le travail mental. Guillot, Collet et Dittmar (2003) ont étudié l'effet du niveau de pratique, des caractéristiques individuelles, des exigences de l'activité, ainsi que l'effet de l'environnement sur la qualité de l'imagerie. Celle-ci est attestée par des indicateurs physiologiques du système nerveux végétatif. Par exemple, les sportifs de haut niveau construisent des images mentales plus fines que les novices, le type de pratique mentale doit être choisi en fonction des caractéristiques individuelles des sujets et des exigences de leur sport. En 2006, Brouziyine et Molinaro démontrent les mêmes effets pour l'aide à la préparation des athlètes pongistes aux jeux Paralympiques d'Athènes de 2004. Mais quel que soit le type d'imagerie mentale étudié, l'activité cérébrale engendrée par la génération d'une image mentale est, au moins en partie, comparable à celle observée lors de la perception effective de l'objet imaginé.

En 2002, Michelon et Koenig ont mené deux expériences d'amorçage, utilisant une tâche d'identification perceptive, pour explorer l'éventuel chevauchement fonctionnel et représentatif entre images mentales visuelles et perception visuelle.

La première expérience, réalisée en deux temps, incluait une phase introduisant progressivement des cibles, certaines étant des objets perçus, et d'autres des objets à imaginer. Dans une seconde phase, une tâche d'identification perceptive devait être réalisée. Seulement la moitié des cibles de cette tâche faisait partie des objets utilisés dans la première session de l'expérience. (l'autre moitié était composée d'objets nouveaux, ni vus ni imaginés précédemment). L'activité d'imagerie (c'est-à-dire les images mentales) a primé, et donné lieu à de meilleurs résultats à la tâche d'identification, lorsque la consigne était de compter les parties des objets à imaginer dans la première phase de l'étude. Cependant, cet avantage disparaît lorsqu'il est demandé aux participants de se concentrer et de se focaliser sur la forme globale des objets. Ce résultat suggère que les images mentales entraînent des représentations perceptives identiques à celles impliquées dans la perception. Il suggère aussi que le chevauchement de la représentation entre images mentales et perception dépend du type d'images produites : par exemple, certaines images peuvent consister en des formes globales ou des

concepts, tandis que d'autres peuvent consister en des représentations beaucoup plus détaillées, incluant des formes multi-parties.

Dans la deuxième expérience, les auteurs ont utilisé des objets entiers comme stimuli cibles afin de fournir aux sujets plus d'informations pour identifier des cibles masquées et ainsi réduire le traitement top down et ses effets. Les résultats ont alors montré que l'effet de l'amorçage par imagerie mentale tombe au-dessous du seuil significatif, suggérant que ce type d'amorçage est en grande partie issu d'un transfert de processus top down. Ceci permet d'argumenter en faveur du partage fonctionnel entre perception et imagerie mentale. En fait, de la même façon qu'il existe des neurones miroirs qui impliquent une simulation neuronale des activités d'autrui, imagerie mentale visuelle et perception visuelle partagent des processus et des sous systèmes fonctionnels (Kosslyn, 1977). Plus récemment, en 2006, Johansson, Holsanova & Holmqvist présentaient leurs expériences réalisées en 2004 démontrant que le mouvement des yeux reflète la position des objets imaginés dans une scène, alors que les participants sont soit en train d'écouter la description d'une scène, soit de se remémorer les récits d'une description de scène entendue auparavant, ou encore lorsqu'ils doivent décrire eux-même une image vue au préalable.

L'aspect de l'imagerie mentale qui a attiré notre attention est le rôle qu'elle peut jouer dans l'aide au raisonnement, à l'imagination et à la créativité. En effet, l'image produite est nécessaire à la résolution de tout problème faisant intervenir la visualisation de traits, de relations entre les objets et de localisation dans l'espace : elle offre la possibilité d'avoir accès aux informations relatives à des objets et à des situations non perçus, même auparavant. Selon Toussaint, Robin, Blandin, et Proteau (2003), la pratique par imagerie mentale s'accompagne d'une amélioration notoire de la performance, bien que dans une proportion moindre que celle associée à la pratique physique (Feltz et Landers, 1983 ; Hall, Buckolz et Fishburne, 1992). L'hypothèse du partage de représentations communes entre imagerie et pratique réelle a été validée par de nombreux travaux qui reposent sur des paradigmes expérimentaux variés, basés notamment sur des techniques de chronométrie mentale (Decety, Jeannerod et Prablanc, 1989 ; Decety et Michel, 1989), de mesures d'indices physiologiques (Decety, Jeannerod, Durozard et Baverel, 1993 ; Roure, Collet, Deschaumes-Molinario, Delhomme et Dittmar, Vernet-Maury, 1999) et d'imagerie cérébrale (Decety et Grèzes, 2000 ; Ingvar et Philipsson, 1977 ; Sirigu, 1996). L'imagerie mentale aide ainsi à la résolution de problèmes même nouveaux. Il est par exemple possible à n'importe qui de s'imaginer arpenter un chemin qu'il n'a pourtant jamais emprunté précédemment et de décrire le paysage traversé (Houdé & al., 1998).

Cependant les phénomènes étudiés dans cette thèse, l'immersion et l'émergence du sentiment de présence du sujet ne reposent pas sur un traitement visuel pur, et ne résultent pas non plus uniquement d'un processus d'imagerie mentale, puisque la présence d'un support (la simulation) y participe. L'activité que nous proposons d'observer est celle de la mise en situation à partir d'un environnement mi-réel, mi-virtuel, à savoir un simulateur pleine échelle. Notre opinion est que l'imagerie mentale joue alors un rôle de médiateur entre la perception du stimulus et la réponse comportementale induite. C'est par ce processus que l'environnement suggéré, par le film ou la séquence projeté(e), doit être perçu tel qu'assimilé au réel, dans le scénario et la représentation que se construit le

participant.

2.2. Représentations, mécanismes mnésiques et simulation mentale

2.2.1. Les modèles de la mémoire à traces multiples

Deux grands courants de la psychologie cognitive ont tenté de décrire les processus mnésiques. Le premier considère la mémoire comme étant composée de systèmes multiples et spécifiques (Anderson, 1983; Cohen & Squire, 1980; Squire, 1987; 1992 ; Squire, Knowlton, & Musen, 1993; Tulving, 1995). Ces différents systèmes de mémoire sont supposés prendre en charge le stockage et le traitement des connaissances en fonction de leur nature et/ou de leur temps de conservation.

Le second courant (e.g., Medin et Schaffer, 1978 ; Hintzman, 1986 ; Logan, 1988 ; Wittlesea, 1987) envisage la mémoire comme un système unique. Cette conception a donné lieu à la description de modèles dits épisodiques ou à traces multiples. Selon ces modèles, un seul système mnésique gère toutes les connaissances, de tous types, de l'individu, en stockant des traces pour toutes les expériences auxquelles il est confronté. Ces traces sont multidimensionnelles, c'est-à-dire qu'elles reflètent les multiples propriétés et composantes de la situation mémorisée. Par conséquent, les connaissances dépendent non seulement des propriétés objectives des objets traités explicitement, mais aussi de la situation au sens large dans laquelle ces objets sont considérés. Toute forme de connaissances, qu'elles soient conceptuelles ou de type souvenir, correspondrait à des états d'activation du système mnésique et serait toujours créée ou recréée dans le cadre d'interactions avec l'environnement, plutôt que simplement stockée et récupérée.

Ainsi au niveau neurobiologique, la notion de trace se traduirait par une modification structurelle des voies nerveuses, c'est-à-dire un marquage des réseaux de neurones. Ce marquage se fait par l'intermédiaire d'une modification des capacités du réseau à transmettre l'influx nerveux en réponse à un signal externe (Versace, Nevers & Padovan, 2002). Ainsi, à chaque souvenir correspond un schéma d'activation de plusieurs neurones.

2.2.1.a. Notion de représentations dans les modèles de la mémoire

Ces modèles de la mémoire posent la question de la nature des informations et des propriétés codées au niveau de ces traces. L'émergence de la psychologie cognitive, telle qu'elle est actuellement, a notamment été motivée par l'idée qu'il existe des représentations mentales, et que celles-ci, bien que inobservables directement, sont accessibles à la connaissance scientifique. À une période où la psychologie se développait sur d'autres bases que l'observation des comportements, les représentations

ont alors été considérées comme le support de la cognition. Malgré leur rôle important dans l'étude de la cognition, aucun consensus n'a été établi quant à leur définition, et certains chercheurs réfutent d'ailleurs l'idée même ou du moins la notion de représentation (Berthoz, 2007). Les modèles de la représentation cognitive (Denis et Dubois, 1976) se sont développés simultanément à l'idée selon laquelle à travers son vécu et ses expériences, l'individu construit un modèle intériorisé de son environnement (ainsi que des différents objets et des différentes interactions qu'il peut avoir avec ces objets). Par la suite, l'étude des représentations, toujours non observables directement ni même vraiment explicitement, s'est faite au travers d'expériences mettant en jeu des réponses comportementales identifiables et mesurables. Ces études ont permis de dégager des propriétés générales des représentations pour les décrire en tant que structures soutenant et contenant l'information sous forme réduite et éventuellement abstraite. Dans cette démarche, il faut distinguer deux états des représentations (d'un point de vue cognitif) :

- Premièrement : un état de disponibilité permanente, qui correspondrait à l'existence d'une mémoire à long terme.

- Secondement : un état dit d'actualité, correspondant à l'activation de la représentation sous l'influence et l'effet de processus ou d'événements activateurs. Cet état actif fait à la fois référence à l'utilisation de la représentation pour une réponse comportementale appropriée à l'environnement, et à la mise à jour de cette représentation, c'est-à-dire à son actualisation. Les processus mis en jeu lors de l'actualisation peuvent être conscients ou non, explicites ou implicites, directs ou même indirects.

Cette perspective peut sembler étayer les arguments en faveur d'une dichotomie de la mémoire en Mémoire à long terme et Mémoire à court terme. Cependant, la notion de représentation peut aussi être comprise et reliée à la notion de traces que l'on retrouve dans les modèles de la mémoire conceptualisée tel un système unique mais érigé en réseau, les connaissances et tous les éléments multimodaux relatifs à ces dernières étant considérés comme des traces, d'où le nom de modèle de la mémoire à traces multiples.

Dans la lignée de ces modèles de mémoire à traces multiples, Lawrence Barsalou a développé une théorie perceptuelle de la connaissance (1999). Selon cette théorie, les souvenirs d'un composant perceptif d'un objet s'organisent autour d'une structure commune, puis engagent la mise en œuvre d'un simulateur qui va créer des simulations illimitées et sans borne du composant sensoriel. Les simulateurs ainsi déployés ne le sont pas uniquement pour les éléments sensoriels, mais aussi pour toutes les expériences proprioceptives ou introspectives vécues et perçues par l'individu.

2.2.2. Un modèle spécifique : le souvenir comme simulation de l'objet rappelé

Par définition, les concepts - connaissances très larges ou prototypes stockés en mémoire - sont définis indépendamment de la situation dans laquelle ils sont susceptibles d'être perçus et/ou impliqués. Les tâches relatives à tout traitement de concept devraient donc

être peu sensibles aux effets de situation ou de contexte. Or nous avons discuté plus haut de la réalité de l'existence de tel effet (pour une revue, voir Barsalou, 1993).

Dans sa théorie des symboles perceptifs, Barsalou (e.g; 1999; 2005) a développé une notion extrêmement intéressante, la notion de simulateur de concepts. La mise en place progressive de ces simulateurs impliquerait différentes étapes. Tout d'abord la confrontation avec un objet déclenche une activation de détecteurs de traits dans les aires sensorielles correspondantes. Par exemple, en vision, des neurones répondent aux bordures, d'autres aux couleurs, aux orientations, aux directions des mouvements, etc. L'ensemble de ces activations distribuées dans les aires sensorielles visuelles correspondent à une représentation visuelle de l'objet, mais il existerait également d'autres formes de représentations rattachées aux différentes modalités sensorielles (représentations auditives, olfactives, motrices, etc).

En même temps que les représentations sensorielles (ou cartes sensorielles) s'activent, des neurones dans des aires associatives (voir aussi les zones de convergence de Damasio, 1989) capturent les configurations de traits sensoriels, à la fois au niveau intra-modal et inter-modal. Les liaisons réciproques entre zones sensorielles et zones associatives (de convergence) permettent des phénomènes de réactivation sensorielle : en l'absence de l'objet lui-même, une réactivation des aires sensorielles est possible par l'intermédiaire des zones de convergence.

Différents exemplaires d'une même catégorie d'objets (du même concept) activent des patterns sensoriels identiques donc impliquent des populations très similaires de neurones. Ces renforcements neuronaux permettent ainsi la construction (l'abstraction) de représentations modalité spécifique (symboles perceptifs) et de représentations multimodales du concept, impliquant à la fois des zones modalité spécifiques et des zones associatives. Un simulateur est donc sous-tendu par l'ensemble de ces zones distribuées. Les simulateurs produisent par conséquent des représentations multimodales des différentes instanciations des concepts, l'exemplaire généré dépendant de multiples facteurs (contexte, état du sujet, objectifs, etc.). Par exemple, le simulateur du concept « voiture » peut réactiver selon le cas la simulation « conduire une voiture », « faire le plein », « voir quelqu'un conduire une voiture ». Les simulateurs permettraient aussi de simuler des séquences d'évènements. Ils faciliteraient donc les intégrations spatiales et temporelles multimodales. Les simulateurs sont en fait équivalents aux concepts. Un simulateur donné peut produire un nombre illimité de simulations, ces différentes simulations correspondant aux différentes conceptualisations du concept.

Pour valider la notion de simulateur, Barsalou et ses collaborateurs (e.g., Pecher, Zeelenberg, & Barsalou, 2003; Solomon & Barsalou, 2001) ont notamment utilisé des tâches de production ou de vérification de propriétés associées à des concepts. Pour générer une propriété (par exemple crinière) associée à un concept (cheval), l'individu simulerait mentalement la présence de l'objet et rechercherait la propriété en question, exactement comme il pourrait le faire dans son environnement. Ainsi, des sujets à qui l'on donne pour consigne de générer (Wu & Barsalou, 2001) ou de vérifier (Solomon & Barsalou, 2001 et 2004) des propriétés associées à un concept produisent les mêmes réponses que des sujets ayant la consigne d'utiliser pour cela l'imagerie mentale. De plus, des variables modifiant les caractéristiques perceptives des propriétés modifient les

performances des participants à qui aucune consigne n'a été donnée. Par exemple, des propriétés visibles (externes) des objets sont générées plus facilement que des propriétés cachées (internes). Au contraire, lorsque la consigne favorise un déplacement de l'attention vers les propriétés internes, c'est l'inverse qui est observé. De la même manière, les propriétés de grande taille s'accompagnent de réponses plus rapides que celles des propriétés de petite taille. Une autre démonstration du caractère modalité-spécifique de la catégorisation a été fournie par Pecher, Zeelenberg, et Barsalou (2003; voir aussi Barsalou, Pecher, Zeelenberg, Simmons, & Hamann, 2005). Partant du fait qu'au niveau perceptif, des réponses consécutives sur des stimuli impliquant différentes modalités sont associées à un ralentissement par rapport au maintien de la même modalité, les auteurs ont montré que le ralentissement dû à un changement de modalité est également présent dans une tâche de vérification de propriétés relatives à six différentes modalités (vision, audition, toucher, goût, odorat, action) en faisant varier la modalité d'un essai à l'autre.

On retrouve une notion très proche de celle de 'simulation' chez trois auteurs ayant cherché à expliquer le sentiment de présence dans les environnements virtuels.

En effet, Schubert, Friedman, et Regenbrecht (1999) proposent une interprétation de la présence en tant que « présence concrétisée » (en anglais « embodied presence »), et suggèrent que la présence est le résultat de représentations mentales des actions possibles dans le monde réel. La présence se développerait donc par la représentation que l'utilisateur se fait des mouvements corporels relatifs aux actions possibles dans l'environnement virtuel. Ils conçoivent cette représentation mentale en tant que résultat d'une interprétation active de l'environnement virtuel, comprenant deux composantes : (1) l'attention directe sur l'environnement virtuel et (2) la représentation mentale de l'espace à l'extérieur de l'environnement virtuel dans lequel le corps peut être déplacé. Cette conception implique bien que l'utilisateur active une représentation du monde réel et aussi de son propre corps ; il s'agit d'une représentation de la réalité concrète mais qui inclut et mêle en même temps le monde virtuel qui est proposé. Il faut donc que le sujet se représente et recrée un monde mixte incluant réalité et virtuel : pour cela il établit une simulation sur la base de ses représentations, de ses connaissances et de l'environnement virtuel. Ainsi, utilisant des mécanismes attentionnels, mnésiques et perceptifs, il concrétise à la fois le monde virtuel et son sentiment de Présence.

2.3. Perception du virtuel comme réel : Notion d'illusion et illusion perspective

L'ingénierie numérique actuelle offre une représentation formelle du monde parfois si réaliste, que l'on est en droit de se poser tout simplement la question de son caractère prétendument illusoire - même si aucun sujet ne confondrait le portrait photographique d'une personne avec cette personne elle-même.

La perception du virtuel, ainsi que la représentation de la réalité impliquent de

en vertu de la loi du droit d'auteur.

s'attarder sur les thématiques d'imitation et de dimension. Les premières techniques artistiques ayant pris en compte la représentation de la troisième dimension ont abouti à un rendu plus réaliste. En présentant la profondeur sur une simple surface, elles sont au fondement de ce que l'on nomme l'illusion perspective. Mais nous nous trouvons alors face à une nouvelle question : qu'est-ce qui suscite l'illusion ? Est-ce la troisième dimension, élément de la réalité, qui est figurée sur le tableau, ou bien est-ce parce que la représentation se rapproche de l'image visuelle, c'est-à-dire de l'image de la réalité qui serait perçue par l'observateur dans la situation réelle ?

L'illusion peut ainsi être comprise comme faisant référence à l'acte de perception plutôt qu'à son objet. Elle se situerait donc davantage du côté de l'acte de la perception visuelle plutôt que de la réalité. Comme le signale Marin (1994), l'enjeu de la perspective, n'est pas de donner l'illusion d'être présent dans un lieu en trois dimensions, mais de fonder son regard dans la vision d'autrui, c'est-à-dire dans le regard de celui qui se trouverait effectivement, réellement, dans le lieu représenté. L'illusion perspective peut alors être considérée comme un élément participant à duper l'observateur, en permettant de percevoir comme s'il était dans la position dans laquelle il lui est demandé de s'imaginer.

L'émergence du "virtuel" dans la culture visuelle mêle deux évolutions simultanées, coordonnées et éventuellement divergentes : la reproduction du monde réel et/ou la création d'un autre monde, pouvant être même fantasmagorique. Le mouvement d'imitation exacte de la réalité, initié par le dessin perspectiviste et radicalisé par la photographie, trouve dans la numérisation un outil que l'on peut qualifier d'avantageux.

La sensation provoquée par le stimulus est une base de construction pour la réponse du système cognitif, selon les résultats de l'intégration de l'information. Le percept diffère en fonction des connaissances de l'individu mais aussi de ce qu'il en attend. "Percevoir" implique donc l'interrogation du champ de perception (le champ visuel dans le cas de la vision), mais engage également l'appréhension, l'incorporation des différentes informations perçues aux informations stockées en mémoire, ainsi que leur compréhension dans le cadre mental.

Pour O'Regan (1992) : «ce que nous avons l'impression subjective de "voir" est issu avec précision des aspects de la teneur de l'environnement que nous choisissons de transformer, ou d'intégrer, en notre cadre mental, en vertu des opérations cognitives appropriées». Dans cette optique, l'environnement extérieur est défini comme une mémoire externe que l'être humain peut explorer au même titre que sa mémoire interne.

Parallèlement aux dimensions strictement fonctionnelles, toute une symbolique spécifique s'élabore pour amplifier la portée cognitive des systèmes virtuels conçus, de la même façon que la perspective a aidé à percevoir différemment les images les plus simples. Comme l'explique Duplat en 1994, directeur de Virtools, il faut "...inventer des métaphores intuitives qui permettent une utilisation pragmatique de la réalité virtuelle. Car c'est la simplicité d'utilisation, plus que le recours systématique à l'immersion, qui garantira le développement de ces nouvelles interfaces et donc des applications professionnelles de cette technologie" (cité par Barnu, 1994). En effet, les environnements virtuels sont certes de plus en plus réalistes, mais sont aussi chaque jour

appréhendés un peu plus facilement. Étant donné que la technologie est de plus en plus légitime, voire banalisée, et présente dans notre quotidien (que ce soit sous forme de jeux, d'environnements de travail ou par leur intrusion dans toutes sortes de médias - télévision ou cinéma), les différents types de simulations ne sont plus si étonnants qu'auparavant. Ils occupent une place qui s'étend constamment. Mais ce n'est pas la simple pseudo sur-exposition du public aux différents types de simulations qui rend leur perception plus simple et moins surprenante, les efforts fournis pour faciliter leur utilisation jouent effectivement un rôle prépondérant.

La perception, qu'elle soit du réel ou du virtuel, désigne « l'ensemble des mécanismes et des processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde et de son environnement sur la base des informations élaborées par ses sens. » (Bonnet, Guiglione et Richard, 1989.) Dans le cas du Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement, le sujet immergé dans le laboratoire doit se projeter et se sentir présent dans le lieu représenté par la simulation pleine échelle d'un environnement audiovisuel mi virtuel (le film avec la bande son) et mi réel (le salon). Il lui faut donc se mettre dans une situation donnée (celle de riverain habitant du lieu) à partir de ce qu'il perçoit et des représentations qu'il a de la situation évoquée.

Dans une conception cognitiviste, la perception est considérée comme une fonction d'interprétation des données sensorielles et implique l'intervention de processus de traitement de l'information essentiellement bottom-up (Houdé, Kayser, Koenig & Rastier 1998). Et selon la théorie défendue par O'Regan, l'environnement extérieur est défini comme une mémoire externe que l'être humain peut explorer au même titre que sa mémoire interne. En effet, un événement, comme un objet, est stocké en mémoire selon les différentes modalités sensorielles, mais aussi selon ce que l'individu a pensé, imaginé et ressenti sur un plan émotionnel au moment de l'intégration de l'information, comme de la récupération. Ainsi la perception tout comme la réactivation d'un souvenir est plurimodale. De plus, et c'est ce qui nous intéresse, il est possible d'explorer un souvenir, comme on explore une image, comme on analyse une odeur, ou comme on discerne un discours au milieu d'un bruit de fond. Il est alors concevable d'établir un parallèle entre le monde extérieur et les différents aspects de la mémoire, comme entre représentation du monde, simulation de l'environnement et souvenir ou image mentale.

Chapitre 3 : Perception de l'environnement et évaluation des impacts environnementaux des transports

Compte tenu de notre champ d'application qui est de définir le cadre d'utilisation des environnements virtuels pour l'évaluation des impacts environnementaux des transports, il était nécessaire d'étudier les travaux relatifs à la psychologie de l'environnement, à la perception du paysage ainsi qu'aux interactions entre modalités visuelles et sonores qui interviennent dans la perception et l'évaluation de l'environnement dans son sens générique. De plus il fallait inévitablement prendre en compte les études portant sur l'évaluation des impacts environnementaux des transports.

3.1. La perception visuelle du paysage

Nous ne situons pas ce travail dans l'étude de la perception, au sens strict d'activité sensorielle, mais plutôt dans une conception proche du modèle défini par Anderson – Information Integration Theory, 1981 (cité par Sauvageot, 2001). Cette théorie permet une

en vertu de la loi du droit d'auteur.

distinction explicite entre sensation et perception, au-delà d'une simple dichotomie entre réaction physiologique et mécanisme cognitif. Ce modèle définit la réponse sensorielle selon 3 étapes. La première est une sensation inconsciente qui permet l'estimation de l'intensité du stimulus, la seconde traduit la sensation en un percept conscient qui intègre l'information, et la troisième étape vise à traduire le percept en une réponse comportementale observable.

La sensation provoquée par le stimulus est une base de construction pour la réponse, selon les résultats de l'intégration de l'information. Le percept diffère en fonction des connaissances de l'individu et de ce qu'il attend. "Percevoir" implique donc l'interrogation du champ de perception (le champ visuel dans le cas de la vision), mais engage également l'appréhension, l'intégration des différentes informations perçues aux informations stockées en mémoire, ainsi que la compréhension dans le cadre mental.

La notion de paysage est née dans le milieu artistique à la période romantique. Sa dimension première est avant tout esthétique.

Actuellement, le paysage est à la fois considéré comme un système animé par une dynamique, en interaction perpétuelle avec les autres systèmes vivants, et comme la lecture d'un espace à un instant précis (Champelovier & Guérin, 2002). Cette lecture est le résultat de la conjonction d'une réalité et du regard qui est porté sur elle. En 2000, Bauer définissait le paysage comme « la relation qui s'établit entre un lieu à un moment donné, entre un observateur et l'espace qu'il parcourt du regard. Au travers de ses propres filtres sensoriels et culturels, l'observateur appréhende ce qui devient pour lui un spectacle porteur de significations. ».

La perception visuelle d'un paysage est donc le résultat de la mise en relation d'un lieu et d'un observateur, qui par son interprétation, donnera une signification et probablement une valeur au paysage. Une scène visuelle est aussi « un morceau de paysage qui sera vu à partir d'un point de vue (ou d'une localisation) en regardant dans une direction. » (Poisson, 2001).

3.1.1. Mécanismes intervenant dans la perception d'un paysage

Plusieurs mécanismes interviennent lors de la perception d'une scène paysagère.

La pratique paysagère (Cheneaux, 2003) considère que l'image est perçue en deux temps. Il y aurait tout d'abord une perception affective et instinctive, c'est-à-dire très subjective, liée au vécu de l'observateur, puis une perception analytique. Cette dernière, consciente, décrypte les formes qui composent la scène pour en formuler une interprétation (Virion, 2002).

Le paysage en tant qu'objet visible est structuré par des lignes, sa perception est régie par des règles. Depuis la Rome antique, on admet qu'une division des espaces en parties inégales produit un effet agréable et esthétique lorsque le rapport entre la plus petite et la plus grande partie équivaut au rapport entre la plus grande partie et le tout. En pratique, il apparaît qu'un partage dissymétrique d'une image lui confère un côté dynamique, tandis qu'un partage symétrique donne un sentiment de calme.

Classiquement, l'image paysagère est composée de différents plans. Toutes les images ne sont pas riches de tous les plans possibles. Il peut y en avoir cinq types : avant plan, premier plan, plan intermédiaire, arrière plan et lointain, mais on dénombre toujours au moins deux plans pour représenter la réalité, laquelle est en trois dimensions. Les trois plans principaux (généralement les plus représentés) sont :

1) Le premier plan, qui interpelle directement l'observateur. La proximité de ce niveau permet de décrire les détails de la composition.

2) Le plan intermédiaire, à partir duquel le paysage se simplifie et s'épure. C'est le niveau de compréhension de l'organisation du paysage.

3) L'arrière plan qui détermine la perception de l'ensemble. S'il est composé d'un relief affirmé, il structure la vision de la scène.

Il est nécessaire de noter l'importance de la ligne d'horizon qui sépare la zone de terre et la zone de ciel. De façon symbolique, cette ligne évoque l'infinie, ainsi que la ligne d'horizon théorique à partir de laquelle on peut diviser le paysage en deux sous-ensembles (Virion, 2002). La perception des éléments de la scène serait différente selon que l'observateur se trouve en-dessous ou au-dessus de cette ligne.

Les différentes études menées sur les préférences paysagères, par opposition au concept d'évaluation objective des paysages, apportent quelques éléments pour la compréhension des mécanismes liés à la perception des scènes visuelles. Ainsi, dans la pratique, perception et préférence semblent très difficiles à dissocier. Face à une scène paysagère, l'être humain fait appel à sa mémoire et donc à ses souvenirs. Il utilise ses références personnelles, c'est-à-dire son expérience du paysage et ses représentations qu'il peut avoir acquises, elles-mêmes résultats des empreintes des lieux où il a vécu, ou bien dont il a pu prendre connaissance à travers diverses voies de communication (Champelovier & Guérin, 2002). Par conséquent, la perception visuelle d'un paysage est dépendante des variables personnelles, culturelles, socio-économiques, voire géographiques de l'observateur (Dearden, 1984 ; Breman, 1993).

Nombre de textes sur l'appréciation des préférences paysagères révèlent que les participants et leurs caractéristiques constituent le plus grand facteur de variation de l'évaluation (Bourassa 1988, Breman 1997) et soulignent l'importance du biais de familiarité. Ainsi l'évaluation d'un paysage est toujours plus favorable si celui-ci ressemble au lieu où le participant a vécu ou grandi (Dearden 1984). En fait, la «qualité» d'un paysage fait référence à une valeur et donc a une estimation personnelle et subjective, elle-même liée à l'estimation esthétique du paysage selon l'observateur.

Cependant, la psychologie cognitive considère la perception comme une activité réelle, au sens de "situation active", c'est-à-dire faisant intervenir plusieurs mécanismes. L'enchaînement et les imbrications de ces processus conduisent de la stimulation à la prise en compte de l'objet perçu. Notre perception du monde est constituée des différentes informations, définies par les différentes modalités de notre sensibilité réceptive. Ainsi, Streri (1993) définit les modalités sensorielles comme les systèmes permettant de capter les informations du monde extérieur. En effet, l'environnement, le milieu qui nous entoure, et que nous ressentons, est plurimodal. Il est à la fois visible, sonore, odorant, et proprioceptif. Toutefois, il est aussi important de noter que la

perception que nous en avons est limitée aussi par les capacités sensorielles des individus (Martin, 1995).

3.2. Rôle des interactions entre modalités visuelles et sonores dans la perception de l'environnement

L'approche fonctionnelle et situationnelle de la mémoire évoquée dans les chapitres précédents attribue un rôle prépondérant à l'intégration des informations multimodales provenant de l'environnement ou réactivées en mémoire. Dans le domaine des neurosciences, de plus en plus de recherches montrent effectivement que de multiples zones du cerveau sont impliquées quasi systématiquement lors du fonctionnement cognitif, que ce soit lors d'activités perceptives ou mnésiques. Ainsi une intégration et/ou synchronisation de l'activité de ces zones est nécessaire à un moment donné pour permettre l'émergence de connaissances cohérentes et de comportements adaptés, mais aussi au niveau de la conservation à long terme des traces mnésiques (pour une revue, voir par exemple Badard, 2007 ; Versace, Badard, Labeye, et Rose, 2007 ; Versace et al ; 2002). Nous avons vu aussi que le mécanisme de simulation de Barsalou implique également des symboles perceptifs multimodaux.

Dans le domaine plus spécifique de la perception de l'environnement, l'étude des interactions entre modalités peut se réaliser à travers la comparaison des phénomènes intramodaux (concernant une seule modalité) et des phénomènes intermodaux (faisant interagir plusieurs modalités). Les interactions intermodales supposent la mise en œuvre de plusieurs processus, dont le transfert intermodal et l'intégration intermodale.

Le transfert intermodal se définit par le fait qu'une information perçue à travers une modalité, est utilisée correctement, ou au contraire incorrectement, par une autre modalité. Un exemple courant en psychologie cognitive est le transfert intermodal impliqué dans la lecture, par l'application des correspondances grapho-phonémiques (Gombert) : les formes visuelles, ou graphèmes, sont associées et retranscrites en leur équivalent phonologique.

L'intégration intermodale, elle, peut se manifester de deux façons. Tout d'abord dans le cas où les modalités fonctionnent de manière complémentaire, et permettent l'accession à des propriétés distinctes des objets. L'intégration consiste alors à créer une représentation de l'objet unique, mais multimodale. D'un autre côté, les modalités peuvent renseigner sur une même caractéristique de l'objet, et doivent alors référer à la même valeur de la propriété perçue. C'est à cette condition que la représentation activée de l'objet est cohérente. Dans le cas contraire, le sujet se trouve en situation de conflit perceptif.

Un des exemples les plus connus d'intégration multimodale en Psychologie Cognitive est l'effet McGurk (McGurk et McDonald, 1976). Cet effet est dû à l'influence de la perception visuelle du mouvement articulaire des lèvres sur la perception auditive de la

parole. Dans leur expérience, les auteurs montrent que la perception auditive de la syllabe /ba/ est modifiée par la perception simultanée du mouvement des lèvres articulant la syllabe /ga/, la syllabe finalement perçue étant la fusion des syllabes /ba/ et /ga/ en l'occurrence /da/.

Une autre illusion dans laquelle la vision altère l'audition est le phénomène de ventriloquie. Il apparaît à travers ce phénomène que la perception d'un mouvement articulaire peut influencer le jugement de la localisation d'une source sonore. En effet, lorsqu'un ventriloque parle en évitant de bouger les lèvres et en animant la bouche d'une marionnette, la parole est alors attribuée à cette dernière.

Les interactions entre les modalités visuelle et sonore ont été mise en évidence dans de nombreuses recherches portant sur la perception de l'environnement (Aylor & Marks, 1976, Kragh, 1981, Viollon & Lavandier, 1997, Tamura, 1997, Suzuki, Abe, Suzuki & Sone, 2000, Nathanail & Guyot, 2001, Volz, 2002). De même, le phénomène de conflit perceptif est illustré par la notion d'incongruence entre les deux modalités. En 1999, Abe, Ozawa, Suzuki et Sone observent qu'au cours d'une tâche d'évaluation esthétique et d'estimation du volume de différentes séquences sonores, les résultats diffèrent en fonction des scènes visuelles complexes associées. Les indices visuels permettent une reconnaissance plus rapide des sons, ainsi qu'une caractérisation plus facile de leur qualité esthétique et de leur volume, et ceci dans le cas où ils apportent des informations complémentaires. Cependant, ils peuvent aussi entraîner une baisse des scores attribués aux stimuli sonores, ou retarder les réponses, lorsque les informations supplémentaires induisent en erreur, c'est-à-dire lorsque l'image présentée est ambiguë par rapport au son à analyser. Carles, Lopez-Barrio et De Lucio (1999), ont montré que les préférences paysagères sont largement influencées par la cohérence, entre les informations sonores et visuelles fournies par l'environnement. Tandis que Volz (2002) met en évidence un sentiment de surréalisme induit, lorsque des séquences sonores sont associées à des scènes visuelles trop incompatibles. Parallèlement, les résultats obtenus par Kitagawa et Ichihara (2002), permettent de conclure à l'existence d'interactions entre les modalités visuelle et sonore, mais uniquement en cas de congruence. En condition d'incongruence, les auteurs concluent à un effet nul de l'interaction, et à une dominance de la modalité visuelle, qui serait alors la seule traitée.

De la littérature dans ce domaine de recherche il est important de retenir que les conditions de congruence entre les deux modalités permettent un renforcement de la réponse donnée. Il paraît moins aisé de conclure aux effets des conditions d'incongruence, ou encore à la dominance d'une des deux modalités sur l'autre. Selon les textes, on trouve une dominance de la perception visuelle sur la perception sonore (Gifford & Fanning, 1982, Warren & McCarthy, 1983, Hayashi, Tamura, Toyama, Suzuki & Kashima, 1994, Jullien & Warusfel, 1994) ou inversement une dominance de l'audition sur la vision (Anderson, Mulligan, Goddman & Regen, 1983, Volz, 2002). Cependant, l'existence d'interactions entre les deux modalités est établie par la plus grande majorité des études dans le domaine de l'environnement (Champelovier, Guérin, 2002). Ce sont de plus, en psychologie, les modalités les plus souvent étudiées, spécifiquement dans la recherche sur la perception de l'environnement. En effet, ce sont les deux modalités perceptives les plus concernées par les impacts environnementaux des transports. De

plus, il existe bien davantage d'études sur le bruit dû aux transports que sur la perception visuelle et les paysages modifiés par la présence ou l'implantation d'une infrastructure, et encore moins de travaux sur les interactions entre ces deux aspects dans la perception de l'environnement par les personnes vivant aux alentours des infrastructures de transport.

3.3. Perception des séquences audiovisuelles : du réel au virtuel

Une photographie est une marque, une trace de la réalité. Elle existe effectivement, en tant qu'objet, mais est en fait une représentation possible d'un autre objet tangible dans l'environnement réel. C'est une copie, même si l'on peut la considérer comme un état propre de l'environnement qui y a été imprimé. Dès 1980, Shuttleworth, puis Stamps en 1990, démontraient la légitimité de l'utilisation de photographies comme support d'étude de l'appréciation des paysages, et pouvant permettre la prévision d'effets in situ.

Un film vidéo, est une reproduction plus proche du monde réel puisqu'il intègre le mouvement, mais reste toutefois une reproduction de la réalité (Fava-Natali, 1994). L'imitation est plus vraisemblable que pour une photographie, mais il s'agit toujours d'une représentation virtuelle. Il est cependant possible, d'argumenter que les films cinématographiques sont constitués de quelques unes des nombreuses vues possibles d'un événement, d'un petit sous-ensemble d'échantillons de temps, provenant d'une réalité continue, pour donner une illusion d'unité bien qu'il n'y en ait que des fragments. Car la réalité est spatialement et temporellement continue, tandis que le film ne l'est pas (Cutting, 2004). Cela constitue une des différences spécifiques entre perception de films et perception du monde réel (Arnheim, cité par Levin & Simons, 2000).

Cependant, si les films produisent une illusion de réalité, c'est parce qu'ils induisent la superposition des attentes perceptuelles fondamentales liées à ce qui est vu, et ce qui est réellement perçu ; cela par processus d'inférence. Les mécanismes utilisés et impliqués, comme les inférences et activations de connaissances, sont les mêmes que pour la "vraie" perception du monde (Johnson, Foley, Suengas & Raye, 1988, et Levin & Simons, 2000). De plus, si la réalité est continue, nous la percevons depuis notre point de vue, notre position dans l'espace, et à travers nos systèmes sensoriels qui, par les limites de leurs champs réceptifs, restreignent l'existence de l'environnement. Pour Cutting (2004), même si la vie et le monde réel ne sont pas communément décrits comme une suite de scènes, ce pourrait être une façon correcte de l'envisager. En effet, dans notre quotidien, le point de vue sur l'environnement peut ne pas changer pendant un certain laps de temps (situation où l'on est dans un bureau, une salle de restaurant, sur un banc dans un parc, etc...). Ceci pourrait être apparenté à une scène de film. De même lorsque nous changeons brusquement de milieu, comme en entrant dans un immeuble ou en changeant simplement de pièce, il est possible de décrire une similitude avec une coupure et un changement de scènes dans un film. Par ailleurs la mémoire épisodique

permet aussi la réminiscence de scène de vie, en général dans un contexte ou un lieu particulier.

Autant d'éléments qui nous permettent d'envisager le parallèle entre perception d'une scène dans la vie et dans un film, ou une séquence de réalité virtuelle. Les Environnements Virtuels un intérêt considérable pour les équipes de chercheurs travaillant sur la perception et l'évaluation de l'environnement ou des impacts environnementaux que peuvent avoir les infrastructures de transports, les plans d'urbanisation, de déplacements urbains, ou encore de toutes modifications prévues du cadre environnemental (Orland, B., Budthimedhee, K., & Uusitalo, J., 2001).

Ainsi, dans le cas de ce travail, basé sur la mise en situation des participants en condition de riverains d'une infrastructure de transport par la projection de films paysagers, nous avons considéré que la perception d'une séquence visuelle peut être comparée à la perception d'une même scène dans la réalité.

En effet, la vue depuis une fenêtre sur l'extérieur ne varie pas fondamentalement dans un décours temporel bref, ceci même si certains éléments peuvent être en mouvement (animal, vent dans les arbres, trafic routier ou ferroviaire, nuages). De plus, l'écran sur lequel sont projetées les séquences (film, RA ou RV) est placé dans la fenêtre : on peut donc penser que, en un emplacement donné dans la pièce, le point de vue sur l'extérieur est de toute façon limité par l'encadrement de la fenêtre.

Compte tenu des arguments des auteurs cités précédemment et du dispositif installé dans notre laboratoire, le sentiment perceptif devrait s'approcher autant que possible de celui de la réalité.

En 2000, Rohrman, Palmer et Bishop ont prouvé que la simulation virtuelle offrait un support valide et acceptable pour toute tâche perceptive, sous réserve d'une qualité élevée et adaptée de la simulation. Par essence, le film est un élément virtuel, puisqu'il n'est pas l'environnement réel. Néanmoins, issus d'un enregistrement de la réalité, les films paysagers en constituent une simulation de très haute qualité. Nous avons donc fait le postulat qu'ils formaient des stimuli adéquats et valides pour la base de nos travaux et avons choisi de les comparer à d'autres types de simulation visuelle : la Réalité Augmentée et la Réalité virtuelle.

Toutefois, il est aussi important de prendre en compte la dimension sonore du milieu. Cela afin d'appréhender la perception de l'environnement davantage dans sa globalité, mais aussi parce que l'impression de réalisme induit par le dispositif de simulation dépend des deux modalités. Ainsi, selon Hendrix (citée par Shubber, 1998), le sentiment d'immersion dans un environnement est meilleur lorsque les films sont présentés avec les bruits ambiants qui leur sont associés que lorsqu'il n'y a pas de son.

Le son est défini comme une sensation auditive due à une vibration acoustique. Tous les sons simples peuvent être décrits par trois paramètres caractéristiques de l'onde sonore qui sont : la fréquence, l'amplitude et la constitution harmonique. Le bruit est composé d'ondes acoustiques de fréquences différentes, et est donc trop complexe pour être décrit selon ces critères. Les études sur la perception, discrimination et localisation des sons ne peuvent donc nous être utiles ici, car elles portent sur des "sons purs" (MacAdams & Bigand, 1994).

En ce qui concerne la restitution de l'ambiance sonore, nous considérons que toutes méthodes d'enregistrement et de restitution, qui permettent de préserver et de rediffuser les sons complexes selon les trois caractéristiques de l'onde acoustique, dans une mesure supérieure à la capacité sensorielle de l'oreille humaine, fournissent des stimuli auditifs valides pour toute étude de perception auditive. Dans le cas où les caractéristiques acoustiques de la pièce dans laquelle la diffusion sonore est effectuée sont prises en compte, ce fait est communément admis. Vogel (1999), en se basant sur les principes de la psychologie écologique de Gibson (1979), précise l'approche méthodologique à observer. Il définit ainsi que « la tâche de l'expérimentateur ne consiste pas à restituer les stimuli sonores de la façon la plus réaliste possible, mais à donner les informations nécessaires pour permettre au sujet de réactiver les mêmes représentations en mémoire, que celles qu'ils ont établies lors d'une perception directe, en situation. ».

3.4. Interactions entre le milieu et le participant pour l'étude des impacts environnementaux des transports

Comme nous avons pu le voir plus avant (voir chapitre 1 section 1.1.1.b) la littérature sur l'émergence des sentiments de présence et d'immersion révèle que l'interaction du sujet avec l'environnement virtuel serait essentielle et nécessaire. Parallèlement, l'étude que nous avons menée en 2004 sur le temps de présentation d'une séquence audiovisuelle pour induire un sentiment d'immersion, nous a permis de mettre en évidence le fait suivant : lorsque aucune consigne particulière n'est donnée autre que celle de s'« imaginer être chez soi, et habiter l'endroit représenté par la simulation », les participants (+ de 80%) imaginent spontanément réaliser une activité concrète, le plus souvent dans une situation les faisant interagir avec l'environnement : ouvrir les volets ou les rideaux, ranger, prendre un repas, visiter les lieux dans l'optique d'un emménagement, etc... (Guérin-Presselin, 2004).

L'interaction effective avec l'environnement ne serait donc pas indispensable. Imaginer une tâche qui nécessite l'interaction avec l'environnement pourrait être suffisant. En effet, comme nous l'avons expliqué dans le chapitre 2, section 2.2., l'entraînement par imagerie mentale améliore les performances procédurales et facilite l'apprentissage de gestes spécifiques (Koenig 1992). De même, il a été démontré (Kosslyn 1995) que les zones cérébrales impliquées dans la réalisation effective d'une tâche, sont aussi impliquées dans la visualisation mentale. De plus, l'observation d'une activité réalisée par autrui mobilise les mêmes neurones que si nous la réalisions nous-même. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que : imaginer interagir avec l'environnement virtuel engendre l'immersion dans celui-ci et facilite l'émergence du sentiment de présence.

Chapitre 4 : Environnement Virtuel et Applications

4.1. Les Environnements Virtuels

4.1.1. Définition

La notion, le terme de Réalité Virtuelle a longtemps été utilisé pour parler de ce que nous considérons aujourd'hui comme les Environnements Virtuels. Encore très récemment, en 2004, Fuchs, Arnaldi et Tissot ont publié une nouvelle version de leur « Traité de la Réalité Virtuelle ». Outre le caractère très antinomique de ce terme « Réalité Virtuelle », une définition plus technique et littérale devait s'attacher à caractériser le domaine par une phrase compacte et suffisamment consensuelle pour que tous les acteurs du domaine s'y reconnaissent. Deux mots sont la clef de voûte de la réalité virtuelle : l'immersion et l'interaction. La définition technique de la réalité virtuelle est (Fuchs e.a., 2003) :

« La réalité virtuelle est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales, en vue de simuler dans un monde virtuel, et

éventuellement le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou des utilisateurs en immersion pseudo-naturelle, par l'intermédiaire de canaux sensori-moteurs. Cependant, même s'il peut ne paraître s'agir que d'un problème de vocabulaire, nous préférons parler d'Environnement(s) Virtuel(s) ». Comme nous l'avons déjà souligné lorsque nous avons référencé les différentes définitions et descriptions qu'ils pouvaient exister dans la littérature sur le sentiment de Présence (voir chapitre 1), c'est encore une fois sur la notion d'interaction que nous ne nous reconnaissons pas. Cette dernière définition s'avère en effet très complète, mais comme nous nous sommes attachée à le démontrer, nous avons fait l'hypothèse pour nos travaux que l'interaction avec l'environnement Virtuel n'était pas forcément totalement nécessaire.

4.1.2. Historique et Description

Les Environnements Virtuels n'ont pas de « fin » ou d'utilité en tant que tels, ils sont créés centrés sur les individus. Ils sont développés pour que les utilisateurs soient immergés pour y accomplir une activité déterminée (Klinger, 2006).

Les Environnements Virtuels ont tout d'abord constitué un objet de recherche pour l'Ergonomie, et toutes les disciplines ayant pour objectif la simulation et la conception d'environnements de synthèse.

Par la suite, dans années 90, les chercheurs en psychologie se sont davantage intéressés aux Environnements Virtuels, mais en tant qu'outil expérimental, plus particulièrement dans le cadre de l'étude, du diagnostic et de la thérapie de certaines phobies.

Puis, deux courants de recherche en Psychologie sur les Environnements Virtuels sont apparus :

- Les travaux portant sur la notion de présence, laquelle est alors considérée comme une propriété particulière de la psychologie de l'immersion dans les Environnements Virtuels.
- Les travaux portant sur l'usage d'Environnements Virtuels pour l'éducation et la formation.

Il existe plusieurs interprétations ou tentatives d'explication de ce que sont les environnements virtuels. Si ces différentes conceptions de l'Environnement Virtuel divergent sur des points multiples, trois notions sont cependant systématiquement mises en avant : L'Immersion, le Réalisme et la Présence.

Dans le souci de fonder notre travail sur une définition complète, nous avons envisagé de nous rapprocher de la conception suivante :

« Les Environnements Virtuels (EV), constituent des environnements interactifs particuliers visant à permettre à un ou plusieurs utilisateurs d'interagir avec la simulation numérique généralement réaliste, d'objets et de scènes en 3D, par le biais d'un ensemble de techniques informatiques couvrant une ou plusieurs modalités sensorielles » (Burkhardt, Bardy & Lourdeaux, 2003).

Toutefois nous émettons une réserve sur la nécessité obligatoire d'une interaction

en vertu de la loi du droit d'auteur.

effective. En effet, il est des situations dans lesquelles le sujet n'interagit pas avec son environnement (réel ou non) ; par exemple lorsqu'il se rend à un spectacle, lorsqu'il regarde une vitrine dans la rue, lorsqu'il est assis sur un banc dans un parc et qu'il observe les passants, lorsqu'il regarde par une fenêtre, etc... Alors, la simulation de ces environnements et de ces situations ne doit, par conséquent, pas inclure d'interaction. Ou du moins, il nous semble qu'elle ne la nécessite pas.

Cependant, comme il s'agit d'un champ d'étude relativement récent (quinze à vingt ans), et difficile à estimer, nous avons ensuite étudié les trois notions considérées comme clefs dans la recherche sur la Réalité Virtuelle (pour une revue complète, voir Burkhardt, 2003).

A la lumière de la littérature que nous avons pu référencer (dont Balaguer & Mangili, 1991, Burkardt et al., 2003, Brooks, 1999, Bowman et al., 2001, Herbelin, 2002, Jakobsson, 2003, Orland et al. 2001, Ryan 1994, Zhao, 2003, Zahorik & Jenison, 1998) il n'existe aucun véritable consensus permettant de définir précisément Immersion, Réalisme et Présence. Nous les avons donc considérés selon les termes suivants ; issues de la synthèse des travaux que nous avons pu lire, ce sont sur ces définitions que nous nous appuyerons dans cette recherche :

Le terme d'IMMERSION est le plus souvent compris comme l'exposition du sujet à un Environnement Virtuel au moyen de dispositifs occultant en partie la perception de l'environnement réel alentours. Le degré d'immersion serait donc associé aux qualités de l'interface, ainsi qu'à l'amplitude de sa couverture sensorielle.

Le REALISME est une notion très subjective, tout comme peut l'être l'esthétisme, et est donc mal définie. Elle peut être comprise comme l'illusion d'une réalité qui n'existe pas. Toutefois elle constitue le plus souvent la finalité des Environnements Virtuels, dont l'objectif est soit d'imiter le mieux possible la réalité, soit de créer un « nouveau monde », une « autre réalité ». On peut considérer que le référent du réalisme peut être soit une identité métrique, soit une identité perceptive entre l'espace réel et l'espace artificiel simulé.

La troisième notion, la PRESENCE, nous intéresse plus particulièrement dans le sens où elle ne dépend pas uniquement de l'interface. Notre opinion est qu'elle dépend surtout de la cognition de l'utilisateur, c'est-à-dire de l'observateur et de son imagination et de ses capacités à percevoir et à interagir avec l'environnement. La Présence est le sentiment, l'expérience « d'être là », sous entendu dans l'environnement simulé. En anglais, the sense of « being there ».

4.1.3. Conception des environnements virtuels

Toute invention d'interface est un nouveau circuit reliant réalité de premier ordre et réalité modélisée. La question de la conception est fondamentale liée à celle de l'interfaçage entre le sujet et le monde virtuel. L'approche d'interfaçage comportemental se différencie de l'Interface Homme-Machine (IHM) à plusieurs niveaux : sensori-moteur, mental et fonctionnel. L'immersion et l'interaction peuvent être abordées d'un point de vue technocentrique (celui du concepteur du dispositif RV) ou d'un point de vue

anthropocentrique (celui de l'utilisateur). Ce dernier cas est celui qui correspond le mieux à nos objectifs qui sont avant tout de proposer à tout sujet une immersion et une interaction naturelles.

En fait lorsque le souci de la validité écologique s'avère centrale dans l'étude concernée, les Environnements Virtuels offrent des possibilités de créer des conditions qui peuvent se révéler très proches des situations quotidiennes (McGeorges, Phillipps, Crawford, Garden, Sala & Milne, 2001), tout en permettant un contrôle de l'environnement.

Pour concevoir l'interface (ou les interfaces) il faut avant tout exploiter le potentiel de l'informatique, matérielles et logicielles, pour réaliser techniquement un environnement virtuel, éventuellement interactif, qui puisse être interfacé avec l'utilisateur. La simulation est le plus souvent dynamique : les entités (objets, personnages virtuels, etc.) sont animées en temps réel suivant des lois physiques (mécaniques, optiques, acoustiques, etc.) et des lois comportementales (psychologiques et/ou sociales, voire affectives) .

Les interfaces matérielles de réalité virtuelle créées sont parfois appelées «interfaces comportementales» (Fuchs et al., 2003). Les auteurs considèrent qu'elles sont composées «d'interfaces sensorielles», «d'interfaces motrices» et «d'interfaces sensori-motrices». Les interfaces sensorielles informent l'utilisateur de l'évolution du monde virtuel d'un point de vue perceptif. Les interfaces motrices informent l'ordinateur des actions motrices de l'homme sur le monde virtuel. Les interfaces sensori-motrices informent dans les deux sens. Le nombre et le choix de ces interfaces dépendent de l'objectif de l'application.

La plupart des auteurs et créateurs d'Environnements Virtuels considèrent qu'il faut absolument créer un monde virtuel interactif et en temps réel. Cette création d'un monde virtuel en temps réel est une problématique majeure: la modélisation, la numérisation et le traitement informatique du monde virtuel présentent d'innombrables difficultés. De plus, comme nous l'avons déjà formulé plusieurs fois lors de ce travail, nous considérons que la notion d'interaction en temps réel n'est pas forcément obligatoire : là encore tout dépend de l'objectif et l'utilisation souhaitée de la simulation. L'interaction en temps réel en question est dite « obtenue » si l'utilisateur ne perçoit pas de décalage temporel (latence) entre son action sur l'environnement virtuel et la réponse sensorielle de ce dernier. Cette contrainte est difficile à satisfaire. A défaut, on peut chercher à ne point infliger de perturbations au sujet par ce décalage temporel, même s'il le perçoit.

Le point important, et que nous partageons totalement avec les auteurs du traité sur la Réalité Virtuelle, est que l'utilisateur doit être en «immersion pseudo-naturelle» la plus efficace possible dans le monde virtuel. Cependant, cette immersion ne pourrait être totalement naturelle car nous avons appris à agir naturellement dans un monde réel et non virtuel (des incohérences sensori-motrices sont souvent créées dans le monde virtuel, d'où le terme pseudo-naturelle). Cette sensation est une notion en partie subjective qui dépend de l'application et du dispositif utilisés (interfaces, logiciels, etc.), et surtout, nous semble-t-il, de la Présence. En effet l'immersion dépend en très grande partie du sentiment de Présence du sujet dans le lieu simulé ainsi que de sa capacité à bien vouloir croire au monde virtuel qui lui est proposé. C'est donc bien sur cet aspect

particulier, dépendant de la psychologie et de la cognition du sujet, que nous avons concentré nos efforts de recherche.

4.2. Applications et utilisation des environnements virtuels

4.2.1. Les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

Les environnements informatiques pour l'apprentissage humain sont l'un des champs les plus vastes de l'utilisation des simulations et des environnements virtuels. Il peut s'agir des campus virtuels comme il s'en développe de plus en plus dans toutes les universités du monde entier, mais le domaine le plus avancé, car aussi le plus ancien, est sans aucun doute les EIAH centrés sur la spécialité des apprentissages professionnels.

Mais quel que soit le « public » c'est-à-dire l'utilisateur, l'apprenant visé, les objectifs et les questions auxquels le concepteur doit faire face sont similaires : il faut avant tout constituer des représentations partageables à partir de conceptualisations et de méthodes relevant de points de vue et de disciplines différentes.

Il faut comprendre les rapports entre le réel de l'action en situation de travail et ce qui est transposé dans une simulation, et par conséquent s'intéresser aussi au transfert de ce qui est acquis en simulation dans les situations de travail.

Le processus de formation doit prendre en compte la ressource que constitue une simulation : ainsi pédagogie et didactique doivent attribuer une vraie place aux EIAH dans le processus d'apprentissage.

Les Environnements créés pour l'apprentissage doivent être conçus pour permettre l'implémentation du modèle de base, ainsi que des traces des activités et de l'utilisation de l'apprenant, de façon à ce que celles-ci soient utilisables par le système lui-même, par l'instructeur et enfin et surtout par l'utilisateur apprenant à chaque nouvelle utilisation.

Les modèles informatiques créés pour l'apprentissage doivent de plus en plus s'orienter vers des situations de simulation intégrant des simulateurs pleine échelle, de façon à faciliter les transferts et les stockages des connaissances acquises.

Ces environnements spécifiques à l'apprentissages ont des applications très diverses pouvant aller du simulateur de vol, à la simulation de la taille des vignes dans les lycées agricoles ou encore à l'entraînement, voire l'apprentissage de pratiques chirurgicales complexes. Dans tous les cas, l'approche de Vadcard et Luengo (2005 et 2006) semble des plus logiques : avant tout, pour concevoir un système informatique d'apprentissage, il faut d'abord analyser les situations d'apprentissage réelles, ce qui implique l'étude d'un cadre théorique issu de la didactique (Brousseau, 1998), de la didactique professionnelle

(Pastré, 2002), ainsi que de la psychologie cognitive (Rasmussen et al. 1994). En second lieu, il faut entreprendre le travail informatique de création de la simulation. Ce travail est centré sur la relation entre la représentation des connaissances du domaine et la mise en œuvre de mécanismes d'exploitation des connaissances, pour pouvoir les décrire, les faire fonctionner, les comparer aux productions de l'apprenant et ainsi construire la gestion d'interactions entre l'apprenant et des objets de connaissance complexes. Cette méthode a trait à la définition et la réalisation de la récupération de traces lors de l'activité de l'apprenant sur les objets informatiques d'apprentissage. Ces traces doivent permettre le diagnostic des connaissances engagées par l'apprenant lors de son activité, et la génération des rétroactions relatives aux connaissances manipulées. L'architecture de couplage entre l'apprentissage et la production des rétroactions constitue une véritable difficulté scientifique, particulièrement, selon les auteurs, du point de vue informatique.

Les EIAH peuvent avoir aussi des applications plus ou moins ludiques mais surtout utiles, comme l'on compris certaines sociétés d'assurance qui s'en servent pour sensibiliser les jeunes enfants aux notions de sécurité routière, ainsi qu'à l'attitude à observer aux abords d'une route et aux risques liés aux infrastructures de transport, comme à la vitesse des véhicules.

4.2.2. Les applications thérapeutiques

4.2.2.a. Psychologie et Thérapies Cognitives et Comportementales

Les thérapies cognitives et comportementales (ou TCC) sont avant tout basées sur les théories de l'apprentissage, c'est-à-dire sur :

- Le conditionnement classique (ou pavlovien) (Pavlov, 1963) qui a pour effet de mettre en place les réponses du système nerveux végétatif. Il explique l'ensemble des réponses émotionnelles physiques : un stimulus neutre, comme une image ou un son, induit automatiquement une réaction émotionnelle ;
- Le conditionnement opérant (Skinner, 1971) qui décrit le développement et le maintien des réponses motrices et verbales : l'organisme opère sur l'environnement, et les conséquences de son action le conduisent à modifier son comportement ;
- La théorie de l'apprentissage social qui procède par imitation de modèles (Bandura, 1977) : le patient s'inspire du modèle pour donner sa propre version, plus ou moins technique.

Les thérapeutes, (par exemple Strora 2004, ou Lespinasse & Perez 1997) se sont saisis des possibilités de créations de contextes et d'interactions qu'offrent les environnements virtuels et/ou les jeux vidéos, en y considérant un outil pour le diagnostic, la thérapie, la réhabilitation et l'évaluation. Par ce biais, ils ont véritablement contribué au développement de nouveaux environnements virtuels et à la généralisation croissante de leurs utilisations. Ainsi, les TRV (Thérapie par Réalité Virtuelle) font maintenant partie des TCC.

Conditionnement classique et conditionnement opérant contribuent à maintenir les

troubles anxieux. Afin de réduire ce trouble et d'encourager les situations d'affrontement, le principe le plus classiquement utilisé en TCC est la thérapie d'exposition aux situations provoquant l'anxiété (Wolpe, 1969, Marks 1987).

Les principes des thérapies d'exposition traditionnelles requiert une exposition progressive, prolongée et complète du patient aux situations anxiogènes. Cette exposition se pratique suivant différents types exposés par Cottraux :

- Désensibilisation systématique : Le sujet relaxé suit une présentation hiérarchisée de stimuli imaginaires de plus en plus intenses. Le sujet affronte dans la réalité les situations qui sont cependant désensibilisées (ayant perdu leur caractère anxiogène).

- Désensibilisation in vivo : Le sujet relaxé affronte par étapes la situation redoutée en réalité.

- Exposition graduée in vivo : Le sujet n'est pas relaxé et affronte par étapes la situation redoutée dans la réalité.

- Modeling de participation : Le thérapeute précède le sujet dans la situation réelle, il l'accompagne, lui sert de modèle, puis le guide et l'encourage pour le renforcer dans son affrontement de la situation.

Immersion in vivo : Le sujet est immergé en réalité dans la situation anxiogène au niveau maximum d'intensité, jusqu'à ce que son angoisse soit dépassée, ou « s'éteigne » (Trois quart d'heure minimum d'exposition).

Cependant il existe de nombreux obstacles à la réalisation de ces technique de désensibilisation telles que : le fait que certains patients ne peuvent imaginer la situation anxiogène en question (d'ailleurs il existe pour la plupart une véritable aversion et une impossibilité de réaliser l'exposition in vivo), la difficulté pour le thérapeute d'imaginer lui même la situation à partir des dires du sujet, les moyens techniques ou matériels, la dangerosité réelle de certaines situations. Ainsi les Thérapie par Réalité Virtuelle (ou TRV) aide a créer un contexte spécifique et peuvent être utilisées pour surmonter certaines de ces difficultés ou du moins constituer un pallier supplémentaire dans les thérapies.

Entre la psychologie utilisant les TCC et la neuropsychologie, les TRV trouvent encore une autre utilité, celle de la réhabilitation cognitive. On peut définir cela comme « le processus thérapeutique d'accroissement ou d'amélioration de la capacité d'une individu à traiter et utiliser l'information entrant de façon à permettre un fonctionnement augmenté dans la vie quotidienne. » (Sohlberg & Mateer, 1989).

4.2.2.b. Psychiatrie

Tout comme les psychologues, nombre de psychiatres ont compris l'outil précieux que les environnements virtuels représentent dans la mise en place de thérapies adaptées à des patients présentant des troubles dont la prise en charge et le traitement s'avèrent très spécifiques et difficiles à mettre en place dans le monde réel.

Nous avons déjà évoqué plus haut des troubles anxieux en psychologie, nous les aborderons ici du point de vue de la psychiatrie ; cependant il est important de noter qu'ils

peuvent aussi relevés de la neuropsychologie selon l'origine du trouble (par exemple suite à un accident ayant entraîné ou non des lésions cérébrales) :

a. Les Troubles Post-Traumatiques :

Les personnes victimes de traumatismes (agression, guerre, attentat) développent ce que l'on nomme un Stress Post Traumatique, pouvant s'accompagner d'anxiété, de phobie, d'insomnie, et/ou d'hallucinations... La plupart du temps, seuls les EV permettent la réexposition du sujet à la situation qui a créé le trouble. Dès 2000, (puis en 2001) Rothbaum et Hodges ont mené deux études concernant des vétérans de la guerre du Vietnam pour lesquels deux EVs, à la fois sonores et visuels, ont été créés. Deux types de troubles devaient être étudiés : la peur de voler (et plus particulièrement pour certains la peur des hélicoptères) et le STP dû à cette guerre. Les résultats de ces études montrent que les patients établissent un rapport entre les Evs et leurs souvenirs et expériences. Cette thérapie semble avoir amélioré le quotidien des patients mais de façon limitée ; les chercheurs ont alors supposés que les souvenirs et troubles étaient probablement trop anciens, et attribuent un rôle à la rapidité à laquelle le traitement a pu être proposé.

Cette expérience a donc été reprise avec des survivants et/ou témoins des attentats du World Trade Center du 11 septembre 2001. Difede et Hoffman (2002) expliquent le cas d'une patiente qui, suite à une exposition graduelle à des Evs recréant l'événement, a pu voir ses symptômes de SPT réduire de façon conséquente.

Désormais plusieurs thérapeutes américains utilisent les ERV pour soigner ou préparer les soldats envoyés en Irak (Rizzo, Mc Nerney, Eastlund, Manson, Gratch & Swartout, 2005).

b. Les Troubles Obsessionnels Compulsifs (TOC) et autres exemples:

Les TOC les plus fréquents sont la peur de la contamination, la peur de blesser quelqu'un, de se blesser ou encore de faire des erreurs. Les TCC sont le plus souvent les thérapies plus utilisées pour y remédier. Les Environnements Virtuels permettent de compléter l'approche par TCC en aidant le sujet à aller au bout de sa compulsion, à rechercher des comportements de substitution et à les tester (Clark, Kirby, Daniel & Marks, 1998).

Plusieurs autres troubles obsessionnels compulsifs ont fait l'objet de tests de traitement comme les troubles des conduites alimentaires ou encore les addictions. Pour les cas de troubles alimentaires, les Environnements virtuels soutiennent le traitement des sujets dont la maladie est accompagnée d'une image perturbée du corps - boulimie, anorexie, obésité (Riva, 1997). Ces Evs peuvent permettre aux patients de se visualiser tels qu'ils aimeraient « être » ou se voir, mais aussi de recréer son propre soi dans le monde virtuel, le nourrir et évaluer l'impact de ce que l'avatar ainsi créé a mangé : par exemple il est possible de « se peser » tout comme d'observer l'évolution du corps chaque jour, suite à des entraînement physique de l'avatar dans le monde virtuel (Riva et al, 2001 puis 2002). Il permettent bien évidemment aussi au soignant de créer un personnage dont les mensurations sont fidèles à celles du patient pour lui permettre de se

« comparer » à une population répondant majoritairement aux critères médicaux de poids et d'Indice de Masse Corporel. Les résultats des différentes études montrent que les traitements de l'obésité assistés par TRV sont plus efficaces que les traitements traditionnels.

Pour ce qui est du traitement des addictions, les Environnements Virtuels sont utilisés pour confronter progressivement les sujets aux situations qui engendrent, dans la réalité, les conditions identifiées comme celles qui déclenchent la consommation du ou des produits dont le patient tente de se détacher (Bordnick, 2004, Graap, 2004).

A ce jour, l'efficacité clinique des TRV est validée pour divers troubles : l'acrophobie, l'arachnophobie, l'agoraphobie avec manifestation de conduite de panique, les troubles du schéma corporel, l'hyperphagie compulsive et la peur de prendre l'avion (Riva, 2003, cité par Klingner 2006). Cependant, même si les résultats observés sont très encourageants, il semble qu'il persiste quelques questions concernant le transfert à long terme de l'efficacité de ces traitements dans le monde réel, de même qu'il ne paraît pas exister d'études sur les risques potentiels liés à ces traitements assistés par Environnements Virtuels.

4.2.2.c. Neuropsychologie :

Là encore les Environnements Virtuels se sont révélés d'une grande utilité pour les diagnostics, les thérapies ou l'aide à la récupération de capacités cognitives, que ce soit dans le domaine des troubles attentionnels (Lengenfelder et al., 2002), des troubles des fonctions exécutives et du transfert des apprentissages (par exemple Elkind et al. 2001) ou encore dans le domaine de la mémoire (pour une revue complète voir Klingner, 2006). Des chercheurs tels que Myers et Bierig (2000) ont développé des Environnements pour le diagnostics de l'héminégligence visuelle.

Pour ce qui est des études sur les mécanismes mnésiques, leur évolution ou leur perturbation suite à un accident type AVC ou lésions dues à un choc, les EVs peuvent être utilisés. Leur emploi peut s'appliquer pour tester les capacités ou aider à la réhabilitation des personnes souffrant de troubles touchant la mémoire prospective, c'est-à-dire la mémoire nous permettant de formuler des projets, de nous imaginer dans un futur plus ou moins proche (Brooks et al., 2004), la mémoire spatiale (Skelton et al., 2000, Thomas et al. 2001, Astur et al., 2002, Astur et al., 2004), l'orientation topographique (Bertella et al., 2001), ou encore la mémoire auditive. Mais dans ce dernier cas, les EVs créés servent surtout à entraîner les sujets à mieux se repérer et à examiner l'environnement pour en extraire des informations (Aguirre & D'Esposito, 1997) ou faciliter la génération de cartes spatiales et cognitives en imagerie mentale (Lumbreras & Sanchez, 1998).

4.2.2.d. Autres applications médicales : l'exemple des techniques de distraction de la douleur

La douleur engendrée par certaines maladies ou à la suite de certains accidents est un problème important en milieu hospitalier. Le bien-être des patients est une préoccupation

grandissante dans le cercle médical, et ceci d'autant plus lorsque la douleur et la souffrance sont associées aux soins à donner, ou aux exercices à effectuer pour que la santé du sujet s'améliore. Le cas des grands brûlés est un cas souvent donné en exemple. La douleur due aux soins est très fréquemment exacerbée par la crainte de cette souffrance. Elle monopolise l'attention des patients, et peut les décourager dans le suivi de leurs soins et/ou de leurs exercices. De ce constat, l'idée que l'immersion ou le sentiment d'être présent ailleurs dans un environnement sans douleur, ou du moins faisant « oublier » la douleur, pourrait jouer un rôle d'analgésique non pharmacologique. Hoffman et son équipe furent les premiers à envisager cette hypothèse et à développer des travaux pour démontrer que la Réalité Virtuelle était un medium capteur d'émotion permettant de détourner l'attention du patient de sa douleur, et ainsi de mieux supporter leur soins (Hoffman et al. 2000). Comme les patients concernés étaient de grands brûlés, l'Environnement Virtuel spécialement développé représente une vallée glacée et enneigée, avec une rivière, et des chutes d'eau (nom de l'EV snow World). Le patient équipé d'un visio-casque suit un chemin prédéfini dans l'EV et peut regarder tout autour de lui ; dans d'autres cas l'expérimentation peut être réalisée avec une souris pour le déplacement et des lunettes mais sans tracker de tête pour la visualisation. L'EV permet aussi plusieurs interactions, ainsi que des animations 3D, puisque pour se distraire, le patient peut faire varier ou changer son parcours (dans certaines limites), ou encore lancer des boules de neiges sur des bonhommes de neiges ou des igloos (cette possibilité d'interaction se fait par la souris, ou un clavier). Les différentes études menées par Hoffman (2000a, 2000b, 2001, 2004a et 2004b) montrent que la douleur ressentie est moindre, tant dans son intensité que dans sa durée.

Différents types de perfectionnement du système et de l'Environnement ont été créés, toujours avec les mêmes patterns de résultats, voire même des améliorations dans le ressentie du patient.

D'autres types d'études ont été menés pour des personnes souffrant de douleurs dentaires (Hoffman 2001), et sur des pilotes gravement blessés, de même qu'auprès de quelques patients devant subir une chimiothérapie dans le traitement de cancers. La Réalité virtuelle permet dans chaque cas de jouer un rôle au moins distracteur (Schneider & Workman, 2000, Gershon, Zimand, Lemos, Rothbaum, & Hodges 2003, et Schneider et al. 2004).

Toutes ces différentes applications ainsi que leur efficacité démontrent que les Environnements Virtuels engendrent bien des effets de contexte, et que ceux-ci sont dus à l'immersion et au sentiment de Présence des sujets/patients. Ce sont bien les aspects psychologiques et la cognition du sujet qui permettent l'efficacité des Evs. Ceci confirme le rôle essentiel que jouent la Présence et l'Immersion dans l'étude de la perception des environnements virtuels et la nécessité de les prendre en compte dans la réalisation et la conception des simulations.

4.2.3. Perception de l'environnement et des nuisances dues aux transports

Les simulateurs de conduite représentent un cas particulier : selon les circonstances, ils peuvent être considérés comme des EIAH, des outils d'évaluation des fonctions exécutives des conducteurs, sains ou diagnostiqués pour divers problèmes relatifs à la neuropsychologie, des aides au diagnostic de patients présentant des troubles de l'orientation topographique, ou encore des outils d'évaluation de l'environnement de conduite. Cependant, ils ne sont pas notre sujet d'étude, c'est pour cela que nous ne développerons pas de partie qui leur soit spécifique.

Comme nous l'avons déjà dit plus avant Rohrman, Palmer et Bishop ont prouvé que la simulation virtuelle offrait un support valide et acceptable pour toute tâche perceptive, sous réserve d'une qualité élevée et adaptée de la simulation (2000).

Depuis, plusieurs recherches sur la perception de l'environnement et la perception des impacts environnementaux des transports ont été mises en œuvre avec pour support des environnements virtuels (par exemple Champelovier, Hugot, Lambert, Lombardo, Maillard & Martin, 2005). Les interactions entre les modalités visuelle et sonore ont été démontrées dans de nombreuses recherches portant sur la perception de l'environnement (voir section 3.2., page 36 à 38). De même, que le phénomène de conflit perceptif, illustré par la notion d'incongruence, a fait l'objet de plusieurs travaux dans le domaine des impacts environnementaux des transports et de la simulation d'environnement. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux Environnements Virtuels bimodaux (visuels et sonores) pour lesquels il existerait un conflit perceptif ou un effet de surréalisme, comme Volz a pu le mettre en évidence en 2002.

En 2003, Bishop et Rohrman ont mené une nouvelle étude intitulée : « Subjective response to simulated and real environments : a comparison », afin d'évaluer la validité de l'utilisation d'un environnement généré par ordinateur, en comparaison avec la perception du même environnement en milieu réel. Un modèle informatique d'un véritable parc urbain a été développé. Deux versions ont en fait été créées et utilisées : l'une diurne et l'autre nocturne ; de plus des animations de 3 minutes permettaient une « visite » à pied à travers le parc. Le niveau de détails visuels était élevé (selon les concepteurs) : tous les arbres du parc ont été simulés, les bâtiments et les surfaces dures ont été correctement texturés – extrêmement travaillés. Des véhicules en mouvement ont également été inclus. Une bande son a été enregistrée sur place le long de la voie routière pour être ensuite ajoutée pour le doublage des animations vidéos. La méthode d'évaluation utilisée était celle du questionnaire. Celui-ci a été conçu afin de mesurer les réponses et réactions cognitives et affectives à la suite de l'exposition des sujets à l'environnement. Les thèmes des questions comprenaient également les impressions vis-à-vis de la région représentée, la rétention des informations et la compréhension du contenu ainsi que de l'évaluation des simulations et de leur réalisme. Quatre groupes de participants ont été constitués. Tous ont à la fois vu les animations et ont été emmenés pour se promener dans le parc réel, de jour ou de nuit. Pour la moitié d'entre eux l'ordre de la simulation et la réalité s'est inversée. Les résultats détaillés montrent que le temps passé, ainsi que l'argent dépensé pour créer des environnements simulés très détaillés n'engendrent pas nécessairement les réponses correspondant le mieux à celles observées dans l'environnement réel. Il n'y aurait pas de corrélation entre le réalisme de la simulation et les réactions des sujets face à l'environnement virtuel. Toutefois, les

différences observées entre le jour et la nuit, sont foncièrement les mêmes dans les environnements simulés et dans l'environnement réel. De plus, le réalisme perçu et évalué par la notation dans le questionnaire rempli par les participants était généralement encourageant. Les conclusions ont donc poussés ces équipes à poursuivre leurs investigations. Ils considèrent que l'utilisation des EVs est justifiée pour les études de perception de l'environnement.

En 2003, avec Ijsselsteijn, Kooijman & Schuurmanns ont présenté une étude dont l'objectif était d'explorer la comparabilité des résultats des recherches en milieu réel avec ceux obtenus en milieux virtuels. Une centaine de participants ont exploré un espace identique dans la réalité et dans un environnement simulé par ordinateur. En outre, la présence de plantes dans l'espace a été manipulée : 2 environnements différents en fonction de la présence et du type de plantes ont été développés. S'appuyant pourtant sur une vaste série de mesures, les des résultats obtenus étaient très mitigés. Les performances des participants concernant la taille et la précision de la carte mentale cognitive que les sujets devaient se représenter à la suite des tests, étaient meilleures dans les conditions d'environnement réel. Cependant, malgré toutes les mesures effectuées et résultats obtenus, l'expérience montre que le comportement des sujets dans les environnements virtuels présentent des similitudes importantes à celui observé dans l'environnement réel. Même s'il persiste des différences importantes, les auteurs ont conclu que les Environnements Virtuels constituent et constitueront une vraie nécessité, mais aussi un sujet de recherche très important pour la psychologie de l'environnement.

Plus récemment, en 2006, De Kort et son équipe (De Kort, Meijnders, Sponselee, & Ijsselsteijn, 2006) ont montré que l'effet des environnements dits « réparateurs », c'est-à-dire pouvant aider à la récupération des ressources d'attention (après épuisement) ou à réduire le stress émotionnel et psychophysique, pouvait être obtenu non seulement avec des environnements réels, mais aussi avec des environnements virtuels ou médiatisés (transmis par un médium quel qu'il soit).

Parallèlement, les chercheurs asiatiques travaillent aussi à l'évaluation de l'environnement et à la validité de l'utilisation des Environnements Virtuels. Ainsi, Lim, Honjo & Umeki (2005), ont présenté une étude sur la comparaison de l'évaluation de paysages à partir de photographies, d'environnements virtuels (dans ces deux cas l'expérience avaient lieu en laboratoire) et la perception des mêmes paysages simulés présentés par l'interface de l'internet.

Les résultats de l'expérience menée en laboratoire et de l'expérience réalisée par le biais de l'Internet ont été comparés. Dans les deux expériences, la simulation représentait un jardin paysager. Avec trois médias représentant le même paysage (des photographies, des images infographistes statiques et/ou des images infographistes permettant une promenade). Les chercheurs ont enregistré les impressions des sujets après chaque scène. Leurs réponses aux trois stimuli ont été analysées statistiquement (analyse de profil, ANOVA et T-Test). Ils ont aussi demandé aux participants lequel des médias représentait, selon eux, le mieux le paysage réel. L'analyse des profils montre des résultats semblables dans l'expérience en laboratoire et face à l'Internet. Le niveau de réalité ressenti était, par ordre décroissant, les Photographies, la Promenade – représentée par des images de RV- et les images infographistes Statiques, que ce soit

alors en laboratoire ou dans le cas de l'expérience par Internet. Les résultats ont donc montré que la Réalité Virtuelle pourraient être utilisées comme un stimulus efficace pour l'évaluation de paysage tant pour des travaux menés par le biais de l'Internet que dans un laboratoire.

4.3. Evaluation des environnements virtuels

4.3.1. Evaluation des environnements virtuels en tant que tel

Il n'existe pas de réel consensus sur l'évaluation des Environnements Virtuels d'un point de vue objectif. Comme nous avons pu l'expliquer dans la partie décrivant et définissant ce que l'on nomme aujourd'hui Environnement Virtuel, nous avons pu voir que beaucoup de critères dépendent en fait du concepteur et des exigences des chercheurs ou autres mandataires potentiels prescrivant la simulation. Outre les questionnaires (Slater, 1993a, 1993b, 1994, 1998 et 2000, Witmer & Singer 1998, Burkhardt, 2003, Klinger 2006), très largement utilisés, quelques données physiologiques telles que la conductance de la peau ou la mesure du rythme cardiaque sont quelque fois recueillies (Fuchs & Moreau 2002 puis 2007, Klinger, Marié et Fuchs, 2006), mais il manque de réelle mesure objective faisant l'unanimité.

On rencontre par ailleurs des études comme celle de Lapointe et Savard (2006) qui visent à la conception d'un outil, pour évaluer l'efficacité du déplacement d'un environnement virtuel. Ce type de travail, dont le but est de définir un outil, un critère de mesure, aurait pu nous mettre sur la voie pour l'évaluation des environnements virtuels mêmes, ou encore de la Présence dans les EV, même s'il portait sur des Environnements 3D permettant l'interaction utilisateur/interface. En effet, les auteurs ont présenté les éléments qu'ils estimaient nécessaires pour qu'un système informatisé permette l'étude de la performance de différentes techniques d'interaction pour le déplacement dans un environnement virtuel. La méthode proposée consistait à enregistrer et à analyser les données décrivant l'état et les actions de l'utilisateur au cours de ses déplacements dans la scène virtuelle. Ils se sont essentiellement intéressés aux techniques d'interaction utilisées pour le déplacement en environnement 3D, c'est-à-dire à la composante moteur de la navigation plutôt que la composante d'orientation, qui elle dépend de différents facteurs tels que les repères présents dans l'environnement virtuel. On considère généralement que l'évaluation d'une interface utilisateur requiert diverses métriques de performance et de préférence (Bowman, D., Kruijff, E., LaViola, J. J. Jr., & Poupyrev, I., 2005, Bowman, D., Johnson, D., & Hodges, L., 2001). Dans le but de faire une évaluation objective, les métriques de performances et la tâche de l'utilisateur proposées par Lapointe et Savard ont été contrôlées afin de faire ressortir les différences de performance entre les techniques d'interaction. La tâche à réaliser consistait à atteindre le plus rapidement possible la ligne d'arrivée dans la scène virtuelle. La position de la ligne d'arrivée était connue dès le départ afin de limiter l'effet de la performance d'orientation

des utilisateurs sur la performance de déplacement, ceci afin de véritablement mesurer et évaluer la performance de déplacement. Pour permettre l'analyse et l'étude de la performance, plusieurs informations ont été enregistrées automatiquement :

- le temps : chronologie des actions et déplacements effectués par les utilisateurs. Chaque enregistrement contenait un identificateur temporel ou 'dateur', permettant d'analyser la performance de l'utilisateur et de mesurer le temps écoulé entre chaque événement important de la tâche.

- le point de vue : il s'agit de la position et de l'orientation perçues dans la scène virtuelle. Cette donnée est importante pour l'analyse de la performance. En effet elle rend possible de recréer précisément l'image présentée à l'utilisateur à un moment donné, en plus de pouvoir suivre la position de ce dernier dans la scène virtuelle. Cette information qui peut également s'avérer utile pour mesurer l'écart entre le parcours effectué et un chemin optimal théorique.

- la position du curseur : la position du curseur de la souris à l'écran était enregistrée afin d'observer et de mieux comprendre les actions de l'utilisateur lorsque le point de vue ne changeait pas, ou lors de problèmes avec la souris. Cette donnée pouvait également signaler un inconfort de l'utilisateur en détectant par exemple des mouvements répétés en sens inverse d'un mouvement qui aurait dû être continu, signalant ainsi une lacune au niveau de la sensibilité de l'interaction.

Enfin les « préférences » des participants étaient évaluées à la fin du test par un questionnaire.

Initialement, le temps d'exécution de la tâche devait être le seul critère de performance utilisé (les auteurs définissaient ainsi le temps écoulé entre le moment de départ et celui d'arrivée). Mais la comparaison avec le temps optimal estimé si l'utilisateur suivait la trajectoire prévue comme la plus efficace ne s'est pas révélée assez satisfaisante. Les autres critères enregistrés, supposés moins « objectifs », et simplement complémentaires, ont en fait révélés que le processus de déplacement dans un environnement virtuel est complexe. Les auteurs ont conclu que, pour une évaluation complète, la méthode de mesure et d'analyse devrait être composée de plusieurs mesures combinées à un questionnaire. Celui-ci devant recueillir les commentaires des utilisateurs ainsi que leurs réponses à des questions sur des échelles d'évaluation indépendante.

Cette conclusion argumente en faveur de notre point de vue : il paraît difficile de se fier à un seul critère. Mais quoi qu'il en soit, il nous semble surtout, et c'est aussi l'opinion de l'équipe de De Kort et Ijsselsteijn aux Pays Bas, ou de Slater et de ses équipes à Londres comme à Barcelone, qu'il n'y a que dans le cas où un environnement virtuel permet d'engendrer les mêmes réactions chez les sujets que s'ils se trouvaient dans la même situation en milieu réel, que la simulation pourraient être dite vraiment « réussie », « bonne » ou encore « efficace ». Il est alors, et alors seulement, possible de réaliser la comparaison avec la réalité et prévoir les réactions des sujets dans le monde réel.

4.3.2. Evaluation de la présence

Le terme de Présence apparaît parallèlement pour la première fois en 1992 chez plusieurs auteurs tels que Steuer, Zeltzer, Heeter, Held & Durlach, Loomis ou encore Sheridan. Elle est ensuite plus clairement définie en tant que sensation d'être dans lieu un précis en un instant donné, est un mécanisme complexe multidimensionnel (Barfield, Zeltzer, Sheridan et Slater, 1995). Appliqué aux environnements virtuels, il dépend à la fois du matériel, des logiciels utilisés, mais aussi beaucoup du sujet-utilisateur et des variables de la tâche à accomplir dans l'environnement simulé.

Cette notion faisant référence à une sensation subjective, elle est le plus souvent mesurée à l'aide de questionnaires (Sheridan, Steuer, Slater, Witmer & Singer, Burkhardt, De Kort, IJsselsteijn, Klinger, ...). Les questionnaires spécifiquement mis au point ont été utilisés pour la première fois au début des années 90 parallèlement par Sheridan, par Steuer ou encore Slater. En 2000, les méthodes utilisées et proposées pour mesurer le sentiment subjectif de la présence sont en fait encore limitées (Freeman, IJsselsteijn, Avons, de Ridder & Franich, 1997; IJsselsteijn, de Ridder, Hamberg, Bouwhuis & Freeman, 1998 ; IJsselsteijn & de Ridder, 2000). Depuis celles-ci n'ont pas vraiment évolué. Toutes sont basées sur la méthodologie du questionnaire et s'inspirent des premières publications de Slater. Même lorsque des mesures considérées comme « objectives » sont testées, elles sont couplées, croisées à des investigations dites plus subjectives comme, par exemple, si l'on se réfère aux auteurs du traité sur la Réalité Virtuelle qui ont cherché à relevés des données physiologiques (citées plus haut), mais ont aussi utilisés des questionnaires.

C'est au regard de toute cette littérature que nous avons décidé de concevoir de nouveaux questionnaires adaptés aux simulations créées pour répondre aux objectifs de notre champ d'application, mais aussi qu'il a fallu tester puis ajuster des paradigmes expérimentaux empruntés à la psychologie cognitive afin de définir et mettre en évidence des critères objectifs d'évaluation de la présence autres que des critères physiologiques.

Chapitre 5 : Présentation des hypothèses et Introduction aux expériences

Ce chapitre consistera à présenter une synthèse du travail d'investigation théorique qui a été mené, ainsi que les hypothèses que nous avons alors pu formuler. Nous introduirons ensuite les différentes expériences que nous avons réalisées au cours de ce doctorat.

5.1. Synthèse de l'investigation théorique et problématique

Les recherches en psychologie cognitive étudient généralement le comportement de sujets face à la réalisation d'une tâche précise, que celle-ci relève du domaine de la perception, du raisonnement, du langage, de l'apprentissage ou de la mémoire. Or, la problématique générale est ici de définir les apports et les limites de l'utilisation des Environnements Virtuels dans les études d'impacts environnementaux des transports, et donc de déterminer quelles sont les simulations les mieux adaptées pour ces recherches et induire la meilleure mise en situation possible.

Ce sujet de thèse nécessitait donc de prendre en compte les aspects fondamentaux et une étude théorique de concepts issus de disciplines diverses. Durant notre travail de recherche bibliographique et de réflexion théorique nous avons de ce fait tenté de faire le lien entre notre discipline principale, la psychologie cognitive, et les différentes disciplines scientifiques relatives à l'étude de la réalité virtuelle, de la perception de l'environnement, de la psychologie de l'environnement et des impacts environnementaux des transports. Il était nécessaire d'approfondir ces connaissances fondamentales afin de mieux comprendre les processus impliqués dans les mécanismes de perception des environnements virtuels, et ainsi, de mieux appréhender les différentes implications de leur utilisation pour l'étude de la perception de l'environnement et des impacts environnementaux des transports.

Dans le cadre de la validation du Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement (le LSEE) de l'INRETS de Bron, dont l'objectif est de permettre à un sujet lambda d'être mis en situation de riverain d'une infrastructure de transport, il fallait mettre en place une étude pour définir les possibilités de valider l'utilisation des environnements virtuels pour les études de perception des impacts environnementaux des transports. Pour cela, un protocole visant à la comparaison de différents niveaux de simulation mais aussi permettant de comparer ces différentes simulations avec la réalité a été conçu. C'est en cette particularité que ce protocole expérimental tient son originalité mais c'est aussi en grande partie ce qui a rendu sa mise en place difficile. Les études préalables et la revue bibliographique menées ont soulevé plusieurs questions telles que : « quels sont les mécanismes cognitifs impliqués dans la perception d'un environnement plurimodal et dans la perception de la réalité virtuelle ? ». Notre opinion est que le concept clé au centre des questions de ce travail est le sentiment de Présence. Assurément, selon nous, c'est à la seule condition que l'utilisateur - observateur de la simulation croit « y être », que l'expérimentateur peut observer en laboratoire un comportement et des réactions semblables à ceux qu'il aurait pu observer dans la réalité.

La littérature sur les Environnements virtuels, la Présence et l'Immersion est dense. Cependant, les champs d'investigation sont nombreux, très divers et les consensus n'existent pas réellement : chaque domaine considère un élément différent comme étant central, et repense ses propres définitions. Parfois même au sein d'une même discipline, selon les auteurs, on ne retrouve pas les mêmes significations, positionnements et conclusions.

Ce travail nous a amenée à conclure que la Présence était l'élément sur lequel les efforts devaient être focalisés pour assurer une véritable mise en situation, et recréer un contexte qui engendre des comportements et des réactions comparables, superposables même, à ceux qui seraient constatés dans la réalité.

Avant tout, il est nécessaire d'admettre que nous avons totalement approuvé et assimilé l'idée selon laquelle la Présence est réellement dépendante de la cognition du sujet. L'effort fourni par celui-ci pour se projeter dans l'environnement virtuel, alors qu'il est conscient de ne pas y être réellement, est fondamental. Le contexte simulé dans lequel il est plongé ainsi que sa bonne volonté à accepter de se laisser "leurrer" par l'environnement virtuel jouent un rôle essentiel, de même que son aptitude à se mettre à une place différente de celle où il se trouve véritablement. La notion de fidélité

psychologique et l'obligation pour l'environnement virtuel de tromper le système cognitif pour engendrer un sentiment de Présence, renvoient aussi au fait que la simulation doit permettre d'induire des processus automatiques non conscients, qui seraient normalement mis en jeu dans un environnement réel équivalent. Ces processus doivent être engendrés malgré la conscience du sujet de se trouver dans une simulation. Ainsi, nous pensons que l'émergence du sentiment de Présence est issue de différents mécanismes cognitifs. Il n'y a pas un seul processus mis en jeu, mais bien une architecture, un réseau de différents mécanismes connexes et mêlés : la perception, l'imagerie mentale, la mémoire et l'attention.

Le cas particulier du laboratoire de simulation dont il est ici question est un simulateur pleine échelle visant à permettre la mise en situation de tout sujet. Ce simulateur est mixte puisqu'il est en partie réel (la pièce, le salon dans lequel le sujet doit s'imaginer existe), mais la vue et l'ambiance sonore qui y sont projetés et perçus sont des simulations. Cependant, que le simulateur soit pleine échelle ou non, qu'il soit mixte ou totalement virtuel (avec le port de casque et de gants par exemple), immersif ou semi immersif, les mécanismes cognitifs impliqués doivent être les mêmes. L'approche cognitive du comportement humain souligne la nécessité de prendre en considération le contexte, c'est-à-dire à la fois le problème ou la situation à traiter, ainsi que l'environnement dans lequel il s'insère. Le simulateur et l'environnement virtuel créé composent un contexte particulier qui vise à reproduire un contexte défini (existant dans la réalité ou non). Lorsque l'on considère les aspects sensoriels fournis par la Réalité Virtuelle, parfois peu précis et d'une qualité modeste, il s'avère que l'expérience d'être dans le lieu simulé n'est pas uniquement régie par l'entrée sensorielle ascendante : les connaissances top-down appropriées interagissent avec les signaux d'entrée, pour construire une représentation mentale de l'espace, logique et complète. Un des mécanismes qui, selon nous, intervient dans la construction de cette représentation est l'imagerie mentale. Celle-ci joue un rôle de médiateur entre la perception du stimulus et la réponse comportementale induite. C'est par ce processus que l'environnement suggéré, par le film ou la séquence projeté(e), doit être perçu tel qu'assimilé au réel, dans le scénario et la représentation que se construit le participant. Perception et imagerie mentale enclenchent les autres mécanismes. Cependant il ne s'agit pas d'une activation sérielle ; tout ce processus est simultané et les différents mécanismes s'engagent parallèlement. Le sujet recrée un monde mixte incluant réalité et virtuel : pour cela, il établit une simulation mentale sur la base de ses représentations, de ses connaissances, de son imagination et de l'environnement virtuel. Ainsi, en utilisant simultanément des mécanismes attentionnels pour faire abstraction de sa conscience d'être dans un lieu imité et se focaliser sur la simulation, mais aussi des mécanismes mnésiques et perceptifs pour construire la représentation, l'individu concrétise à la fois le monde virtuel et son sentiment de Présence.

5.2. Présentation de la méthode

La littérature référencée et les expérimentations qui ont pu être menées, quel que soit le

domaine, ne permettent pas de confirmer par des critères objectifs et concrets ce que nous avançons ; mais elles ne permettent pas non plus d'argumenter contre cette conception. Malgré le grand nombre d'applications et d'utilisations possibles des environnements Virtuels, il existe une grande lacune des recherches sur cette thématique précise. Ceci que ce soit vis-à-vis du sentiment de Présence et des mécanismes cognitifs qui seraient impliqués, ou que ce soit dans les études de perception des impacts environnementaux des transports. C'est pourquoi nous nous sommes efforcée de trouver un moyen de mesurer objectivement la présence ressentie face à un environnement virtuel pour ensuite les utiliser dans notre champ d'application. Là encore, nous n'avons pu nous appuyer sur les recherches antérieures. Tout d'abord parce que le plus grand nombre de travaux concernent la perception du bruit et donc la modalité sonore seule, quelques-uns seulement ont été menés sur l'étude de la perception du paysage et encore moins sur l'effet de l'interaction entre les modalités sonores et visuelles dans la perception des impacts environnementaux des transports. Mais, dans tous les cas, les données issues de ces différentes recherches sont majoritairement basées sur des entretiens ou des questionnaires d'auto-évaluation. On ne trouve pas de méthode d'investigation implicite pour mesurer les effets ou étudier la perception des impacts environnementaux des transports.

Pour cela nous avons mis en place des méthodes indirectes pour mesurer la Présence dans des Environnements Virtuels qui pourraient être utilisées pour la recherche sur l'évaluation de la perception des impacts environnementaux des transports, d'un point de vue sonore et visuel.

D'une façon concrète, l'objectif de ce travail est de déterminer les différents types d'environnements virtuels pouvant être utilisés dans un laboratoire de simulation de l'environnement, de spécifier lequel permet la meilleure induction du sentiment de Présence dans un lieu simulé et enfin argumenter pour définir les champs d'application de ces environnements virtuels pour les études d'impacts environnementaux des transports.

Pour permettre toutes les comparaisons que nous souhaitons réaliser, nous avons imaginé un protocole en 2 phases, et s'appliquant à 2 groupes de sujets, un groupe que nous appellerons riverain et un groupe non riverain. La première phase expérimentale ne concernait que le groupe riverain : il s'agissait en effet de tester les participants à leur domicile. Pour cela, il a fallu trouver un site où plusieurs foyers étaient exposés de la même façon à une infrastructure de transport : bruit et intrusion visuelle dans le paysage (pour plus de précision sur le site, la réalisation des séquences et la passation voir la partie méthodologie, chapitre 6). Lors de cette phase, les sujets devaient réaliser 2 tâches cognitives et répondre à un questionnaire avec l'aide de l'expérimentateur. La seconde phase expérimentale concernait le groupe de riverains mais aussi un groupe de non riverains. Cette seconde phase se déroulait au LSEE. Elle était conçue sur le modèle de la première phase, tous les participants devant réaliser 2 tâches cognitives et répondre à un nouveau questionnaire. Les deux parties (à domicile et au LSEE) du protocole réalisé par le groupe de personnes vivant sur le site qui a été simulé au laboratoire avaient pour but de permettre la comparaison entre résultats obtenus in situ et résultats recueillis en laboratoire. Le deuxième groupe, composé en partie d'un sous groupe apparié aux riverains préalablement testés, a donné l'occasion de recueillir des données pour des

sujets ne connaissant pas le site. De plus le choix d'un sous-groupe apparié autorisait la comparaison des résultats entre riverains et non riverains.

5.3. Tâches et hypothèses

Notre première hypothèse portait sur la comparaison des types de séquences de simulation : l'une de ces simulations induit-elle un plus fort sentiment de présence dans l'environnement virtuel que les autres et permet-elle ainsi de reproduire des performances plus superposables et comparables à celles observées dans la réalité ?

Plus précisément, pour ce qui est des mécanismes de perception et des processus mnésiques mis en jeu, nous avons fait l'hypothèse que l'environnement perçu et le milieu dans lequel se trouve le sujet impliquent l'activation des différentes représentations relatives au contexte ainsi suggéré. Pour le vérifier, nous avons soumis les participants à une tâche de catégorisation d'images représentant des éléments naturels ou artificiels en lien ou non avec l'environnement dans lequel ils devaient s'immerger.

Hypothèse 1 : Les performances en catégorisation (taux de bonnes réponses et temps de réponse) devraient être meilleures pour les images ayant un lien avec l'environnement et le paysage perçu – en réalité ou par l'intermédiaire de la séquence. Cet effet doit aussi être observé pour les images ayant un lien avec la situation dans laquelle le sujet est plongé (un riverain d'une infrastructure dans son salon).

Pour tester le rôle des mécanismes attentionnels, nous avons formulé l'idée que plus la simulation induisait un fort sentiment de présence, moins le sujet aurait besoin de mobiliser son attention pour s'imaginer dans la scène. Pour le vérifier, nous avons utilisé un paradigme de type « double tâche ». Pendant que les participants essayaient de s'immerger dans la situation, ils devaient réagir le plus rapidement possible à l'apparition de sons brefs extérieurs.

Hypothèse 2 : plus le sentiment de Présence est élevé, moins les capacités attentionnelles sont mobilisées sur le film et la situation, et plus il est facile de réengager son attention sur un événement étranger à la situation. Les performances à une tâche attentionnelle type « détection d'un son étranger comme un bip » sont donc proportionnelles à l'intensité du sentiment de Présence dans la scène.

Compte tenu de la difficulté de la mise en place du protocole dans sa partie « in situ », c'est-à-dire sur le terrain auprès des personnes vivant sur le site choisi pour les simulations, il fallait s'assurer que les paradigmes utilisés permettraient bien d'observer les effets escomptés. Pour cela, plusieurs tests expérimentaux reconnus pour mettre en avant des effets de contexte ont été conçus puis éprouvés. Ces pré expérimentation sont présentées dans la première partie du chapitre 6. Ensuite l'expérience principale a pu être menée.

Enfin, une grande partie de notre argumentation est formulée sur le fait que nous ne considérons pas l'interaction effective avec l'environnement virtuel comme nécessaire. Il

nous semble que le fait d'imaginer interagir avec celui-ci a la même influence sur l'émergence de la présence. Cependant, notre protocole et les résultats de l'expérience ne permettant pas d'obtenir de résultats pour étayer cette hypothèse, une expérience complémentaire a été conduite.

Chapitre 6 (cadre expérimental) : Recherche de paradigmes expérimentaux adaptés : les Pré-expérimentations

Plusieurs types d'expérimentations ont été menées au Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'Environnement (LSEE). Elles avaient pour objectif de répondre aux interrogations posées par la comparaison entre des films vidéo et des séquences de réalité virtuelle. L'influence de l'environnement sur les performances cognitives des sujets devait être testée. Nous avons donc recherché quels paradigmes expérimentaux pourraient mettre en évidence des critères objectifs de mise en situation des sujets. L'une des plus grandes difficultés de nos travaux réside dans le fait de mesurer le sentiment de Présence et de permettre une confrontation rigoureuse des différents niveaux de simulation de l'environnement.

Pour cela, une tâche de décision lexicale en fonction du lien sémantique ou émotionnel avec l'environnement a été envisagée. On définit le terme de « Décision Lexicale » comme la tâche cognitive dans laquelle un sujet doit décider si un mot (ensemble de syllabes prononçables) existe ou n'existe pas dans sa langue. Des travaux antérieurs (Niedenthal, 1999) ont montré que la rapidité des réponses dans cette tâche, ainsi que le taux de bonnes réponses peuvent être influencés par de multiples facteurs,

comme le contexte ou l'état émotionnel du sujet.

Cependant, compte tenu du temps de réalisation des films et des séquences de réalité virtuelle devant servir de « contexte », mais aussi de la difficulté à recruter des participants riverains du site de tournage, le matériel et le protocole qui ont été utilisés pour l'expérimentation principale de nos travaux devaient auparavant être validés par des pré expérimentations avec des participants non riverains.

Le type de protocole que nous comptons utiliser a déjà permis d'obtenir des résultats convaincants (Niedenthal, 1999), mais avec un matériel étalonné et très contrôlé. Lors de ces expérimentations, l'état émotionnel des participants était induit avec un morceau de musique émotionnellement connoté comme triste ou gai ; le morceau de musique faisait alors état de « contexte ». La décision lexicale portait sur des mots « émotionnels forts » très représentatifs (par exemple des mots décrivant une émotion telles que joie, peur ou tristesse). Les résultats obtenus ont montré qu'un contexte émotionnellement congruent avec la représentation émotionnelle du mot cible facilitait la tâche de décision lexicale (temps de réponses et taux de bonne réponse). D'autres études comme celles de Manguno-Mire, Constans & Geer en 2004, Olafson & Ferraro en 2001, ou Ferraro, Ronning, Pekarsi & Risan, 2003, ont montré l'effet de l'état émotionnel des sujets sur une tâche de décision lexicale. Nous nous sommes alors demandée si nous pourrions reproduire ce type de résultats en induisant un état émotionnel avec des images de paysages (pour créer un contexte en remplacement de la musique) et la décision lexicale portant sur des mots liés à l'environnement (comme cible en remplacement des mots émotionnels). Pour cela, plusieurs pré-tests et pré-expérimentations ont été mis en place.

6.1. Premier pré-test réalisé : test de classification émotionnelle des paysages

Le premier objectif de ce pré-test était de créer une base de données d'une centaine d'images adaptées à nos préoccupations et à nos travaux, c'est-à-dire des photographies de paysages classées en fonction de leur catégorie émotionnelle : négative, neutre ou positive.

6.1.1. Méthode

6.1.1.a. Participants

Cette expérience a été menée auprès de 40 sujets : 20 femmes et 20 hommes, âgés de 20 à 60 ans. Tous étaient des volontaires, leur vue était normale avec ou sans correction.

6.1.1.b. Matériel et plan expérimental

Nous avons utilisé 215 images paysagères. Pour cela nous avons recherché le plus grand

nombre de scènes paysagères libres de droits sur l'Internet, auxquelles ont été ajoutées des photographies, réalisées avec un appareil photo numérique Panasonic Lumix FZ-10. Chacune de ces images a été redimensionnée au format 1280*960, résolution de 28 pixels/cm sous Photoshop 7.0.1, afin que toutes aient les mêmes propriétés et qu'il n'y ait pas de déformation à l'affichage en plein écran. De plus, 5 autres images représentant des paysages et issues de l'IAPS (Davis et al., 1995) ont été ajoutées au début de la passation pour constituer une phase d'apprentissage ; elles devaient permettre aux sujets de se familiariser avec la procédure. Toutes ces photographies ont été présentées sur un ordinateur portable Macintosh Power Book G4, écran de 15 pouces. L'écran était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Tous les participants ont vu toutes les images, mais dans des ordres aléatoires différents (les 5 premières images de la phase d'apprentissage étaient aussi présentées dans des ordres aléatoires différents, mais toujours entre elles).

Plan expérimental :

Nos variables dépendantes (VD) sont :

- Le temps de réponses des sujets
- La note attribuée à chaque image sur une échelle d'évaluation émotionnelle graduée de -10 à +10

Notre variable indépendante (VI) est :

- La connotation émotionnelle supposée des images,

Les variables contrôles (VC) sont:

- Le contenu des images : toutes représentent un paysage
- Le format des images : toujours identique
- Le plan expérimental était le suivant S40*I215

6.1.1.c. Procédure expérimentale

La visualisation des 215 images était commandée par un script réalisé avec le logiciel Psyscope 7.0 (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993) version pour Mac OS X, permettant l'enregistrement des réponses ainsi que le passage de chaque photo à la suivante après chaque réponse. L'affichage était effectué en plein écran. Après 1500 millisecondes (msec) d'affichage de l'image, une échelle graduée de -10 à +10 apparaissait en bas de l'écran.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement, les participants étaient informés de la démarche à suivre et du déroulement de l'expérience. La consigne donnée était de bien regarder l'image et d'essayer de lui attribuer une note émotionnelle allant de -10 à

+10 en cliquant sur l'échelle à l'aide de la souris de l'ordinateur (-10 impliquant l'attribution d'une note très négative et +10 d'une note très positive). La consigne précisait aussi que la note devait être donnée spontanément et le plus rapidement possible, en fonction de la première émotion ressentie face à l'image, si possible sans tenir compte de l'esthétique de la photographie. Il était aussi indiqué qu'il n'existait pas de bonne ou de mauvaise réponse.

Afin de ne comptabiliser que les résultats les plus spontanés, et de façon à inciter les participants à répondre le plus vite possible, le temps de présentation des images était limité à 7 secondes (7000 millisecondes). Au bout de ce laps de temps, si le participant n'avait pas répondu, la présentation affichait automatiquement l'image suivante.

Au début de chaque session, les participants devaient répondre à deux questions concernant leur sexe et leur âge. Puis, après avoir lu la consigne (voir Annexe B), le test commençait : d'abord par la phase d'entraînement, enfin ils visionnaient les 215 autres photographies.

6.1.2. Résultats et Discussion

6.1.2.a. Résultats

215 images sémantiquement reliées à la notion d'environnement ont été testées.

Les résultats obtenus ont permis de sélectionner 100 photographies de paysages. Les images pour lesquelles les écarts types des notes attribuées étaient inférieurs ou égaux à 1,65 ont été conservées. Les moyennes des notes attribuées par l'ensemble des sujets pour chaque paysage ont permis de répartir les 100 images en 3 catégories : négatives, neutres et positives. Les notes attribuées de -10 à +10 ont été reportées dans un tableau Excel pour obtenir une note de 0 à 10, puis moyennées. Ensuite, les images ayant obtenues une moyenne de plus de 7/10 à plus de 72% ont été qualifiées comme positives, et celles ayant été notées avec une moyenne inférieure à 3.5/10 à plus de 75% ont été catégorisées comme négatives.

Ainsi, 51 scènes paysagères ont été perçues comme négatives, 8 ont été notées comme neutres (moyenne comprise en 5 et 6 / 10), et 41 ont été appréciées comme positives.

6.1.2.b. Discussion

Ces résultats peuvent être interprétés en fonction du contenu des scènes :

- Les paysages les plus industriels, avec ou sans infrastructure de transport, ou représentant une zone polluée ou encore des zones dévastées ou mal entretenues (décharge, ruines de guerre, bidonville) sont notées comme très négatives ou négatives.

- Les vues très naturelles, proches des types « cartes postales », verdoyantes ou désertiques, enneigées ou rougies par l'automne sont perçues comme très positives ou positives.

- Les paysages notés comme neutres sont des scènes ressemblant à celles de la catégorie positive, mais comportant un élément négatif prégnant tel qu'une autoroute, une voie ferroviaire ou un chantier.

Les paysages qui n'ont pas été sélectionnés et qui présentaient dans les notes attribuées les écarts types les plus forts étaient de très belles photographies, ou des scènes grandioses, mais avec un contenu sémantique négatif très fort, comme par exemple : un cyclone, une éruption volcanique, un typhon, ou encore un coucher de soleil en plein désert avec une carrière de craie en fond.

Il semble donc que nous puissions observer pour les paysages ce qui a déjà été observé pour toute image : le contenu sémantique et le ressenti émotionnel face à la scène sont totalement reliés.

6.2. Deuxième pré-test réalisé : test de classification émotionnelle des mots sémantiquement reliés à la notion d'environnement

Toujours pour construire un matériel expérimental fiable, il fallait constituer une base de données de mots tous sémantiquement reliés à la notion d'environnement, et pouvant aussi être classés dans une catégorie émotionnelle déterminée. En effet, comme nous l'avons exposé plus avant, le paradigme que nous comptons utiliser fonctionne très bien (c'est-à-dire qu'il permet d'obtenir des résultats significatifs), mais avec un matériel défini et très contrôlé sur le plan émotionnel. Toutefois, les images paysagères et les mots relatifs à l'environnement peuvent être considérés comme "émotionnellement" peu significatifs. Il était nécessaire de s'assurer que les mots que nous utiliserions pouvaient être catégorisés d'un point de vue émotionnel.

6.2.1. Méthode

6.2.1.a. Participants

30 participants volontaires, de langue maternelle française : 16 femmes et 14 hommes, âgés de 19 à 35 ans, ont participé à cette expérience.

6.2.1.b. Matériel et plan expérimental

En premier lieu il était nécessaire de contrôler la fréquence lexicale et la longueur de ces mots, car ces variables influencent très fortement les performances de décision lexicale – on parle d'effet de Fréquence¹ et d'effet de longueur des mots².

¹ Effet de Fréquence : se définit par le fait que plus un mot est fréquent, ou familier, plus il est facile à identifier

Par conséquent, nous avons recherché tous les mots relatifs à la notion d'environnement dans la base de données MANULEX (Lété, Sprenger-Charolles, & Colé, 2004), et sélectionné tous les items constitués de 9 lettres au plus.

Parmi ces mots, nous avons conservé tous ceux dont la fréquence lexicale était comprise entre 80 et 3475 (compromis entre l'effet de fréquence et le nombre de mots sémantiquement reliés à la notion d'environnement pour construire le matériel). Il a donc fallu supprimer les mots très rares tels que "crocus", "giratoire" ou "forage", et des mots trop fréquents tels que "gare", "sable", "essence" ou "pluie".

Enfin, nous avons revérifié la liste ainsi constituée avec la base de données "Lexique" disponible sur le web : www.lexique.org.

261 mots ont ainsi été retenus pour constituer le matériel test de cette expérimentation. Tous les participants ont catégorisé (c'est-à-dire noté d'un point de vue émotionnel) tous les mots.

Plan expérimental :

Nos variables dépendantes (VD) sont :

- Le temps de réponses des sujets
- La note attribuée à chaque image sur l'échelle d'évaluation -10 à +10
- Notre variable indépendante (VI) est constituée par :
- La connotation émotionnelle supposée des mots

Les variables contrôles (VC) sont :

- Le lien sémantique des mots avec la notion d'environnement
- La longueur des mots : maximum de 9 lettres
- La fréquence lexicale des mots : toutes équivalentes
- Le plan expérimental était le suivant S30*M261

6.2.1.c. Procédure expérimentale

Ces mots ont été présentés sur un ordinateur portable Macintosh Power Book G4. L'écran, d'une taille de 15 pouces, était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

La présentation des 261 mots était commandée par un script réalisé avec le logiciel Psyscope7.0, permettant l'enregistrement des réponses. Ce logiciel offre aussi la possibilité du passage automatique d'une photo à la suivante après chaque réponse du participant.

² Effet de longueur des mots : les mots composés d'un nombre de lettres inférieur ou égal à 9 sont lus en une seule saccade oculaire. Dans toute expérimentation nécessitant la lecture de mots, il est nécessaire de ne prendre que des mots d'une longueur inférieure ou égale à 9 lettres. Ceci afin d'éviter que les temps de lecture ne soient biaisés par le nombre de saccades oculaire nécessaire à chacun des mots

L'affichage était effectué en plein écran, dans un ordre aléatoire. Après 1500 msec d'affichage du mot, une échelle graduée de -10 à +10 apparaissait en bas de l'écran.

La consigne donnée était de bien lire le mot et d'essayer de lui attribuer, le plus rapidement et le plus précisément possible, une note émotionnelle allant de -10 à +10 en cliquant sur l'échelle à l'aide de la souris de l'ordinateur. -10 impliquant l'attribution d'une note très négative et +10 d'une note très positive

La consigne précisait aussi que la note devait être donnée spontanément et très rapidement, en fonction de la première émotion ressentie vis-à-vis du mot, mais, aussi qu'il n'existait pas de bonne ou de mauvaise réponse.

6.2.2. Résultats et Discussion

6.2.2.a. Résultats

Les résultats obtenus sur cette expérience, ont permis de sélectionner 97 mots.

Deux critères de tri ont été utilisés pour cette sélection. Ont été retenus : les mots pour lesquels les écarts types des notes attribuées étaient inférieurs ou égaux à 3, mais qui ont aussi été classés à plus de 70% dans une catégorie émotionnelle.

Les moyennes des notes attribuées par l'ensemble des sujets pour chaque paysage ont permis de répartir les 97 mots en 2 catégories : négatif, d'une part et neutre – positif d'autre part. Nous avons choisi de ne pas différencier la catégorie « positive » de la catégorie « neutre » car l'induction d'une émotion positive par un mot est très difficile et les différences négatif / positif sont souvent équivalentes aux différences négatif / neutre. De plus, le fait de garder les 3 catégories émotionnelles augmente très fortement le nombre de conditions expérimentales et donc la quantité de matériel nécessaire, pourtant difficile à étalonner ; il nous a semblé préférable de ne conserver que 2 catégories.

Ainsi, 49 mots négatifs et 47 mots positifs ont été distingués et considérés comme pouvant être sélectionnés pour les futures expérimentations prévues. Parmi les mots négatifs, on trouve par exemple : ghetto, ordure, caniveau, cimetière, décharge ou trafic. Parmi les mots neutres - positifs, ont été retenus des mots tels que : océan, prairie, fontaine, lac, chalet ou parc. La liste complète des mots est présentée en annexe C.

6.2.2.b. Discussion

Le dépouillement de ces résultats a permis de constater que les mots négatifs sont à la fois constitués d'items relatifs à des notions naturelles (asticot – chiendent - brouillard) ou industrielles (ghetto – caniveau – béton). En effet, 31 mots sur 49 sont reliés à l'intervention humaine sur l'environnement. Par opposition, les mots positifs sont quasi exclusivement constitués d'items relatifs à des notions naturelles, seulement 6 mots sur 47 sont relatifs à des éléments fabriqués ou modifiés par l'homme.

6.3. Première expérience : décision lexicale avec amorçage par des images paysages

Cette expérience devait permettre de préciser si le paradigme d'effet de contexte sur la décision lexicale pouvait mettre en évidence des critères objectifs de mesure de la Présence dans le laboratoire de simulation de l'environnement. En effet, notre but principal était toujours d'identifier un moyen de mesurer les effets de contexte et le niveau de Présence en laboratoire avec des critères objectifs et implicites qui pourraient être croisés avec les données issues des questionnaires traditionnellement utilisés pour évaluer la perception de l'environnement.

Ainsi, la mise en place de cette expérience avait deux objectifs concrets : tout d'abord démontrer que la congruence de la connotation émotionnelle entre une scène paysagère et un mot facilite la tâche de décision lexicale. Ensuite établir que la présentation d'une scène paysagère reliée sémantiquement à une cible mot a un effet facilitateur sur la tâche de décision lexicale.

L'intérêt d'utiliser ce paradigme était de démontrer que ce type de résultats pouvait bien être obtenus avec un matériel uniquement basé sur des images paysagères et des mots reliés à l'environnement ; ce qui n'avait encore jamais été fait. En effet les images paysagères sont le plus souvent considérées comme « neutre » (voir IAPS, Davis et al., 1995), et les mots relatifs à l'environnement ne sont pas généralement considérés comme « très connotés émotionnellement ». Il était donc nécessaire de vérifier que nous pouvions reproduire les effets de contexte, et ensuite comparer ces premiers résultats obtenus à ceux que nous pourrions observer avec la projection de paysages créés avec des environnements virtuels.

6.3.1. Méthode

6.3.1.a. Participants.

Cette expérience a été réalisée auprès de 36 sujets de langue maternelle française : 18 femmes et 18 hommes, âgés de 21 à 57 ans. Tous étaient volontaires, et ont été recrutés parmi le personnel de l'INRETS, sur le site de Bron.

6.3.1.b. Matériel et plan expérimental

Pour construire un matériel adapté, nous avons défini 2 catégories d'images paysagères : négatives et neutres/positives, choisies dans le matériel issu du premier pré-test présenté sur la catégorisation des images.

Par ailleurs 4 catégories de mots ont été définies, issues du croisement entre la connotation émotionnelle et le lien sémantique à l'image :

Catégorie 1 : mot négatif relié sémantiquement à l'image

Catégorie 2 : mot négatif non relié sémantiquement à l'image

Catégorie 3 : mot neutre relié sémantiquement à l'image

Catégorie 4 : mot neutre non relié sémantiquement à l'image

Cette répartition impliquait 8 conditions expérimentales (voir tableau ci-dessous) :

Tableau 1 : conditions expérimentales de l'expérience de décision lexicale

	MOTS NEGATIFS		MOTS NEUTRES-POSITIFS	
IMAGES NEGATIVES	Reliés C1 11 mots	Non Reliés C2 11 mots	Reliés C3 11 mots	Non Reliés C4 11 mots
IMAGES NEUTRES-POSITIVES	Reliés C5 11 mots	Non Reliés C6 11 mots	Reliés C7 11 mots	Non Reliés C8 11 mots

Pour éviter tout effet d'association image-mot, tous les sujets voyaient toutes les images et tous les mots, mais les associations image-mot dans chaque condition expérimentale étaient différentes selon les groupes. Pour un groupe de sujets, un mot lié émotionnellement et sémantiquement à une image dans une condition expérimentale, se retrouvait pour un autre groupe dans une autre condition expérimentale, associé à un autre paysage. Par exemple, le mot "ordure" associé à la photo d'une décharge et le mot "bitume" associé à une photo d'autoroute en C1 pour un groupe de sujets, étaient associés, pour le premier à la photo d'un lac dans les Rocheuses en C6, et pour le second à la photo d'une zone inondée en C2, pour un autre groupe de sujets. 4 groupes de sujets étaient donc nécessaires pour ces contre-balancements : 44 mots négatifs, 44 mots positifs ou neutre, 4 associations images / mots possibles selon la connotation de l'image de fond, la congruence émotionnelle entre l'image et le mot, et le lien sémantique entre l'image et le mot.

6.3.1.c. Dispositif expérimental

Les mots ont été présentés sur un ordinateur portable Macintosh Power Book G4, avec un écran d'une taille de 15 pouces. La présentation des 176 associations images / mots ou pseudomots (88 mots et 88 pseudomots) était commandée par un script réalisé avec le logiciel Psyscope (Cohen et al., 1993), version 10. Ce logiciel donne la possibilité de présenter les images puis les mots superposés à la scène, et permet aussi le passage automatique d'une photo à la suivante après chaque réponse. Il assure de plus l'enregistrement des réponses données par le participant ainsi que les temps de réponses pour chaque stimulus. L'affichage était effectué en plein écran.

6.3.1.d. Procédure expérimentale

Les passations se sont déroulées dans une salle d'expérimentation insonorisée de l'INRETS de Bron. Chaque participant était testé individuellement.

Après avoir rempli un formulaire de consentement, il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur. Pour répondre, le sujet devait placer ses index sur les touches indiquées par des gommettes 'M' (pour 'mot' – correspondant à la touche 'D') et 'PM' (sur la touche 'K' du clavier pour 'pseudo-mot') placées sur le clavier qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience.

Une fois le participant installé, une consigne apparaissait au centre de l'écran, présentant le déroulement de l'expérience ainsi que la tâche qu'il allait devoir accomplir. Chaque participant était confronté à 176 essais expérimentaux précédés de 5 essais d'entraînement du même type que les essais tests, mais avec des stimuli différents. L'ordre des différentes conditions expérimentales était aléatoire.

Déroulement d'un essai

Pour chaque essai (voir figure 1 ci dessous), après 1500 msec d'affichage de l'image seule, un point de fixation apparaissait au centre de l'écran sur l'image pour une durée de 500 msec, puis soit un mot, soit un pseudomot, se substituait au point de fixation, toujours sur l'image. Afin de ne comptabiliser que les résultats les plus spontanés, et de façon à obliger les participants à répondre le plus vite possible, le temps de présentation des images était limité à 2 secondes (2000 msec). Au bout de ce laps de temps, la présentation affichait automatiquement l'essai suivant. Ainsi, le mot (ou pseudomot) restait affiché à l'écran jusqu'à ce que le participant ait répondu, ou au plus 2000 msec.

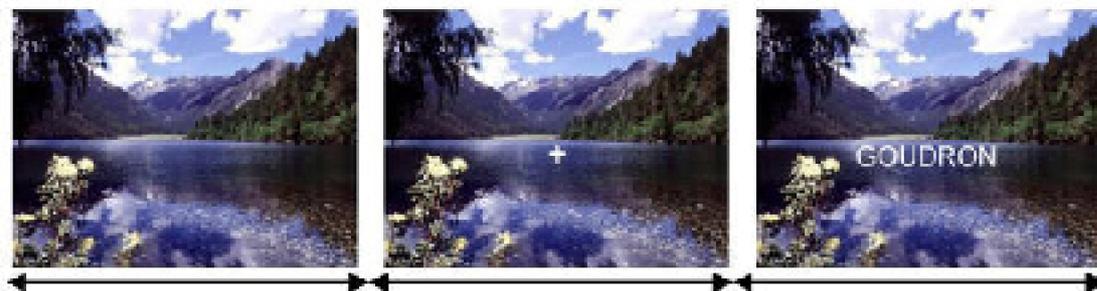


Figure 1 : Déroulement d'un essai

Nos hypothèses, formulées sur la base des effets de contexte émotionnel, étaient les suivantes:

H1. Les performances en tâche de décision lexicale sont facilitées, temps de réponse plus rapides et taux de bonnes réponses plus élevés, lorsque la connotation du mot-cible présenté est congruente avec celle de l'image associée en arrière plan.

H2. Cette facilitation doit être encore plus importante lorsque la connotation émotionnelle est négative.

H3. Les performances en décision lexicale sont facilitées lorsque le mot est présenté avec une image sémantiquement congruente, par rapport à la condition où l'image n'a aucun lien avec le mot.

H4. La facilitation des performances en décision lexicale par la congruence émotionnelle entre le mot et l'image est renforcée lorsqu'il y a en plus une congruence sémantique (ce qui correspond à une interaction entre la congruence émotionnelle et la

congruence sémantique).

La validation de ces premières hypothèses confirmerait l'effet de l'activation des différentes représentations mentales liées au paysage présenté et à l'environnement suggéré, ainsi que l'effet de la congruence émotionnelle entre l'image et le mot.

6.3.2. Résultats et Discussion

6.3.2.a. Résultats

Les données recueillies ont été triées. Les temps de réponses ont été sélectionnés selon trois critères appliqués successivement : tout d'abord, seules les latences des bonnes réponses sont conservées ; ensuite, les latences inférieures à 150 msec et supérieures à 1500 msec sont écartées ; et enfin les latences s'écartant de plus de 2,5 écart-types de la moyenne sont éliminées. Les sujets pour lesquels plus de 5% des données sont supprimées ont été remplacés. Malheureusement, aucun résultat significatif, ni même aucune tendance n'ont pu être dégagés de l'analyse statistique. Aucune hypothèse n'a pu être confirmée. Les temps de réponses observés étaient trop similaires et les taux de bonnes réponses trop élevés, quelles que soient les conditions.

6.3.2.b. Discussion

Les résultats obtenus nous ont conduit à penser que la tâche de décision lexicale imaginée était probablement trop facile. Toutefois, il est aussi très vraisemblable que les images paysagères n'aient pas engendré de contexte émotionnel assez important pour créer un effet de contexte pouvant faciliter ou réduire les performances d'une tâche aussi automatique que la décision lexicale chez des adultes normolecteurs. Nous avons donc essayé de modifier notre protocole en vue d'augmenter l'effet d'amorçage émotionnel potentiel de l'exposition à l'image. Pour cela, nous avons rallongé le temps de présentation de l'image avant l'apparition du mot à 4000 msec c'est-à-dire 4 secondes.

Cette seconde expérience a été réalisée auprès de 30 nouveaux sujets de langue maternelle française : 16 femmes et 14 hommes, âgées de 22 à 59 ans.

Le changement de protocole n'a suscité aucune évolution des résultats : l'analyse de la variance menée sur les nouvelles données recueillies n'a montré aucun effet significatif.

Un tout autre protocole a donc dû être envisagé.

6.4. Deuxième expérience : expérimentation de catégorisation d'images

Le nouveau protocole imaginé devait toujours permettre de valider le fait que la simulation en laboratoire peut engendrer chez un sujet une mise en situation de contexte particulier

(plus précisément, dans la situation du riverain d'une infrastructure de transport, installé dans son salon dont la fenêtre principale donne sur la voie). L'objectif de cette nouvelle expérience était donc de démontrer l'existence d'un effet de contexte entre un film et des images sur une tâche de catégorisation, artefacts vs éléments naturels. Il fallait donc imaginer un protocole donnant la possibilité de vérifier que la mise en situation dans le laboratoire induit l'activation des mêmes représentations que celles d'une personne vivant réellement dans le contexte simulé.

Nous avons fait l'hypothèse que le sentiment de Présence ressenti dans un environnement virtuel permet l'activation des connaissances et représentations relatives à l'environnement simulé. Dans ce cadre précis, nous considérons qu'un film vidéo peut constituer la simulation. Ainsi nous avons prévu que les performances pour catégoriser des images associées à un film projeté en arrière plan seraient meilleures que celles pour catégoriser des images non associées, c'est-à-dire des temps de réponse plus courts et un taux de bonnes réponses plus élevé.

6.4.1. Méthode et procédure

6.4.1.a. Participants

40 personnes travaillant à l'INRETS, 21 femmes et 19 hommes âgés de 21 à 59 ans, ont participé de façon volontaire à cette expérience. Ils avaient une vue normale avec ou sans correction.

6.4.1.b. Matériel et plan expérimental

Afin de pouvoir montrer l'effet du facteur 'lien' entre un film et des stimuli représentés par des images, nous avons d'abord dû sélectionner deux séquences vidéo : l'une dont le contenu serait relié sémantiquement à certains stimuli tests, l'autre dont le contenu ne serait relié à aucun des stimulus tests. Compte tenu de notre champ d'application, à savoir la perception de l'environnement avec infrastructure de transport, nous avons utilisé comme film test (c'est-à-dire celui avec lequel une partie des stimuli seraient liés) un film paysager autoroutier tourné dans le département de l'Ain, en France. La végétation y étant assez typique des paysages de la région Rhône-Alpes. En effet, cette expérimentation devait servir de pré test aux expériences principales prévues par la suite in situ au village de Druillat, ainsi qu'au LSEE. Le même film devait donc être utilisé. Le village, site de tournage (puis d'expérimentation), a été sélectionné pour répondre au cahier des charges envisagé pour les futures expérimentations (nous reviendrons sur ce cahier des charges et les conditions d'exigences de ces tests dans la partie expérience principale, chapitre 7).

Par ailleurs les mouvements dans ce film, sans changement de plan, sont peu diversifiés car seuls les véhicules, les nuages et un léger vent dans les arbres constituent l'animation. Le film « contrôle », pour lequel aucun élément ("artefactuel" ou "naturel") ne serait lié, devait être à la fois radicalement différent dans son contenu et avoir un rythme équivalent, c'est-à-dire plutôt lent. Un montage a alors été conçu à partir d'un reportage

sur la banquise, pour n'utiliser que les plans les plus lents et ne comportant aucun être humain, ni aucun véhicule apparenté au domaine routier (tel un scooter des neiges). Ce montage a été réalisé sur un ordinateur Macintosh avec le logiciel 'i-movie'. Ainsi, la moitié des sujets était soumis au film test (paysage) et l'autre moitié au film contrôle (banquise).

L'ensemble des stimuli expérimentaux à catégoriser (artéfact vs élément naturel) étaient tous du même format, 375 pixels de longueur et 295 pixels de largeur, et de la même résolution de 150 pixels/pouces. Pour éviter tout biais de couleur ou toute facilitation de contexte, ces images ont toutes été détournées, et transformées pour être présentées en noir et blanc. En effet, si les images à catégoriser avaient été en couleur, les éléments naturels le plus souvent « verts » auraient pu être catégorisés plus facilement. Ce traitement a été réalisé avec le logiciel Adobe Photoshop version 7.0.1.

5 classes d'images ont été définies, en fonction du croisement de la catégorie artefact/objet ou élément naturel et du lien de l'image avec le film paysager test :

- Classe 1 : artefact non relié au film paysager
- Classe 2 : artefact relié au film paysager
- Classe 3 : artefact relié à la situation « être chez soi, dans le salon »
- Classe 4 : naturel non relié au film paysager
- Classe 5 : naturel relié au film paysager

	Relié à l'environnement simulé par le film	à Relié à la Situation ou « consigne : être chez soi »	Non Relié
ARTIFACTS			
ELEMENTS NATURELS		Non concerné	

Tableau 1: Exemples de stimuli en fonction des conditions expérimentales

Cependant, malgré le fait que les artefacts étaient divisés en 3 classes, et les éléments naturels en 2, pour la nécessité de la tâche, il fallait nécessairement présenter autant d'items dans chacune des 2 catégories (artefact/naturel). Un participant répondant au hasard devait avoir 50% de chance de fournir une réponse correcte. Les 96 stimuli étaient donc répartis de la façon suivante : 16 images par classe d'artefacts, 24 images par classe d'éléments naturels, soit 48 images d'artefacts et soit 48 images d'éléments naturels (cf tableau 4 ci-dessous) :

Nous avons essayé de rendre équivalents les stimuli de chaque classe en termes de

familiarité, de cohérence dans l'environnement de la région Rhône-alpes ou au contraire d'incongruité selon la catégorie définie.

6.4.1.c. Dispositif expérimental et procédure

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur portable Macintosh power book G4, écran de 15 pouces, utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993).

Les passations se sont déroulées dans le salon d'expérimentation insonorisée du LSEE.

Le déroulement de l'expérience était le suivant : après avoir rempli un formulaire de consentement, il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur et de placer ses index sur les touches indicées par des gommettes 'Ob' et 'Nat' du clavier (respectivement les touches 'D' et 'K') qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience. Chacun des participants ne voyait qu'un des deux films : soit le film test, soit le film contrôle. Les 40 personnes ont donc été réparties en 2 groupes, en fonction du film vu. Une fois le participant installé, une consigne lui présentait le déroulement de l'expérience ainsi que la tâche qu'il allait devoir accomplir. Cette consigne était légèrement différente selon le film projeté. Pour le film « contrôle », sur la banquise, le sujet devait s'imaginer être chez lui dans son salon en train de regarder un reportage à la télévision. Pour le film paysager autoroutier, la consigne était de s'imaginer dans son salon regardant par la fenêtre.

L'expérience se composait d'une seule session. Cependant, son montage impliquait de diviser l'écran en deux zones :

- Sur la partie supérieure le film projeté sans interruption tout au long de l'expérience
- Sur la partie inférieure, les images à catégoriser

Le film était tout d'abord présenté seul, pendant 1 minute et trente secondes (soit 90000 msec), puis les essais débutaient alors que le film se poursuivait. 12 images ont été ajoutées aux 96 images à tester, afin de constituer une phase d'entraînement. L'ordre de présentation des images était aléatoire, mais 2 ordres différents ont été proposés aux deux groupes de sujets. De plus, nous avons veillé à ce que la même condition artefact / naturel relié/non relié ne se répète pas plus de 3 fois de suite.

La tâche du sujet était de déterminer le plus rapidement et le plus précisément possible si l'image représentait un artefact ou un élément naturel.

Déroulement d'un essai

Pour chaque essai (voir figure 2), un point de fixation apparaissait au centre de la partie inférieure de l'écran pendant 500 msec, puis une image représentant un objet ou un élément naturel apparaissait jusqu'à la réponse du sujet, ou au maximum 4000 msec.

La tâche du sujet était de déterminer le plus rapidement possible si l'image représentait un artefact ou un élément naturel. L'essai suivant débutait 1000 msec après la fin de l'essai précédent.

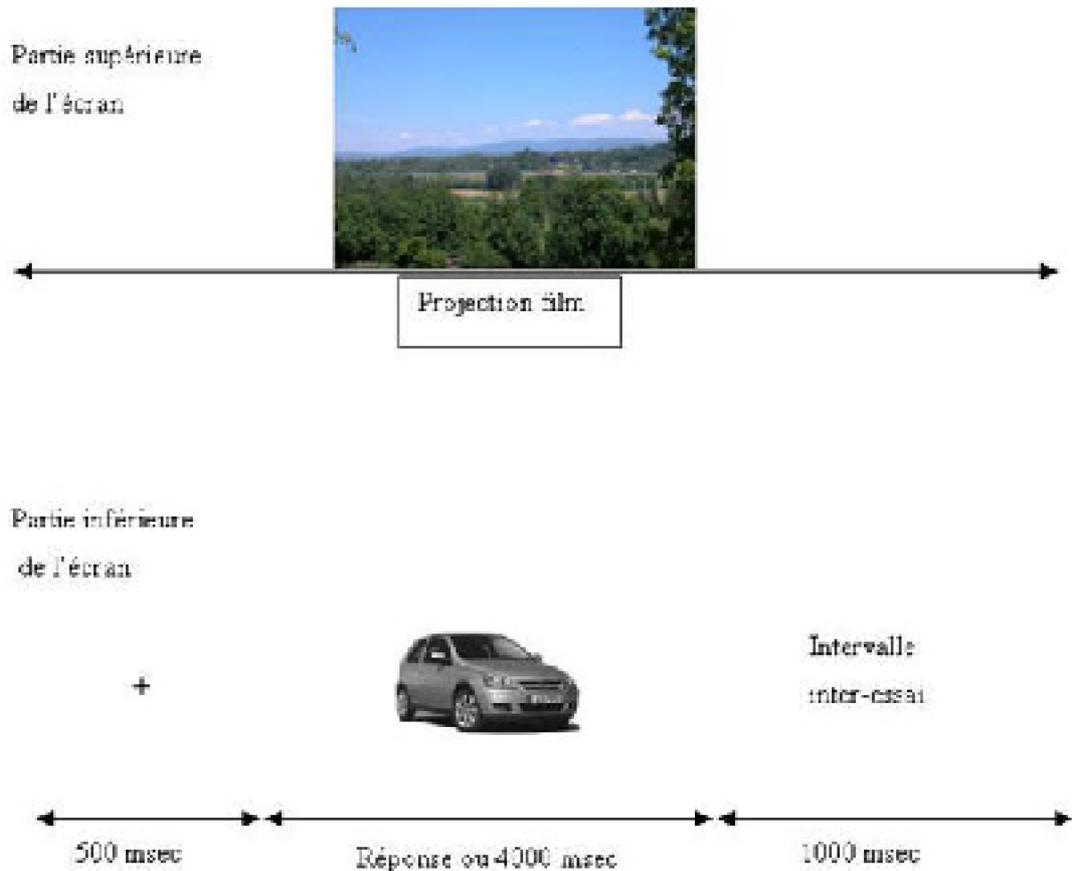


Figure 2 : Déroulement temporel d'un essai

Plan d'expérience :

Les variables dépendantes (VD) sont :

- Les latences exprimées en msec
- Les taux de bonnes réponses

Les variables indépendantes sont :

- Le type d'image (I2) : Objet ou Élément naturel (variable intra-sujet)
- Le lien entre l'image et l'environnement (L3) : Relié au paysage, Relié à la situation « être chez soi » et Non Relié (variable intra-sujet)
- Le type de film (F2) : paysager/test ou contrôle (variable inter-sujet)

Le plan expérimental est le suivant : $S40[F2] * I2 * L3$

6.4.2. Résultats et discussion

Pour toutes les expériences présentées dans cette thèse, les données de la tâche de catégorisation ont été triées de la même manière. Les latences ont été sélectionnées selon trois critères appliqués successivement : tout d'abord, seules les latences des bonnes réponses sont conservées ; ensuite, les latences inférieures à 150 msec et supérieures à 2500 msec sont écartées ; et enfin les latences s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne sont éliminées. Les sujets pour lesquels plus de 10% des données sont supprimées ont été remplacés.

Des analyses de variances séparées ont été réalisées sur les latences et les pourcentages de bonnes réponses avec pour facteur aléatoire le facteur sujets (notées F_s) ou le facteur items (notées F_i). De plus des analyses séparées ont été effectuées sur les artefacts et sur les éléments naturels. Les analyses par sujet comprenaient le facteur inter-sujets type de film et le facteur intra-sujets type d'item. Les analyses par items comportaient le facteur inter-items type d'items et le facteur intra-items type de film.

6.4.2.a. Résultats

6.4.2.a.1. Analyse des latences

Les temps de réponse moyens en millisecondes (msec) et les pourcentages (%) de bonnes réponses obtenus pour les différents types de cibles et les deux films sont présentés dans le Tableau 4 suivant :

Tableau 4 : Temps de réponse à la tâche de catégorisation par type d'items en fonction des deux films en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	Artefacts Non Reliés	Artefact Reliés	Artefacts Relié Situation	Naturels Non Reliés	Naturels Reliés
Film Paysager	950 (56,6)	857(48,7)	871 (49,3)	974 (52,1)	921 (55,9)
Film contrôle (banquise)	917 (45,3)	865 (47,6)	870 (45,5)	933 (58,6)	902 (52,9)

Les temps relevés semblent montrer que les participants sont plus rapides pour catégoriser les éléments reliés à la situation ou au film, ceci pour les artefacts et les éléments naturels puisque les temps moyens observés sur les images représentant des artefacts de catégories reliées oscillent entre 857 msec et 870 msec contre 917 msec et 950 msec pour les artefacts non reliés. Le même constat devrait pouvoir être fait pour les éléments naturels puisque l'on observe des temps moyens de 902 msec à 921 msec pour les catégories reliées contre 933 sec à 974 msec pour les images non reliées.

Pour les artefacts, les analyses ont révélé un effet principal du type de Lien significatif dans l'analyse par sujets, $F_s(2,76) = 19,2$ et $p < 0.001$, et proche du seuil de 0.05 dans l'analyse par items, $F_i(2,51) = 2,93$ et $p = 0.062$, mais aucune interaction entre le Lien et le type de film.

De la même manière, pour les éléments naturels, les analyses n'ont révélé qu'un effet principal du type de Lien significatif dans l'analyse par sujets, $F_s(1,38) = 13,12$ et $p < 0.001$, mais pas dans l'analyse par items, $F_i(1,52) = 2,44$ et $p = 0.12$.

6.4.2.a.2. Analyse des taux de bonnes réponses

Les pourcentages de bonnes réponses obtenus pour les différents types de cibles et les deux films sont présentés dans le Tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Taux de bonnes réponses en pourcentage à la tâche de catégorisation par type d'items pas film (erreurs standards indiquées entre parenthèses)

	Artefacts Non Reliés	Artefact Reliés	Artefacts Relié Situation	Naturels Non Reliés	Naturels Reliés
Film Paysager	86,8% (26)	91,5% (27)	91,1% (30)	89% (28)	92% (29)
Film contrôle (banquise)	85,9% (24)	89,3% (27)	90,3% (25)	88% (25)	90,5% (30)

Les taux de bonnes réponses relevés font apparaître que les participants se montrent plus performants pour catégoriser les éléments reliés à la situation ou au film. Toutefois, si pour les artefacts on obtient un effet principal du type du Lien avec $F_s(2,76) = 6.4$ et $p = 0.003$, il n'y a aucun effet du contexte film ni aucune interaction Lien de la cible*Film $F_s(2,76) = 0.65$, $p = 0.5$. L'amélioration des performances concernant les items reliés et reliés à la situation s'observe quel que soit le film.

Pour les éléments naturels, les analyses des taux de bonnes réponses n'ont pu mettre en évidence aucun effet significatif, ni aucune interaction impliquant les facteurs 'Film' et 'Lien'. De plus, comme pour les latences, les mêmes profils de résultats se manifestent quel que soit le film présenté, ce qui ne permet pas de conclure à un effet du film ou à une interaction.

6.4.2.b. Discussion

Ces résultats peuvent vraisemblablement s'expliquer par l'existence de plusieurs biais dans la passation de cette expérience. Tout d'abord, le fait de n'avoir choisi que des sujets travaillant à l'INRETS a pu avoir un impact. En effet, ces participants très sensibilisés par les concepts de transports et de véhicules ont toujours été très rapides pour la catégorisation des images relatives à ces notions, et ce quel que soit le film.

De plus, l'observation des temps moyens obtenus par item laisse suggérer que certains éléments ont pu être plus faciles à catégoriser que d'autres. Il existe une réelle difficulté à assurer une équivalence de la complexité des différents stimuli sur un matériel constitué d'images. Il est aussi possible qu'il y ait eu un effet d'apprentissage sur certaines images des classes reliées au film paysager. Par exemple, dans la condition expérimentale artefact relié au film paysager, on pouvait dénombrer 4 types de voitures différentes, ainsi que 4 types de camions. Malgré les modèles différents choisis parmi ces véhicules, ces images étaient trop semblables, ce qui a pu entraîner une facilitation entre

les items. L'expérience a donc été modifiée afin de tenir compte de ces réserves.

6.5. Troisième expérience : expérimentation de catégorisation d'images - Bis

6.5.1. Méthode et procédure

6.5.1.a. Participants

32 personnes ne travaillant pas à l'INRETS, 16 femmes et 16 hommes âgés de 20 à 65 ans, ont participé de façon volontaire à cette expérience. Ils avaient tous une vue normale avec ou sans correction.

6.5.1.b. Matériel

Le matériel de cette expérience était le même que pour l'expérience précédente sauf certains items qui ont été retirés tels que : 2 voitures parmi les 4 voitures du panel de départ, et 2 des 4 camions, 1 maison et 1 toiture (plan de plusieurs tuiles d'un toit), mais aussi 2 arbres, 1 nuage et 2 fleurs. Le choix des images à supprimer a été dicté soit par la trop grande ressemblance entre plusieurs images (par exemple entre 2 berlines ou 2 camions semi-remorques), soit par la difficulté qui était observée pour les catégoriser (par exemple l'image représentant une toiture était très mal identifiée, et donc difficile à catégoriser rapidement). Au total 24 items ont été supprimés pour obtenir la répartition décrite dans le tableau suivant (cf tableau 6). 72 stimuli ont donc été conservés pour constituer le matériel de ce test.

Tableau 6 : Conditions expérimentales de la seconde expérience de catégorisation

Condition	ARTEFACTS			EL. NATURELS	
	Non Relié	Relié	Relié Situation	Non Relié	Rélié
Nombre d'items	12	12	12	18	18

Le tableau ci dessous présente des exemples d'items en fonction de leurs conditions expérimentales.

Tableau 7 : Exemples de stimuli en fonction des conditions expérimentales

6.5.1.c. Dispositif expérimental, procédure et plan d'expérience

Le dispositif expérimental, la procédure étaient identiques à ceux de l'expérience 2, présentée juste avant. (cf. page 91 et 93).

Plan d'expérience :

Les variables dépendantes (VD) sont :

- Les latences exprimées en msec
- Les taux de bonnes réponse

Les variables indépendantes sont :

- Le type d'image (I2): Objet ou Élément naturel (variable intra-sujet)
- Le lien entre l'image et l'environnement (L3) : Relié au paysage, Relié à la situation « être chez soi » et Non Relié (variable intra-sujet)
- Le type de film (F2) : paysager/test ou contrôle (variable inter-sujet)

Le plan expérimental est le suivant : S32[F2]* I2* L3

6.5.2. Résultats et Discussion

6.5.2.a. Résultats

Les données ont été triées avec les mêmes procédures que dans l'expérience précédente et les mêmes analyses ont ensuite été effectuées. Des analyses de variances séparées ont été réalisées sur les latences et les pourcentages de bonnes réponses avec pour facteur aléatoire le facteur sujets (notées Fs) ou le facteur items (notées Fi). De plus des analyses séparées ont été réalisées sur les artefacts et sur les éléments naturels. Les analyses par sujets comportaient le facteur inter-sujets type de film et le facteur intra-sujets type d'item. Les analyses par items comprenaient le facteur inter-items type d'items et le facteur intra-items type de film.

6.5.2.a.1. Analyses des latences

Les temps de réponse moyen en msec obtenus pour chaque type de film et chaque catégorie d'items sont présentés dans le Tableau 8 :

Tableau 8 : Résultats de la seconde expérience de catégorisation : Temps de réponse en msec par type d'items et par film (erreurs standards entre parenthèses)

	Artefacts Non Reliés	Artefacts Reliés	Artefacts Reliés Situation	Naturels Non Reliés	Naturels Reliés
Film Paysager	892 (59,7)	882 (61,7)	860 (62)	891 (38,4)	850 (64,9)
Film contrôle (banquise)	1069 (34,8)	1119 (45,8)	1041 (33,5)	1080 (67,8)	1093 (33,3)

Seule l'analyse par sujet a montré des résultats significatifs, sans doute en raison de

en vertu de la loi du droit d'auteur.

la trop grande hétérogénéité des items.

Concernant les artefacts, l'Anova révèle un effet principal significatif du type de Lien, $F_s(2,60) = 7.15$; $p = 0,0016$, un effet principal du type de Film, $F_s(1,30) = 7.9$; $p = 0.0086$, et une interaction 'Film'*'Lien' à la limite du seuil de significativité avec $F_s(2,60) = 3.1$; $p = 0.053$. La figure ci dessous présente cette interaction .

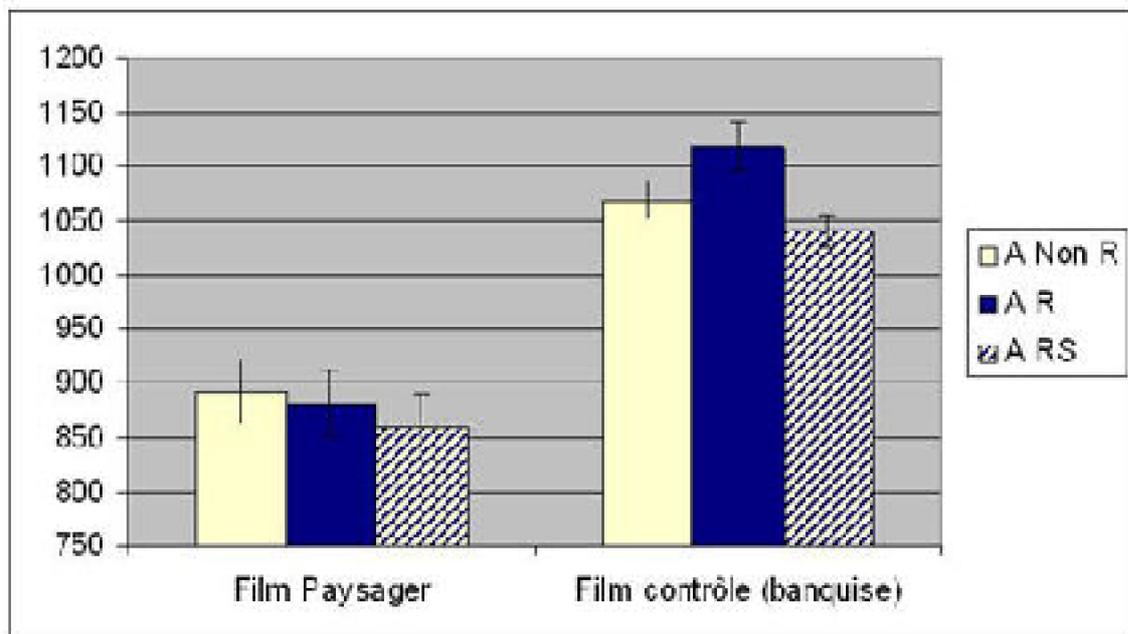


Figure 3 : Latences observées en msec par catégorie d'artefacts et par film

Des analyses séparées pour chacun des films ont montré, pour le film paysager, des réponses significativement plus rapides pour détecter les images ayant un lien avec la situation par rapport aux images non reliées $F_s(1,30)=5.01$; $p = 0.033$, mais pas pour les images reliées au film. Pour le film contrôle, les réponses étaient significativement plus lentes pour les images ayant un lien avec le film que pour les deux autres catégories d'images ($F_s(1,30) = 4.87$; $p = 0.035$ pour non reliées/reliées au film et $F_s(1,30) = 11.98$; $p = 0.0016$ pour reliées à la situation/reliées au film), ce qui traduirait peut-être une plus grande difficulté à catégoriser les images reliées aux film, d'où l'absence d'effet significatif avec le film paysager.

Pour les images représentant des éléments naturels, l'analyse de la variance met en évidence un effet principal significatif du type de film avec des latences plus courtes pour le film paysager, $F_s(1,30) = 8.41$ et $p = 0.0069$, et une interaction significative Lien*Film, $F_s(1,30)= 4.94$ et $p = 0.034$ (voir figure 3 ci-dessous). Pour les sujets qui ont vu le film paysager la catégorisation est plus rapide pour les items ayant un lien avec certaines images que pour celles n'ayant aucun lien, $F_s(1,30) = 11.438$, $p = 0.0042$. Ceci n'est plus vrai pour les sujets qui ont vu le film banquise.

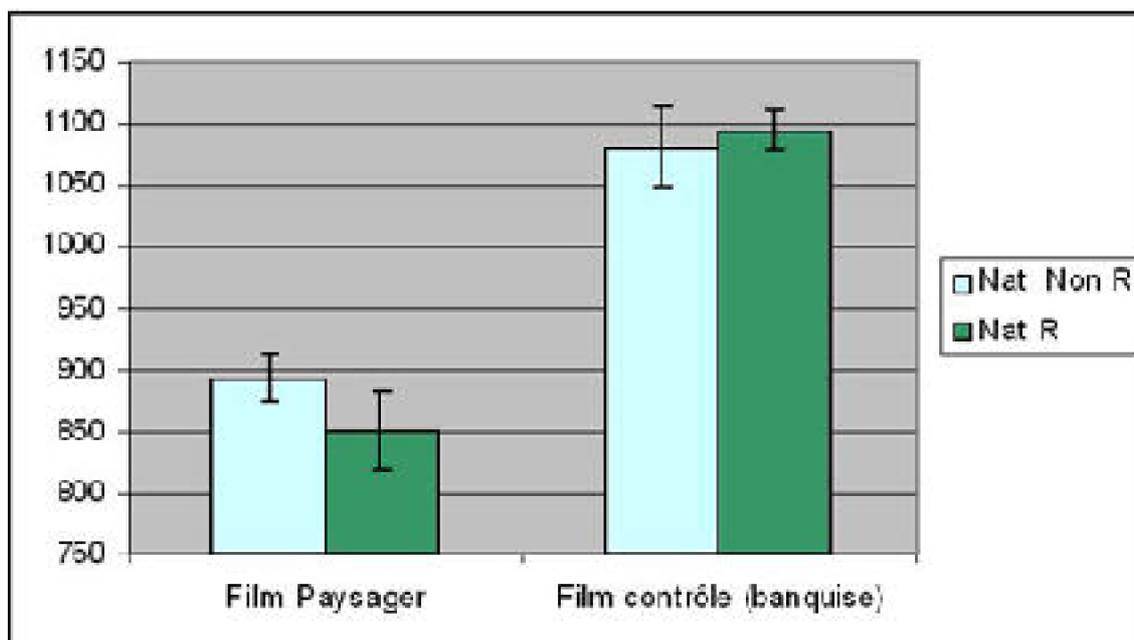


Figure 4: Latences observées en msec par catégorie d'items éléments naturels et par film

6.5.2.a.2. Analyses des taux de bonnes réponses

Le tableau 9 ci-dessous présente les taux de bonnes réponses recueillis pour chaque type d'items, par film présenté (passation au LSEE sur ordinateur portable).

Tableau 9 : Résultats seconde expérience de catégorisation : taux de bonnes réponses par catégories d'items et par film (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	Artefacts Non Reliés	Artefacts Reliés	Artefacts Relié Situation	Naturels Non Reliés	Naturels Reliés
Film Paysager	91,8% (1,6)	96% (1)	97,9% (0,2)	95,3% (1,3)	95,8% (0,8)
Film contrôle (banquise)	87,6% (2,3)	91,8% (1,6)	94,3% (0,5)	86,7% (2,1)	87,7% (3)

Concernant les artefacts, l'Anova révèle un effet principal significatif du type de Lien, $F_s(2,60) = 9.3$; $p = 0,0003$, et un effet principal du type de Film, $F_s(1,30) = 6.52$; $p = 0.016$, mais pas d'interaction 'Film'*'Lien' ($F < 1$). Les taux de bonnes réponses étaient plus faibles dans le groupe « Banquise » que dans le groupe « film paysager » (91.2% contre 95.2%) et globalement, les taux de bonnes réponses étaient significativement plus faibles pour les images non reliées que pour les autres images ($F_s(1,60) = 7.34$; $p = 0.076$ pour Non reliées/reliées au film et ($F_s(1,60) = 18.05$; $p < 0.001$ pour Non reliées/reliées à la situation).

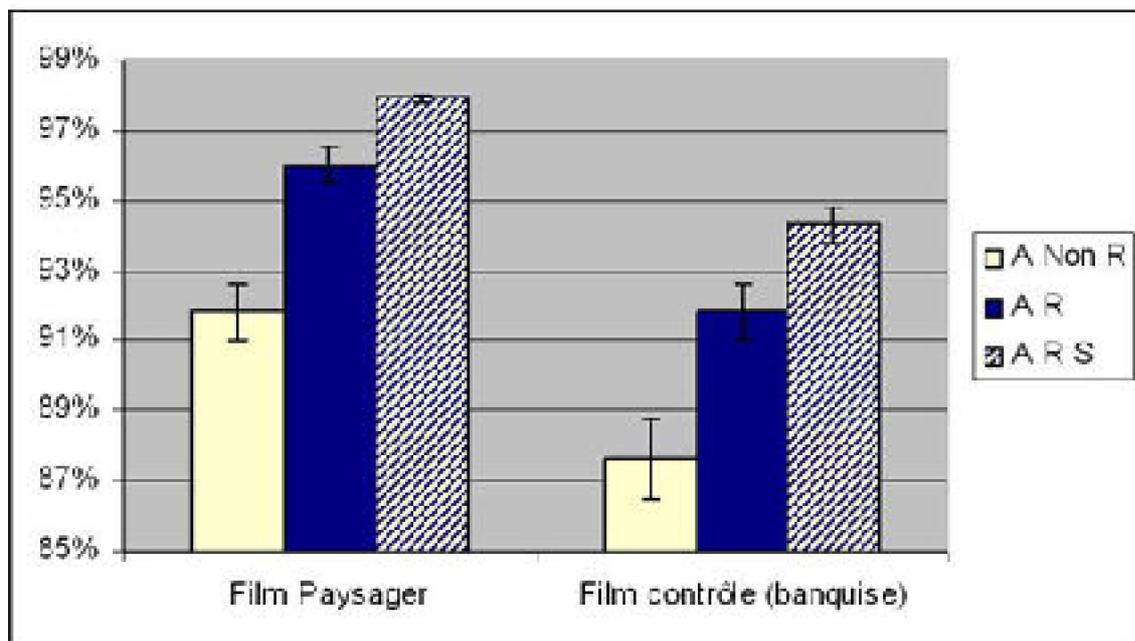


Figure 5 : Taux de bonnes réponses observées par catégorie d'artefacts et par film

6.5.2.b. Discussion

Les résultats permettent de valider partiellement nos hypothèses sur les effets de contexte. On observe un effet facilitateur sur les latences du contexte engendré par le film paysager mais aussi par la consigne « s'imaginer dans son salon » pour réaliser la tâche de catégorisation. En effet, le lien pouvant exister entre l'image cible et le film présenté ou entre l'image cible et la situation dans laquelle on demande au participant de s'imaginer améliore les temps de réponse et les taux de bonnes réponse à la tâche de catégorisation artefacts vs naturel.

Ainsi, nous avons décidé d'utiliser ce paradigme dans le protocole de notre expérience principale menée au LSEE par la suite. Il existe certes des différences de significativité concernant les artefacts selon que les analyses soient réalisées par item ou par sujet. Celles-ci sont dues à la faiblesse du nombre d'items (12 par condition), mais aussi probablement à la variabilité inter-item qui persiste, et ce malgré la suppression de certaines images dans le matériel expérimental. Mais ces pré-tests ont été considérés comme satisfaisants pour être ensuite utilisés pour le protocole de l'expérience principale.

Comme nous l'avons expliqué en fin du chapitre 5, certaines des hypothèses concernaient les processus attentionnels. Une tâche de détection de bip a donc été ajoutée à cette expérience, ainsi qu'un questionnaire visant à évaluer de façon explicite et déclarative, la perception de l'environnement par les sujets, ainsi que le sentiment de Présence ressenti et l'immersion éprouvée.

Chapitre 7 (Cadre expérimental) : Expérience Principale

L'expérience principale mise en place pour ce travail de doctorat consiste en une étude véritablement exploratoire : elle vise à permettre de définir les techniques, outils et méthodes d'investigation relatives aux environnements virtuels les plus adéquats pour répondre à la problématique de l'évaluation des impacts environnementaux des transports. De plus, ces techniques doivent pouvoir être utilisées au LSEE de l'INRETS, laboratoire visant à la mise en situation de riverain d'une infrastructure de transport, et permettre de prévoir les réactions possibles vis-à-vis de scènes qui n'existent pas dans la réalité (ou pas encore). Pour cela les réponses pouvant être observées dans la réalité vont être comparées à celles obtenues en laboratoire. En conséquence nous avons opté pour l'évaluation et la comparaison de l'efficacité, au niveau du sentiment de présence, de trois types de simulation. Ceci, à l'aide d'une part des méthodes traditionnelles d'évaluation de ce sentiment de présence (questionnaire), et d'autre part des mesures indirectes du sentiment de présence obtenues grâce aux effets de contexte et d'amorçage, observés dans la tâche de catégorisation pré-testée dans l'expérience précédente.

Tout d'abord pour le travail mené sur le terrain nous avons émis l'hypothèse suivante : si la classification d'images associées à un film projeté en arrière plan donne lieu à une meilleure exécution et de meilleures performance (temps de réponse plus rapides et meilleur taux de bonnes réponses) que pour des images non reliées au film, alors il est

possible d'observer les mêmes types de résultats dans la réalité avec des personnes vivant sur l'emplacement du site de tournage du même film. La différence de condition expérimentale ne porte plus sur le lien avec le film projeté en fond, mais sur la relation entre les images, le contexte environnant et le paysage réel que les sujets voient depuis leur habitation. Ainsi les performances à la tâche de classification en catégorie « artefact vs naturel » d'images associées au paysage et au contexte environnant seront meilleures que les performances pour catégoriser des images non reliées.

Ensuite, pour la partie expérimentale réalisée en laboratoire, nous avons supposé que le sentiment de Présence ressenti dans un environnement virtuel permet l'activation des connaissances et représentations relatives à l'environnement simulé. Subséquemment, comme nous voulions déterminer le type de simulation le plus adapté pour évaluer la perception des impacts environnementaux des transports en laboratoire, notre troisième hypothèse générale est qu'une des 3 séquences serait plus efficace que les autres pour permettre aux participants de se mettre en situation de riverain d'une infrastructure de transport. Il semblerait assez évident d'envisager que la séquence vidéo soit la plus efficace car la plus réaliste et donc la plus fidèle à la représentation de la réalité. Toutefois, un film vidéo reste une représentation en 2 dimensions, et est aussi plus associé à l'idée du cinéma qu'à celle de se projeter dans la scène comme le sont les environnements virtuels. De plus, l'un des intérêts des environnements virtuels est de pouvoir simuler des éléments n'existant pas encore dans la réalité. Nous avons donc fait l'hypothèse, que la réalité augmentée, mixte et compromis entre la vidéo et la séquence 3D (parfois perçue comme peu convaincante ou réaliste selon les populations testées), serait celle qui permettrait aux participants d'atteindre le plus facilement le sentiment de Présence dans la scène. Nous pensons de plus que c'est face à cette séquence que l'intensité de la Présence est la plus élevée, et que c'est ce type de film qui permet le mieux de reproduire les réponses comportementales observables dans la réalité.

Ainsi, concernant les paradigmes expérimentaux choisis pour définir des critères implicites d'évaluation de la Présence et donc de l'efficacité des simulations, la mise en place du protocole expérimental devait permettre de fournir des éléments de réponses aux deux hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : l'immersion et le sentiment d'être Présent dans une scène, même fictive, activent différentes représentations relatives à la situation représentée ou simulée. Ainsi, les performances à une tâche de catégorisation seront meilleures (latences plus courtes et taux de bonnes réponses plus élevés) pour des images ayant un lien avec la situation dans laquelle le sujet est exposé (la situation peut être réelle ou simulée par un film vidéo, une séquence de Réalité Augmentée ou de Réalité Virtuelle).

- Hypothèse 2 : plus le sentiment de Présence est difficile à atteindre, plus les capacités attentionnelles du sujet sont mobilisées sur le film et la situation, et moins il est aisé de réengager son attention sur un événement étranger à la situation. Aussi lors d'une tâche de détection de signal sonore, type « bip », nous faisons l'hypothèse que les performances seront proportionnelles à l'intensité du sentiment de Présence dans la scène. Plus le sentiment de Présence est intense, plus les performances à une autre tâche attentionnelle seront élevées.

Deux groupes de participants ont été constitués. Rappelons qu'il s'agit de comparer les réponses et comportement identifiables et mesurés dans la réalité à ceux observables dans un environnement simulé en laboratoire. Le premier groupe de participants se compose donc de sujets vivant sur le site choisi et recréé lors des simulations. L'intérêt est de permettre, spécifiquement sur ce groupe, de réaliser une comparaison domicile / laboratoire. Le deuxième groupe, dit groupe contrôle a été recruté d'une part pour permettre l'étude de la perception et des comportements de sujets moins susceptibles de chercher les différences ou les points communs précis avec leur environnement de vie réel, et donc moins conditionnés à se focaliser sur la qualité des simulations. D'autre part, l'intérêt d'ajouter un groupe contrôle est qu'il est habituellement rare de pouvoir expérimenter avec des participants vivant sur les sites simulés, cet échantillon est donc plus représentatif des groupes généralement testés.

Le groupe de riverains a été testé deux fois, une première fois à son domicile, et une seconde fois au Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement (LSEE).

Le groupe contrôle a été testé une seule fois au LSEE.

Pour chaque session de test (au domicile pour les riverains, comme au LSEE pour les deux groupes), les participants devaient réaliser deux types de tâches cognitives - une tâche de catégorisation et une tâche de détection de signaux sonores – puis répondre à un questionnaire d'auto-évaluation.

Chapitre 7 - Première partie : Expérience réalisée auprès du groupe de sujets résidant dans le village site de tournage, dit «groupe riverain»

Ce protocole expérimental a été réalisé en deux temps : une enquête et des tests à domicile, puis des expériences réalisées au Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement. Cette façon de procéder en deux temps auprès du même groupe de sujets est un moyen de valider notre méthode ainsi que de confirmer la possibilité de créer une mise en situation de riverains recevable dans le laboratoire de simulation.

7.1. PHASE 1 : Tests in situ – au domicile des riverains

Cette phase avait plusieurs objectifs : tout d'abord vérifier nos hypothèses concernant les paradigmes expérimentaux mis en œuvre pour obtenir des critères implicites et objectifs de l'évaluation de l'environnement ; ensuite, obtenir des références concernant les performances du groupe lorsqu'il est testé à domicile pour les comparer par la suite aux données qui seraient recueillies en laboratoire ; enfin, évaluer la perception que cette population a de son environnement de vie, d'un point de vue visuel, c'est-à-dire paysager, et d'un point de vue sonore, par des critères explicites.

À la différence des expériences précédentes, aucun film n'a été projeté en arrière plan, les sujets étant ici soumis à l'environnement réel de leur domicile, lequel apparaîtra ensuite dans les différentes versions des films utilisés en laboratoire. Notre objectif principal reste la mise en évidence de critères objectifs d'évaluation du sentiment de Présence et d'effet du contexte représenté par la simulation (ou l'environnement extérieur dans le cas de la session à domicile). Dans cette optique, nous avons utilisé les deux tâches mises au point et présentées précédemment. La première des tâches est la tâche de catégorisation, qui a précédemment démontré permettre l'évaluation de la nature des représentations activées par le contexte dans lequel les sujets était placés. La seconde tâche d'évaluation implicite utilisée, est plus en lien avec les mécanismes attentionnels : il s'agit de la tâche de détection d'un signal sonore. Comme expliqué plus avant, on peut supposer que s'imaginer être réellement présent dans un environnement virtuel implique certainement la mobilisation de ressources attentionnelles. Ainsi plus l'environnement virtuel est efficace moins il est nécessaire de mobiliser de ressources attentionnelles. Il serait par conséquent possible d'évaluer l'efficacité des contextes virtuels à travers la mesure de la quantité de ressources utilisées pour l'immersion.

Notre hypothèse était que plus les sujets consacrent d'attention à l'activité d'immersion, plus ils doivent mettre de temps pour réagir aux bips sonores. L'intérêt était ici uniquement de comparer les performances à domicile à celles des mêmes sujets en laboratoire soumis à différents contextes supposés simuler la situation réelle. Les résultats à domicile ne seront donc pas présentés dans cette partie, mais serviront de point de référence dans l'analyse des résultats au laboratoire.

7.1.1. Méthode

7.1.1.a. Participants

Vingt-deux personnes résidant dans le village de Druillat, âgées de 33 à 73 ans, ont participé à l'expérience. Toutes ont depuis leur domicile une vue sur l'infrastructure filmée l'année précédente pour la construction des séquences expérimentales. Onze femmes et onze hommes constituaient ce groupe dit «groupe riverains». Ces sujets ont tout d'abord été contactés avec l'assistance du maire du village que nous avons rencontré afin de lui expliquer notre projet quelques mois auparavant. Tous les participants ayant répondu positivement à notre courrier, ont ensuite été contactés par téléphone pour répondre à leurs questions éventuelles, et proposer un rendez-vous individuel afin de réaliser les tests. Tous étaient volontaires et ont été rémunérés.

7.1.1. b. Matériel

Pour le test de catégorisation, le matériel utilisé était le même que pour l'expérience 3 de catégorisation d'images présentée au chapitre précédent. Nous retrouvons donc les 5 classes d'images définies auparavant :

Classe 1 : artefact non relié au contexte environnemental et paysager (ex : trottinette)

Classe 2 : artefact relié au contexte environnemental et paysager (ex : voiture)

Classe 3 : artefact relié à la situation « être chez soi, dans le salon » (ex : téléviseur)

Classe 4 : naturel non relié au contexte environnemental et paysager (ex : palmier)

Classe 5 : naturel relié au contexte environnemental et paysager (ex : moineau)

Comme pour les pré-tests, le même nombre d'items (36) a été incluse dans chacune des 2 catégories (artefact/naturel) avec 12 images par classe d'artefacts, et 18 images par classe d'éléments naturels. Deux ordres de présentation aléatoires des images ont été proposés à deux sous-groupes de sujets. De plus, nous avons veillé à ce que la même condition artefact/naturel ou relié/non relié ne se répète pas plus de 3 fois de suite.

Pour la tâche attentionnelle, (détection de signaux sonore) un "bip" a été choisi parmi la bibliothèque de sons du logiciel Psyscope sur Mac OsX.

7.1.1. c. Procédure expérimentale

L'expérience a été réalisée sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993). L'écran, d'une taille de 15 pouces, était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement, le sujet était invité à s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur, dans une pièce dont au moins une fenêtre donnait sur l'infrastructure filmée pour les séquences de simulation.

Avant de démarrer le test, il était demandé au sujet de se concentrer sur le point de vue principal que l'on pouvait avoir depuis sa maison et sur les activités habituelles qu'il pouvait avoir dans la pièce dans laquelle il était installé. Ensuite, le riverain était informé du déroulement de l'expérience qui était composée de deux tests distincts et d'un questionnaire.

En ce qui concerne le premier test, la tâche à accomplir était de déterminer le plus rapidement et le plus précisément possible si les images qui allaient apparaître à l'écran représentaient des objets (ou artefacts) ou des éléments naturels. Pour cela, il devait répondre avec ses index sur les touches libellées 'Ob' pour objet (touche 'D' sur le clavier) et 'Nat' pour élément naturel (touche 'K' sur le clavier). La passation durait environ 6 à 7 minutes.

Le deuxième test consistait en une tâche de détection de bip. Pour cela le participant devait appuyer sur la barre espace du clavier dès qu'il entendrait un « bip » émis par l'ordinateur. Ce second test durait environ 4 minutes.

Enfin, à la suite de ces tests de performances cognitives, nous amenions le participant à répondre à un questionnaire. Cette activité durait environ 10 minutes.

Lorsque le participant se sentait prêt, il lançait lui-même le script de l'expérience. Une consigne apparaissait alors au centre de l'écran et présentait, à nouveau, par écrit cette fois, le déroulement de l'expérience ainsi que la tâche du premier test (la consigne relative au second test étant présentée à l'issue du premier test).

Déroulement d'un essai du premier test : tâche de catégorisation

Pour chaque essai, un point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 500 msec puis une image représentant un objet ou un élément naturel s'affichait jusqu'à la réponse du sujet ou au plus 2000 msec (temps de présentation maximum). L'essai suivant débutait 1000 msec après la fin de l'essai.

12 images différentes des 72 images tests ont été utilisées, afin de constituer une phase d'entraînement.

Déroulement de la passation du deuxième test : tâche de détection de bip

Aucune image n'était présentée. Il était même précisé au participant qu'il devait plutôt regarder la vue depuis sa fenêtre et se concentrer sur l'environnement extérieur. 13 bips étaient émis à intervalles irréguliers durant les 4 minutes du test (par exemple après 1 seconde, 4 secondes, 15 secondes ou 40 secondes).

Le déroulement de la passation du questionnaire est précisé dans la partie « évaluation qualitative » section 7.1.3.

7.1.1.d. Plan expérimental

Pour le premier test, nous avons contrôlé l'effet d'ordre des items, ce qui a nécessité 2 groupes de participants : en effet nous avons constitué 2 listes d'ordre de présentation des items. Nous avons veillé à ce qu'il y ait autant de personnes qui voient les items selon l'ordre de présentation 1 et 2, mais aussi à ce qu'il y ait autant de femmes que d'hommes dans chacun de ces 2 groupes.

Toujours concernant ce premier test de catégorisation, nos variables dépendantes (VD) sont :

- Les latences exprimées en millisecondes (msec) et
- Les taux de bonnes réponses exprimés en pourcentage (%).

Les variables indépendantes sont :

- Le type d'image (I2): Objet ou Élément naturel (variable intra-sujet)
- Le lien entre l'image et l'environnement (L3) : Relié au paysage, Relié à la situation « être chez soi » et Non Relié (variable intra-sujet)

Le plan expérimental est le suivant : S22* I2* L3

En ce qui concerne le second test notre variable dépendante est le temps de réaction pour détecter les bips.

7.1.2. Résultats et discussion des tests cognitifs

De même que pour toutes les expériences présentées dans cette thèse, les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel SuperAnova. Des analyses de la variance des latences moyennes et du taux de bonnes réponses ont été effectuées avec les facteurs items (notés Fi) et sujets (notés Fs) comme facteurs aléatoires. De plus des analyses séparées ont été réalisées sur les artéfacts et sur les

éléments naturels. Les analyses par sujets comportaient le facteur inter-sujets type de film et le facteur intra-sujets type d'item. Les analyses par items comportaient le facteur inter-items type d'items et le facteur intra-items type de film.

Les mêmes procédures de tri que dans les expériences précédentes ont été utilisées ; les latences ont été sélectionnées selon trois critères appliqués successivement : tout d'abord, seules les latences des bonnes réponses sont conservées ; ensuite, les latences inférieures à 150 msec et supérieures à 2500 msec sont écartées ; et enfin les latences s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne sont éliminées. Les sujets pour lesquels plus de 10% des données sont supprimées n'ont pu être pris en compte.

7.1.2.a. Résultats test 1 : tâche de catégorisation

7.1.2.a.1. Analyse des données concernant les images représentant des artefacts

Analyse des latences

Le tableau suivant présente les temps de réponses moyens nécessaires pour catégoriser les images dans le test 1.

Tableau 10 : Résultats de l'expérience de catégorisation à domicile : temps de réponse en msec (erreurs standards indiquées entre parenthèses)

	Artefacts Non Reliés	Artefacts Reliés	Artefacts Relié Situation
TR in Situ	1015 (52,5)	952 (44)	969 (48,5)

L'analyse montre un effet principal du facteur 'Lien' des items avec le contexte dans l'analyse par sujet, avec $F_s(2,40) = 3.55$; $p = 0.038$; mais pas dans l'analyse par item, $F_i(2,32) = 1.951$; $p = 0.159$

Les résidants étaient plus rapides pour catégoriser les images reliées à leur environnement et à la vue depuis leur fenêtre, que pour catégoriser les images n'ayant aucun lien (952 msec contre 1015 msec, $F_s(1, 40) = 6,7$ et $p = 0.01$). De la même manière, les résidants semblaient plus rapides pour catégoriser les images reliées à la situation (être chez soi dans son salon), que pour catégoriser les images n'ayant aucun lien, bien que le seuil de significativité de 0,05 ne soit pas atteint ici (969 msec contre 1015 msec, $F_s(2, 40) = 3.4$; $p = 0.07$).

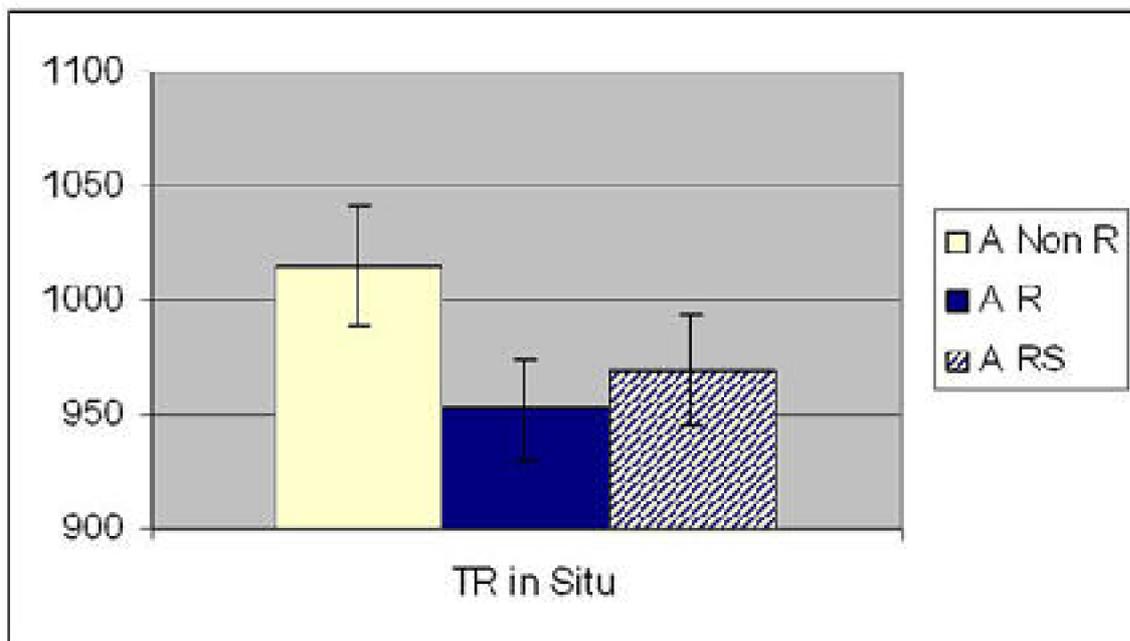


Figure 6 : Représentation graphique des temps de réponses en msec par catégorie

Analyses des pourcentages de bonnes réponses

Concernant les taux de bonnes réponses, les résultats sont plus difficilement interprétables.

Les résultats observés sur les stimuli représentant des artefacts permettent de conclure à un effet du facteur 'Lien' entre l'image et le contexte dans l'analyse par sujet, $F_s(1,20) = 3.549$ et $p = 0.038$, mais pas dans l'analyse par item avec $F_i(1,33) = 1.951$ et $p = 0.15$ (ceci même si les taux observés semblent en faveur de nos hypothèses).

Tableau 11 : Résultats de l'expérience de catégorisation à domicile : Taux de bonnes réponses observés pour les images artefacts en % (erreurs standards indiquées entre parenthèses)

	A non R	A R	A RS
Taux Bonnes Réponses	91,8% (1,8)	89,7% (1,5)	95,7% (1,7)

Toutefois, le résultat étonnant ici est le fait que le taux de bonnes réponses soit plus élevé pour les éléments non reliés que pour les éléments reliés à l'environnement, $F_s(2, 40) = 3.972$ et $p = 0.0267$.

7.1.2.a.2. Analyse des données concernant les images représentant des éléments naturels

Analyse des latences

Tableau 12 : Résultats de l'expérience de catégorisation à domicile : temps de réponses concernant les éléments naturels en msec (erreurs standards indiquées entre parenthèses)

	Naturels Non Reliés	Naturels Reliés
TR in Situ	968 (42,4)	923 (43,5)

Les résultats relevés sur les images représentant des éléments naturels montrent un effet significatif du facteur 'Lien' : $F_s(1, 20) = 5.469$; $p = 0.0299$, et $F_i(1, 20) = 5.6559$;

$p = 0.023$. Les éléments reliés au contexte sont bien catégorisés plus rapidement que les éléments non reliés, ce qui est en faveur de notre hypothèse selon laquelle la relation entre les images et le contexte environnant, tel que le paysage réel vu depuis la fenêtre d'une pièce a un effet facilitateur sur une tâche de catégorisation.

Analyses des pourcentages de bonnes réponses

Concernant les taux de bonnes réponses (voir tableau 13), les analyses n'ont pas révélé d'effet significatif du facteur 'Lien', malgré des tendances qui semblent confirmer nos hypothèses à savoir des taux de bonnes réponses plus élevés pour les éléments reliés à l'environnement, au contexte, au alentours du domicile des sujets.

Tableau 13 : Résultats de l'expérience de catégorisation à domicile : taux de bonnes réponses concernant les éléments naturels en pourcentage (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	Nat non R	Nat R
Taux Bonnes Réponses	93,7% (1,4)	96,2% (1)

Toutefois, les résultats obtenus sur les temps de réponses sont en faveur de la confirmation de notre hypothèse selon laquelle, un lien entre le contexte de l'expérience et la cible facilite la réalisation d'une tâche de catégorisation et améliore les performances.

Notre intention principale était la mise en évidence de critères objectifs d'évaluation du sentiment de Présence et d'effet du contexte représenté par la simulation (ou l'environnement extérieur dans le cas de la session à domicile). Dans cette optique, nous avons choisi d'utiliser un deuxième critère d'évaluation implicite, et mis en place une tâche portant sur les mécanismes attentionnels : la détection d'un signal sonore. Notre argument est que l'effort d'immersion, ou pour s'imaginer présent dans un environnement virtuel implique la mobilisation de ressources cognitives.

7.1.2.b. Résultats test 2 : tâche de détection de bip

L'objectif de ce test à domicile était de nous permettre de comparer les performances des sujets avec celles qu'ils auraient ensuite au laboratoire en fonction des différents contextes créés par les simulations. Les résultats ne nous intéressaient que comme point de références.

Ils ne seront donc pas présentés ici.

7.1.3. Evaluation qualitative

L'une des originalités de ce travail consistait non seulement à tenter de comparer milieu réel et laboratoire, mais aussi à croiser des données objectives et implicites à des données qualitatives explicites. Le choix méthodologique d'une enquête par questionnaire s'impose dès lors qu'il s'agit de recueillir des données qualitatives pour un échantillon d'individus qui peut s'avérer important et très varié ou hétérogène. Cette méthode nécessite de définir rigoureusement les éléments qui garantiront la pertinence et la fiabilité du recueil des données, afin de permettre la réalisation d'analyses statistiques. C'est pourquoi les questionnaires utilisés pour ce travail de thèse ont été construits à partir de questionnaires ayant déjà été éprouvés lors de précédentes enquêtes, puis testés plusieurs fois.

7.1.3.a. Le Questionnaire :

Les différents questionnaires qui ont été élaborés tout au long de ce travail de doctorat, l'ont été en s'appuyant sur ceux déjà utilisés pour des enquêtes de grandes envergures mises en place par l'INRETS (Lambert, J., Champelovier, P., Vernet, I., Annequin, C. & Baez, D., 1995 ; Champelovier, P., Cremzi-Charlet, C. & Lambert, J., 2003 ; Champelovier, P., Hugot, M., Lambert, J., Lombardo, J.C., Maillard, J. & Martin, J., 2005). Les différentes parties des questionnaires ont de plus été construites afin de permettre des comparaisons en fonction des lieux de recueil des données (domicile et laboratoire) et des groupes (riverains et non riverains). En effet nous souhaitons pouvoir comparer la perception d'un même environnement par les personnes qui vivent dans celui-ci, en milieu réel puis en laboratoire. Parallèlement, pour ce qui concerne la partie réalisée au laboratoire, nous voulions vérifier quelles différences il pouvait exister entre les réponses des personnes vivant réellement sur le site simulé, et celles vivant dans des lieux autres.

La plupart des questions qualitatives sont basées sur la méthode des différentiateurs sémantiques, adaptée dans le procédé d'Osgood. Afin d'aider les personnes interrogées à caractériser la perception de leur environnement, ces questions sont constituées de séries de paires d'adjectifs de sens opposé (antonymes) placées de part et d'autre d'une échelle en 7 points. Le sujet doit alors formuler son opinion en choisissant une des cases qui séparent les deux adjectifs antonymes. La proximité de la case cochée dans l'échelle avec l'un des deux adjectifs signifie que c'est ce dernier qui caractérise le mieux l'opinion de la personne, et en précise l'intensité.

Les autres questions fermées portant sur l'évaluation de l'environnement sont des questions à choix multiples.

La technique du questionnaire fermé ne permet pas au participant de s'exprimer spontanément dans ses propres termes. Ainsi quelques questions ouvertes ont donc été utilisées, mais leur nombre a été restreint (une ou deux par questionnaire), car elles présentent le désavantage de moins bien se prêter aux analyses statistiques. Toutefois elles sont souvent utiles pour mieux comprendre et évaluer l'opinion des participants. Les questions ouvertes utilisées ici avaient donc pour objectifs de permettre des descriptions précises, et d'étayer les réponses des participants.

Le questionnaire à domicile :

Le questionnaire, dispensé au domicile des riverains, devait nous permettre d'évaluer

en vertu de la loi du droit d'auteur.

la perception que les personnes interrogées avaient de leur environnement de vie d'un point de vue à la fois sonore et visuel.

Le formulaire élaboré pour l'enquête à domicile se compose de 8 questions : 2 questions ouvertes et 6 questions fermées à choix multiples ou proposant des échelles qualitatives ou quantitatives (évaluation d'intensité). Voir l'exemple d'échelle ci-dessous:

Que pensez-vous du paysage, c'est-à-dire de la vue que vous avez depuis cette pièce ? Vous diriez qu'il est plutôt ?

Une seule réponse par ligne

Plaisant	3	2	1	0	1	2	3	Déplaisant
Sombre	3	2	1	0	1	2	3	Lumineux
Beau	3	2	1	0	1	2	3	Laid

Un exemplaire du questionnaire administré à domicile est présenté en annexe D.

Les questions ont été conçues selon 4 thèmes :

- La description libre du logement et des habitudes : cette partie est composée de deux questions ouvertes visant à la description détaillée des activités habituelles des habitants dans la ou les pièces donnant sur la voie autoroutière, ainsi que du paysage et de la vue considérés par les occupants depuis leur logement.

- L'évaluation du paysage : constitué de trois questions, cette évaluation porte sur la perception du paysage, l'opinion sur l'intrusion visuelle de la route et de ses aménagements et l'appréciation de la gêne paysagère due à la présence de l'infrastructure de transport.

- L'évaluation du bruit : deux questions permettent de décrire le bruit perçu et la gêne ressentie.

- L'appréciation globale de l'environnement de vie : cette partie est basée sur une question d'évaluation globale de l'environnement en quatre différentiateurs, considérant à la fois les modalités sonores (bruit) et visuelles (paysage) de l'environnement.

De plus, nous avons conçu une partie description de la personne interrogée : il s'agit d'une fiche signalétique complète renseignant sur le sexe, l'âge, la catégorie socioprofessionnelle, et l'histoire résidentielle du sujet constitue cette dernière partie.

7.1.3.b. Résultats du questionnaire administré à domicile

Lorsque cela était possible, des analyses statistiques ont été réalisées. Nous avons tout d'abord vérifié si les données répondaient ou non à la loi Normale afin de choisir les tests qui pourraient être effectués. Ensuite, en fonction des résultats, différents types de tests ont été utilisés : analyse de la variance, ANOVA et MANOVA, test de Chi2 lorsque cela était possible et/ou test de l'étendue studentisée de Tukey, et enfin le test de Kruskal-Wallis et le calcul du coefficient Alpha de Cronbach pour les tests non paramétriques. Le plus souvent, ces différentes analyses ne se sont pas révélées significatives. Toutefois les résultats de ce questionnaire nous permettent de réaliser une

analyse descriptive et apportent des données qualitatives complémentaires aux données issues des tâches cognitives utilisées dans le protocole expérimental.

7.1.3.b.1 Réponses recueillies pour les questions ouvertes sur la description du logement et de la vue

Ce qui a pu être remarqué lors de cette enquête, et confirmé par les réponses à la première question du formulaire portant sur la description du logement, est que les pièces donnant sur la vue choisie pour notre étude sont très majoritairement des pièces de jour : salon, salle à manger, véranda ou jardin d'hiver aménagé avec de grandes tables pour les repas ou des activités ludiques (par exemple peinture, jeu de société, lecture, etc...). C'est uniquement dans une seule maison que les chambres donnaient de ce côté de la vallée.

Pour ce qui est de la description du paysage concerné par l'enquête, les riverains citent l'infrastructure mais rapidement. Ils décrivent surtout des éléments très verts et naturels, précisent le type de végétation, la présence ou l'absence de troupeaux d'animaux, les montagnes en fond d'arrière plan et leur état d'enneigement. Ils mentionnent même les éléments qui ne sont pas forcément visible en été car caché par la végétation, mais positifs, comme une petite rivière en contre-bas ou une chapelle en tout arrière plan, à la bordure d'un massif d'arbres. Le massif étant de plus en plus proéminent avec les années, la chapelle est invisible pour celui qui n'a pas auparavant connaissance de son existence.

7.1.3.b.2 Opinion des participants concernant le paysage et la vue depuis leur domicile :

Les résultats du questionnaire montrent que les habitants interrogés ont une perception de leur environnement visuel plutôt positive.

Tableau 14 : Répartition des réponses concernant l'évaluation de paysage par les riverains à leur domicile

	3	2	1	0	1	2	3	
Plaisant	59,09%	40,91%						Déplaisant
Perturbant		9,09%		4,55%	4,55%	36,33%	45,55%	Paisible
Lumineux		72,73%	18,18%	4,55%	4,55%			Sombre
Dégagé	68,18%	31,82%						Etroit
Apaisant	63,64%	31,82%		4,55%				Oppressant
Terne		4,55%				45,45%	50%	Coloré
Beau	81,82%	18,18%						Laid

On constate que ces riverains décrivent un paysage plaisant à près de 60%, mais aussi paisible à 45.55%, lumineux à 72.7%, dégagé et apaisant à 68.2 et 63.6%, globalement coloré, mais surtout beau à 81.8%.

La présence visuelle de l'autoroute, son intrusion dans le paysage, est considérée comme plutôt faible. A la question « quel niveau d'intrusion visuelle attribuez-vous à la

route ? », 45.45% des personnes répondent « faible », 23% « moyenne » et 25% « forte ». Aucun des sujet interrogé n'a émis d'opinion extrême (aucun sujet ne considère le niveau d'intrusion visuelle comme « nul » ou « très fort »).

Parallèlement, la gêne visuelle due à l'infrastructure de transport est perçue comme « pas du tout » gênante par 45.5% des personnes interrogées, « légèrement » gênante par 22.75%, et « moyennement » gênante par 27.25% des sujets.

7.1.3.b.3 Opinion des participants concernant le bruit perçu à leur domicile

Tableau 15 : Répartition des réponses concernant l'évaluation du bruit perçu par les riverains à leur domicile

	3	2	1	0	1	2	3	
Fort		22,75%	13,65%		9%	36,35%	18,15%	Faible
Acceptable	36,35%	45,45%	18,15%					Inacceptable
Perturbant		18,15%	18,15%	13,65%	31,80%	18,20%		Paisible
Diffus	18,15%	41%	4,55%	9,10%		18,15%	9,10%	Localisé

Les réponses obtenues à la question de l'évaluation du bruit perçu montrent qu'il est globalement qualifié d'une façon plutôt positive.

7.1.3.b.4 Opinion des sujets concernant la gêne due au bruit perçu à leur domicile

Les réponses relevées font apparaître que les riverains du village de Druillat sont peu gênés par le bruit de trafic perçu à leur domicile. A la question « comment considérez-vous le bruit dû à l'infrastructure que vous entendez de chez vous ? », 40.91% ont répondu « pas du tout gênant », 27.27% « légèrement gênant », de même que 27.27% trouvent le bruit moyennement gênant, et tandis que 4.55% ont qualifié le bruit comme « beaucoup gênant ».

7.1.3.b.5 L'appréciation globale de l'environnement

Tableau 16 : Répartition des réponses concernant l'évaluation globale de l'environnement par les riverains à leur domicile

	3	2	1	0	1	2	3	
Agréable	50%	40,90%			4,55%	4,55%		Désagréable
Bruyant	4,55%	22,73%	13,64%	9,10%		18,18%	31,82%	Calme
Insatisfaisant		4,55%		9,10%	4,55%	54,55%	27,27%	Satisfaisant
Paisible	40,91%	36,36%	4,55%	4,55%	4,55%	9,10%		Stressant

Les personnes résidentes du village de Druillat et ayant participé à cette étude, ont une opinion globalement très positive de leur environnement, modalités sonore et visuelle confondues. On constate en effet que 90% d'entre eux considèrent leur environnement

comme agréable (40.9%) ou même très agréable (50%), mais aussi satisfaisant à plus de 86% (très satisfaisant 27.27%, satisfaisant 54.55% et un peu satisfaisant 4.55%), paisible à près de 82% (très paisible 40.9%, paisible 36.36% et un peu paisible 4.55%). Seuls les résultats concernant l'aspect « bruyant » de cet environnement peuvent être considérés comme mitigés, probablement compte tenu de l'aspect uni modale de cet adjectif (plutôt relatif à la modalité sonore qu'à un aspect global).

7.1.4. Discussion

Pour conclure à l'issue de cette enquête il semble que les participants aient une opinion très positive de leur environnement de vie.

Lors de nos prises de contact avec la mairie puis avec la population concernée, de même qu'au moment où nous étions accueillies par les sujets ou encore lors des débriefings, l'infrastructure autoroutière étaient citée comme un problème. Cependant au moment de remplir le questionnaire et de répondre aux questions complémentaires, les habitants du village se sont montrés très satisfaits de leur environnements de vie. Ils évoquent la gêne due au bruit de l'infrastructure plus particulièrement les jours de vents, ou de grande circulation pour les départs ou retours de vacances. Les personnes habitants le village depuis plusieurs années et même avant l'implantation de l'infrastructure précisent que c'était "mieux avant", plus beau visuellement et bien plus calme du point de vue sonore; et ceux ayant emménagé plus récemment précisent que ce serait probablement mieux sans l'autoroute. Mais globalement ils se focalisent sur les aspects positifs de leur environnement, et disent apprécier leur cadre de vie. Ainsi 90% des personnes interrogées trouvent leur lieu de résidence agréable : en effet si l'on observe les réponses par thématique, le paysage est décrit comme beau, paisible, dégagé, coloré, lumineux et plaisant, et le bruit dû à l'autoroute est considéré comme acceptable, pas du tout ou légèrement gênant, plutôt faible et peu perturbant. Enfin, dans sa globalité, l'environnement est bien décrit comme agréable, satisfaisant et paisible.

7.2. PHASE 2 : Tests cognitifs au LSEE

L'objectif de cette expérience était de tester et de comparer l'effet des différents types de simulation sur les performances aux deux tests cognitifs, mais aussi sur les réponses données au questionnaire proposé. La première intention est de fournir des éléments permettant de déterminer laquelle de ces simulations engendre chez ce groupe de riverains des performances les plus superposables à celles observées in situ. Cela nous donnera ensuite des arguments pour définir les apports et les limites de l'utilisation des environnements virtuels pour les études des impacts environnementaux des transports.

7.2.1. Méthode

7.2.1.a. Participants.

Vingt-et-une personnes, sur les vingt-deux du village de Druillat interrogées en phase 1,

sont venues au LSEE de l'INRETS de Bron pour la passation de la phase 2.

7.2.1.b. Equipement et matériel

7.2.1.b.1. Le Laboratoire

Cette expérience a été menée au Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'Environnement (LSEE). Le laboratoire comprend une salle d'expérimentation, une régie, une chambre assourdie et deux salles destinées à l'accueil et à la préparation des participants, ainsi qu'un module extérieur de simulation sonore et visuelle.



Image 1 : vue du LSEE

La salle d'expérimentation dans laquelle le ou les participants sont placé(s) permet de recréer une pièce donnant sur un environnement extérieur, par l'intermédiaire de sa fenêtre principale dans laquelle est placé un module de simulation bimodale (sur le côté, une seconde fenêtre dont la vitre est en verre dépoli, permet d'apporter un éclairage plus réaliste à la pièce).

Cette pièce est meublée de telle façon qu'elle soit assimilée à un salon : on y trouve une table basse, une commode, trois fauteuils, deux lampes, deux étagères, une table demi-lune, une télévision, un miroir et trois tableaux de style naïf suspendus au mur. Cette pièce est isolée de tout bruit extérieur. Elle comprend une fenêtre, dans laquelle est placé un écran géant flexible, inséré dans un caisson insonorisé contenant un rétroprojecteur à forte luminosité Barco (Graphics/Réality200L/300/400) et le système de restitution sonore. Les dimensions de l'écran (210 cm de large et 157 cm de haut), placé entre la salle expérimentale et le caisson sont donc imposées par celles de la fenêtre. La restitution de

l'ambiance sonore extérieure est réalisée grâce à un système holophonique à 16 haut-parleurs.

Les films, ont été diffusés depuis la régie par l'intermédiaire d'un ordinateur Dell Précision 650, relié à un écran de contrôle (en régie), et au rétroprojecteur Barco placé dans le caisson grâce à un système de câbles internes.

7.2.1.b.2. Les Séquences

Les séquences, ou films, utilisés pour simuler le contexte du village de Druillat au LSEE ont nécessité une réalisation minutieuse. Il était tout d'abord nécessaire de se prémunir de toute imperfection due au tournage des séquences, de maîtriser totalement leur montage et la rediffusion (du point de vue du son comme de l'image – bruit de fond, netteté, enregistrement adapté au mode de restitution, etc...). Une première phase de test vidéo a donc été menée durant les mois de mars et d'avril 2005. Les travaux réalisés les années précédentes (Guérin-Presselin, 2003 et 2004) sur la perception des impacts environnementaux des transports, ainsi que sur le sentiment de Présence et d'immersion au laboratoire de simulation du LTE, nous ont permis de constater que d'un point de vue paysager, la présence d'une autoroute pouvait constituer un biais de « négativité ». En effet, la présence d'une infrastructure de transport dans le paysage à évaluer, où dans lequel les participants à nos test devaient parfois s'imaginer vivre engendre une appréciation négative et constitue le plus souvent un frein à l'émergence du sentiment de Présence.

Les personnes n'ayant jamais vécu dans ce type d'environnement ont une forte tendance à répondre qu'elles vivraient difficilement près d'une infrastructure de transport, ou dans tous les cas, dans une zone où l'on verrait ou entendrait l'infrastructure. Si de plus, le paysage présenté est considéré comme négatif, laid ou désagréable (par exemple dans le cas de vue très bétonnée, lorsque la vue représente un paysage d'hiver gris avec des arbres sans feuilles, de la brume, de la pluie, etc...), de nombreux participants refusaient la tâche, prétextant qu'il «était impossible pour eux de s'imaginer vivre dans un tel endroit ». Il nous fallait donc un site plutôt rural, pouvant être évalué comme positif et agréable du point de vue du paysage. De plus il était nécessaire que les films soient réalisés à une période où la végétation est assez verte et bien fournie. Enfin, la vue depuis les habitations devait être la plus homogène possible : les habitants du site devaient avoir le même type de vue et être exposés de la même façon au bruit dû à l'infrastructure.

Le site choisi devait donc se trouver à proximité d'une infrastructure autoroutière, rendant possible la vue sur l'infrastructure depuis les fenêtres des habitations riveraines, et être de complexité paysagère moyenne. Il devait de plus être habité par suffisamment de riverains pour permettre ensuite les enquêtes et tests, sur place, puis au LSEE. Un village constitué de maisons individuelles était donc plus adapté : des immeubles ne pouvaient convenir car selon l'étage de résidence, le point de vue sur le paysage et l'exposition au bruit est différente.

Ces contraintes, combinées aux réflexions issues de nos travaux de maîtrise et de DEA (2003 et 2004), ont permis d'établir un cahier des charges pour la sélection du site et

la réalisation des films, voir Annexe D.

Parallèlement aux recherches de paradigmes expérimentaux (chapitre 6), nous avons donc procédé au repérage du site de tournage et d'enquête.

Selon le protocole imaginé pour l'expérience principale, le film vidéo était d'une importance cruciale. En effet, il devait être utilisé au laboratoire en tant que tel, mais devait aussi servir de base à la réalisation des deux autres films : un premier film en Réalité Augmentée, c'est-à-dire avec incrustation de certains éléments ou objets de synthèses, et un second film recréé en Réalité Virtuelle. Le film devait donc impérativement être tourné durant l'été précédent la passation effective de l'expérience, prévue entre le printemps et l'été 2006.

Tout un travail de repérage, puis de tournage, de test des films, et enfin de réalisation et de montage, a dû être effectué durant les 2 premières années du doctorat en parallèle de la recherche des paradigmes expérimentaux adaptés pour démontrer le bien fondé de nos hypothèses.

19 sites répondant à ces critères ont ainsi été présélectionnés. Pour chacun de ces sites, des photographies de la vue et des habitations ont été prises, et des fiches descriptives ont été réalisées. Les 4 sites répondant le mieux au cahier des charges ont alors été retenus :

Le site de Belmont le long de l'autoroute de Chambéry, le site de La Ricamarie aux alentours de Saint Etienne, le site du village de Druillat proche de Pont D'Ain, et le site des Nugets au nord de Villefranche sur Saône.

Pour ces 4 emplacements, des films paysagers et une prise de son stéréophonique ont été réalisés, afin de les visionner au LSEE. Une sélection a ensuite été effectuée, en collaboration avec l'équipe Evaluation Environnementale et l'infographiste recruté pour la réalisation des séquences de Réalité Augmentée et de Réalité Virtuelle, pour enfin retenir un dernier site.

Le site choisi est celui du village de Druillat. Ce village est situé à flanc d'une petite colline. Tous les pavillons de la partie Sud du village (une quinzaine) ainsi que la salle des fêtes et le presbytère offrent une vue panoramique sur l'autoroute A41. La portion de l'autoroute se trouve légèrement en contre-bas du village mais sur-élevée par rapport au niveau du sol. En effet elle a été construite le long du flanc d'une autre montagne. Le premier plan est verdoyant comportant des zones arborées. Le plan intermédiaire est composée de zones vallonnées, recouvertes d'arbres d'espèces différentes, créant ainsi un effet de textures variées selon les secteurs du paysage. En tout arrière plan on trouve des montagnes dont les sommets sont blancs de neige.

Trois types de séquences devaient être comparées : un film vidéo 'classique', c'est-à-dire la rediffusion simple de l'enregistrement audiovisuel tourné, une séquence de Réalité augmentée, pour laquelle certains éléments seulement du film vidéo devaient être remplacés par des éléments infographiques, et une séquence de Réalité Virtuelle, totalement recréée par infographie.

La séquence de réalité Augmentée impliquait par conséquent de choisir les éléments dans la vidéo qui seraient détournés et remplacés par leurs équivalents infographiques.

Il a été décidé que les éléments à désincruster et à synthétiser devaient se trouver sur différents plans du paysage (critère de répartition des éléments dans l'image), mais devaient surtout être des éléments susceptibles d'être modifiés ou ajoutés dans le cas de l'intégration éventuelle d'une infrastructure de transport.

Ont donc été choisis pour être synthétisés :

- Un groupe d'arbres au premier plan
- L'infrastructure de transport : l'autoroute et ses abords construits (panneaux, barrières de sécurité, etc...) et les véhicules
- Un groupe d'arbres et un bâtiment en arrière plan.

La bande son diffusée est toujours la même quelle que soit la séquence. Elle a été enregistrée lors du tournage du film vidéo. Le niveau de bruit restitué en façade du laboratoire est identique à celui relevé et mesuré lors de la réalisation du film (55dB en moyenne). Le niveau de bruit dans le salon expérimental, fenêtre entrouverte est de 52 dB.

7.2.1.c. Dispositif expérimental et procédure globale de la passation des tests au LSEE

L'expérience a été réalisée selon un protocole expérimental basé sur ceux des expériences précédentes, présentées juste avant. L'environnement, ou le contexte, dont nous cherchons à mesurer l'effet sur les performances aux différentes tâches, et ici aussi représenté par un film, était cette fois projeté selon le dispositif installé au LSEE (et non plus sur une partie de l'écran de l'ordinateur portable comme vu pour les expériences 3 et 4, présentée pages 82 et 89, chapitre 6). Trois types de films pouvaient être utilisés pour simuler l'environnement réel des sujets à leur domicile : le film vidéo tourné à Druillat en septembre 2005, le film de Réalité virtuelle créé à partir du film vidéo ou le film de Réalité Augmentée réalisé à partir des deux premiers (voir section 7.4.1.b.2. pages 109 à 110 et Annexe E). Les 2 différents tests cognitifs ont été réalisés sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993). L'écran, d'une taille de 15 pouces, était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

7.2.1.c.1 Déroulement de l'expérience

Après avoir rempli un formulaire de consentement dans la pièce d'accueil, le participant entrait dans le salon expérimental et s'asseyait face à l'écran de l'ordinateur. Une photographie, capture du film vidéo réalisé au village de Druillat, était projetée à l'écran situé dans la fenêtre, et une bande son stéréo enregistrée lors du tournage était diffusée pour que le sujet n'entre pas dans une pièce trop silencieuse dont la fenêtre aurait donné sur un écran bleu. L'objectif de cette mise en scène était de faciliter la mise en situation du sujet, et d'atténuer le plus possible le passage entre 'l'avant' (à l'extérieur du laboratoire) et le début de l'expérience.

La consigne principale donnée au participant était la suivante : « Imaginez que vous

êtes chez vous. La vue qu'il y a depuis cette fenêtre va s'animer, et vous allez devoir vous la représenter comme étant bien celle que vous avez de chez vous. Vous allez avoir quelques minutes (en fait trois) pendant lesquelles vous n'avez rien d'autre à faire que d'essayez de vous imprégner de l'environnement, c'est-à-dire la pièce dans laquelle vous vous trouvez, avec la vue et l'ambiance sonore que vous allez avoir. Nous vous demandons de vraiment vous efforcer de vous approprier ce lieu, et de tenter de vous y sentir présent. Pour cela il est possible de vous imaginer mentalement réaliser des actions concrètes dans la pièce ».

Le participant était ensuite informé qu'à l'issue des quelques minutes d'immersion, il lui serait demandé de réaliser deux tâches sur l'ordinateur portable posé sur la table basse devant lui : la première serait une tâche de catégorisation et la seconde une tâche de détection de « bips » sonores, toutes deux identiques à celles réalisées à son domicile quelques semaines auparavant. Si nécessaires, les deux tâches à réaliser étaient présentées et expliquées une nouvelle fois.

Ces dernières étaient séparées par une pause de deux minutes. Le participant en était averti. Il lui était expliqué que cette pause devait lui permettre de se reposer et de se recentrer sur la vue et l'ambiance sonore de la pièce. De plus, il était assuré que les différentes consignes apparaîtraient en temps voulu sur l'écran de l'ordinateur et que l'expérimentateur le préviendrait par l'intermédiaire d'un microphone, s'il ne s'apercevait pas qu'il était temps de commencer les différentes tâches. Une fois le participant installé et après s'être assurée qu'il n'avait plus de question, l'expérimentateur quittait la pièce.

Le temps total de passation de l'expérience était de 15 minutes au cours desquelles la séquence audiovisuelle (vidéo ou RA ou RV) était diffusée sans interruption - voir images 2, 3 et 4 ci-dessous.

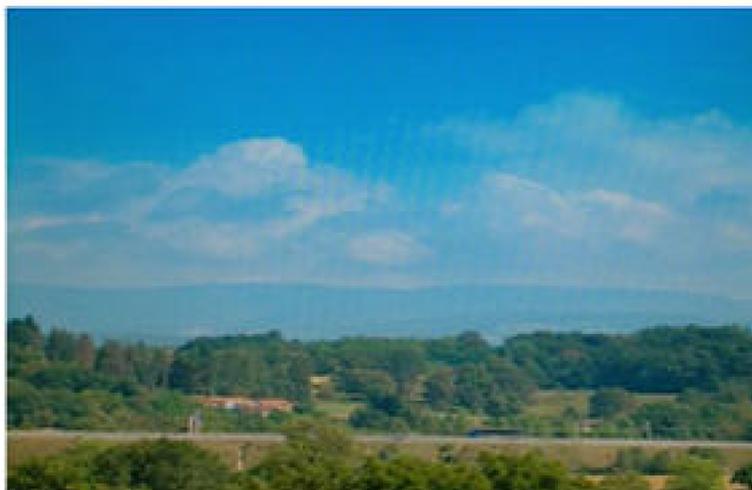


Image 2 : Séquence vidéo



Image 2 : Séquence vidéo

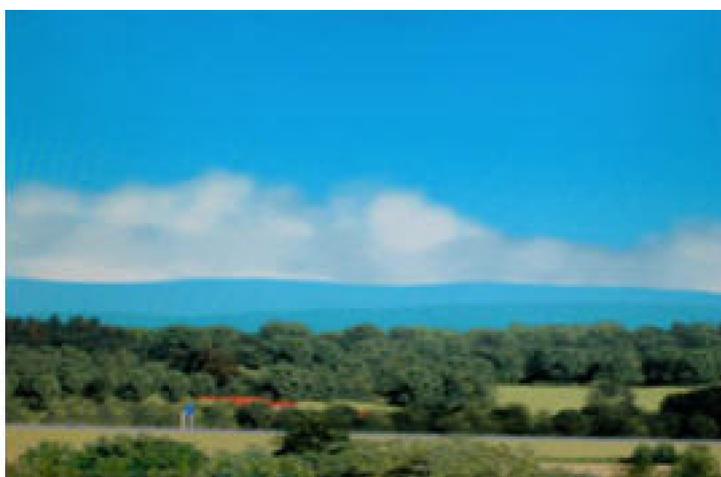


Image 3 : Séquence de RA

La séquence était tout d'abord projetée seule pendant 3 minutes (voir Guérin-Presselin, 2004), pendant lesquelles le participant devait tenter de se représenter dans l'environnement simulé. Après ces 3 minutes, la consigne de la première tâche s'affichait sur l'écran de l'ordinateur portable utilisé pour le test. Le texte d'instructions restait à l'écran tant que le sujet ne lançait pas le script en appuyant sur la touche espace du clavier. Dans le cas où il ne le faisait pas, l'expérimentateur, par l'intermédiaire d'un microphone depuis la régie, demandait au sujet de lancer l'expérience. A l'issue de cette tâche un message mentionnant la fin du premier test, et donc le temps de pause, s'affichait à l'écran. Après deux minutes, la consigne de détection de bip apparaissait automatiquement. Là encore, la consigne restait affichée jusqu'à ce que le sujet lance le test (soit spontanément, soit à la demande de l'expérimentateur, si nécessaire).

7.2.1.d. Procédure expérimentale du test 1 : tâche de catégorisation

7.2.1.d.1. Matériel

Le matériel utilisé pour cette première tâche de catégorisation était à peu de chose près

identique à celui employé pour la première partie de l'expérience de catégorisation réalisée au domicile. Ainsi les images cibles, c'est-à-dire les 72 stimuli sur lesquels porte la tâche, ont été réutilisés.

7.2.1.d.2. Dispositif expérimental et procédure du premier test : tâche de catégorisation

L'expérience a été réalisée selon un protocole expérimental basé sur celui des expériences précédemment présentées.

Rappelons que la consigne principale donnée était de s'imaginer à son domicile, et que le sujet devait faire l'effort de se représenter la vue depuis la pièce comme étant bien celle qu'il avait de chez lui. Le film était tout d'abord projeté seul, pendant 3 minutes, puis par l'intermédiaire d'un microphone entre la régie et la salle expérimentale, l'expérimentateur demandait au sujet de lancer l'expérience. La consigne apparaissait alors à l'écran et le sujet devait placer ses index sur les touches indicées par des gommettes 'Ob' et 'Nat', couvrant respectivement les touches 'D' et 'K' du clavier, qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience, et les essais débutaient (entraînement, puis test).

7.2.1.d.3. Déroulement de l'expérience et déroulement d'un essai

Le déroulement de l'expérience et des essais était identique à celui de l'expérience réalisée au domicile des participants. Pour chaque essai, un point de fixation apparaissait au centre de la partie inférieure de l'écran pendant 500 msec puis une image représentant un objet ou un élément naturel apparaissait jusqu'à la réponse du sujet (avant 2000 msec) ou au maximum 2000 msec. L'essai suivant débutait 1000 msec après la fin de l'essai.

12 images différentes des 72 images tests ont été utilisées, afin de constituer une phase d'entraînement. La tâche du sujet était toujours la même, c'est à dire de déterminer le plus rapidement possible si l'image représentait un artefact ou un élément naturel.

Plan expérimental

L'ordre de présentation des images a été contrôlé. 2 listes différentes par groupe ont donc été réalisées. De plus, nous avons veillé à ce que la même condition artefact / naturel relié/non relié ne se répète pas plus de 3 fois de suite.

Les variables dépendantes (VD) sont :

- Les latences exprimées en msec
- Les taux de bonnes réponses exprimés en %

Les variables indépendantes (VI) sont :

- Le type d'image (I2): objet (Art) ou élément naturel (EIN) : variable intra-sujet
- Le lien entre l'image et le film (L3) : variable intra-sujet
- Le film en arrière plan (F3) : variable inter-sujet

Le plan expérimental général est le suivant : $S7 [F3] * I2 * L3$

Ce plan peut être décomposé pour plus de clarté par type d'item. Ainsi pour les artefacts on a un plan tel que : S7<F3>Art3 et pour les éléments naturel on a : S7<F3>EIN2

7.2.1.e Dispositif expérimental et procédure du second test : tâche de détection de bip

Le montage de ce test impliquait de déterminer des temps de latence entre les différents signaux sonores. Ces latences ont été définies au hasard, avec pour seuls critères d'être au nombre de 12 à 14, réparties sur 4 minutes. Cependant le script Psyscope a été modifié par rapport à celui utilisé au domicile de manière à automatiser le déclenchement de cette tâche à la suite de la tâche de catégorisation sans que l'expérimentateur ait à intervenir.

7.2.1.e.1. Déroulement de l'expérience et déroulement d'un essai

Cette expérience débutait exactement 2 minutes après la disparition de message de fin de la tâche de catégorisation. La nouvelle consigne était affichée après cette pause : la tâche du sujet était d'appuyer sur la barre espace du clavier de l'ordinateur portable, dès qu'il entendrait un « bip », émis par l'ordinateur. Aucune image n'était présentée. Il était même précisé au participant qu'il devait plutôt regarder la vue observable par la fenêtre et se concentrer sur la consigne générale (à savoir imaginer « être chez soi »).

Une seule session d'environ 4 minutes constituait la phase de test. 13 bips, étaient émis à intervalles irréguliers (par exemple après 1 seconde, 4 secondes, 15 secondes ou 40 secondes). Pour chaque essai, le bip était émis après le temps pré déterminé dans la liste d'intervalles irréguliers. L'essai suivant débutait 5 msec après la fin de l'essai précédent, c'est-à-dire dès que le sujet avait appuyé sur la barre espace.

Plan expérimental

De même que pour le test réalisé in situ, l'ordre de présentation des bips selon les différentes latences était fixe (contrôle par constante). Tous les sujets ont entendu et avaient donc à détecter 13 bips.

Comme pour la première partie de ce chapitre, le déroulement de la passation du questionnaire est précisé dans la partie «évaluation qualitative».

7.2.2. Résultats et Discussion des tests cognitifs

Les résultats, temps de réponses en msec puis taux de bonnes réponses en pourcentage, sont présentés dans le tableau 17, 18, 19, 20,21 et 22, ainsi que dans les figures 7, 8, et 9 par type d'items (artefacts ou éléments naturels):

7.2.2.a. Résultats test 1 : tâche de catégorisation

Les analyses présentées sont des analyses de variance par sujet et par item effectuées à l'aide du logiciel SuperAnova. Elles ont été effectuées sur les temps moyens des

réponses aux cibles (latences) et sur les pourcentages de bonnes réponses. Certaines données ont été exclues, les mêmes procédures de tri que dans les expériences précédentes ont été utilisées.

Les tableaux et graphiques suivants présentent les observations et résultats par types d'images.

7.2.2.a.1. Analyse des données relatives aux images représentant des artefacts

Analyse des latences

Les résultats obtenus sur les temps de réponses relevés pour la catégorisation des artefacts montrent des tendances visant à confirmer les résultats observés au domicile des sujets et semblent ainsi refléter un pattern de résultats typiquement attendus sur ce type tâche. On observe des performances plus rapides pour catégoriser les éléments reliés au contexte par rapport aux éléments non reliés, avec des latences moyennes de 977 msec et 968 msec pour les classes R et RI des artefacts contre 997 msec pour la classe non reliés.

Tableau 17 : Temps de réponses à la tâche de catégorisation relevés au LSEE en msec, par catégorie, tous films confondus (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

Latences	TYPES d'IMAGES - CIBLES		
	A non R	A R	A RS
Tous films confondus	997 (32)	977 (31)	968 (28)

Tableau 18 : Résultats de l'expérience de catégorisation réalisée LSEEauprès du groupe de riverains: temps de réponse pour catégoriser les artefacts en msec (standards indiquées entre parenthèses)

Types de FILMS	TYPES d'IMAGES - CIBLES		
	A non R	A R	A RS
Vidéo	1055 (122)	996 (99)	1020 (104)
RA	1039 (96)	1046 (115)	1022 (89)
RV	916 (125)	909 (134)	882 (129)

Toutefois, l'analyse de la variance réalisée par sujet, n'a pas montré d'effet principal significatif du 'Lien' entre l'image et le contexte, ni d'effet du type de film, ni d'interaction type de Film * Lien image-contexte. Ce pattern de résultats est pourtant identique à celui observé au domicile. Une variabilité inter sujet importante, et la répartition du groupe sur 3 condition de 'Film', peut expliquer le caractère non significatif de ces résultats.

L'analyse de la variance réalisée par item montre, elle, un effet principal du facteur 'Film', $F(2,66) = 44.346$; $p = 0.0001$. Cependant, on n'observe aucun effet du facteur Lien, ni aucune interaction significative entre la séquence vue et les performances observées par type de lien entre les stimuli et le contexte.

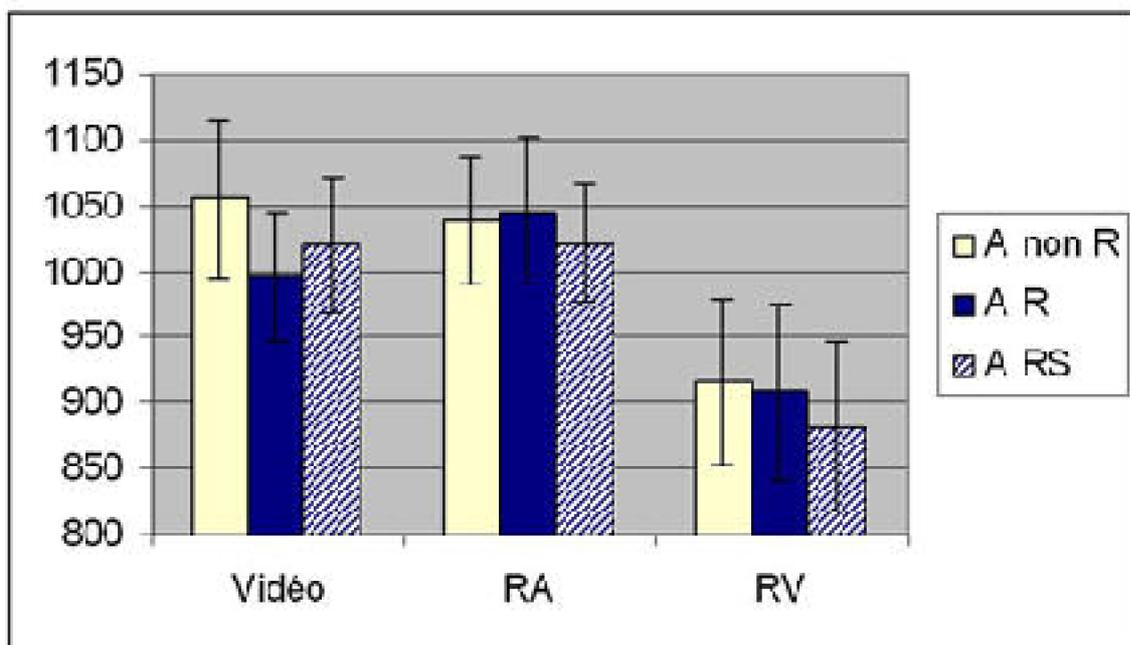


Figure 7: Représentation graphique des temps de réponses observés au LSEE (en msec par catégorie d'artefacts et par film)

Les patterns de résultats obtenus selon les différents films sont en effet différents. Ils montrent que les sujets ayant vu la séquence vidéo sont plus rapides pour catégoriser les artefacts reliés (996msec), puis les artefacts reliés à la situation « être dans son salon » (1020 msec) et enfin moins rapides pour les artefacts non reliés (1055 msec).

Les participants ayant vu la séquence de Réalité Augmentée se montrent plutôt plus lents pour catégoriser les artefacts reliés (1046 msec) que les artefacts non reliés (1039 msec). Mais ils sont plus rapides pour ce qui concerne les artefacts reliés à la situation (1022 msec). Enfin le groupe ayant vu la séquence de Réalité Virtuelle est un peu plus rapide pour catégoriser les éléments reliés (909 msec) par rapport aux éléments non reliés (916 msec) et encore un peu plus rapide pour les artefacts reliés à la situation (882 msec). Les analyses de la variance réalisée par séquence, ne révèle aucun effet du facteur 'Lien'. Les moyennes relevées sont différentes selon le contexte, c'est à dire selon la séquence vue durant le test, mais le nombre de participants par film est probablement trop faible pour autoriser une analyse statistique concluante.

Analyse des taux de bonnes réponses

Les résultats concernant les taux de bonnes réponses sont présentés dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19 : Résultats de l'expérience de catégorisation au LSEE : taux de bonnes réponses en pourcentage (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

Types de FILMS	TYPES d'IMAGES – CIBLES		
	A non R	A R	A RS
Vidéo	90% (1,5)	84% (2,4)	97% (1,5)
RA	87% (3,4)	78% (2,5)	90% (2,5)
RV	93% (1,2)	88% (1,5)	94% (1,4)

Les résultats concernant les taux de bonnes réponses sur les artefacts permettent de mettre en évidence un effet du facteur 'Lien' entre les stimuli et le contexte, pour l'analyse réalisée par sujet uniquement, avec $F_s(2,36) = 8.562$ et $p = 0.009$. Paradoxalement, le taux de bonnes réponses est significativement plus faible dans la condition image reliée au film que dans les deux autres conditions ($F_s(1,36) = 9.31$; $p = 0.0043$ pour la comparaison avec non reliées et $F_s(1,36) = 15.57$; $p = 0.0004$ pour la comparaison avec reliées à la situation). De plus, on n'observe aucun effet du type de film ni aucune interaction Film * Lien.

7.2.2.a.2. Analyse des données concernant les images représentant des éléments naturels

Analyse des latences

Ici aussi, les participants semblent être plus rapides pour catégoriser les images ayant un lien avec l'environnement ou avec la situation dans laquelle ils devaient s'imaginer, et le pattern de résultats montre aussi des différences importantes selon le type de film projeté pour créer un contexte (957 msec pour les images reliées contre 971 msec pour les non reliées).

Tout comme pour les artefacts, le pattern de résultats observé pour les éléments naturels montre aussi des différences importantes selon le type de film projeté pour créer un contexte.

Tableau 20 : Résultats de l'expérience de catégorisation au LSEE : temps de réponse pour catégoriser les éléments naturels en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

TYPE de FILM	TYPES d'IMAGES - CIBLES	
	Nat non R	Nat R
Tous films confondus	971 (14,5)	957 (17)
Vidéo	1004 (94)	999 (97)
RA	1003 (93)	1025 (95)
RV	918 (129)	870 (122)

Toutefois, seule l'analyse par items a permis de confirmer cela avec un effet principal significatif du facteur 'Film', $F_i(2,68) = 36.95$; $p = 0.001$, ainsi qu'une interaction significative Film*Lien, $F_i(2,68) = 4.37$; $p = 0.016$. En vidéo les temps de réponses sont quasi identiques quels que soit le lien entre les stimuli et la séquence (environ 1000 msec). Le groupe de sujets ayant vu la séquence de Réalité augmentée s'est montré plus rapide pour catégoriser les éléments naturels non reliés (1003 msec) au contexte que les

éléments reliés (1025 msec), tandis que les participants ayant vu la séquence de Réalité Virtuelle ont été bien plus rapides pour catégoriser les éléments reliés (870 msec) que les éléments non reliés (918 msec).

Là encore, une forte variabilité inter sujet peut expliquer l'absence de résultat significatif dans l'analyse par sujets.

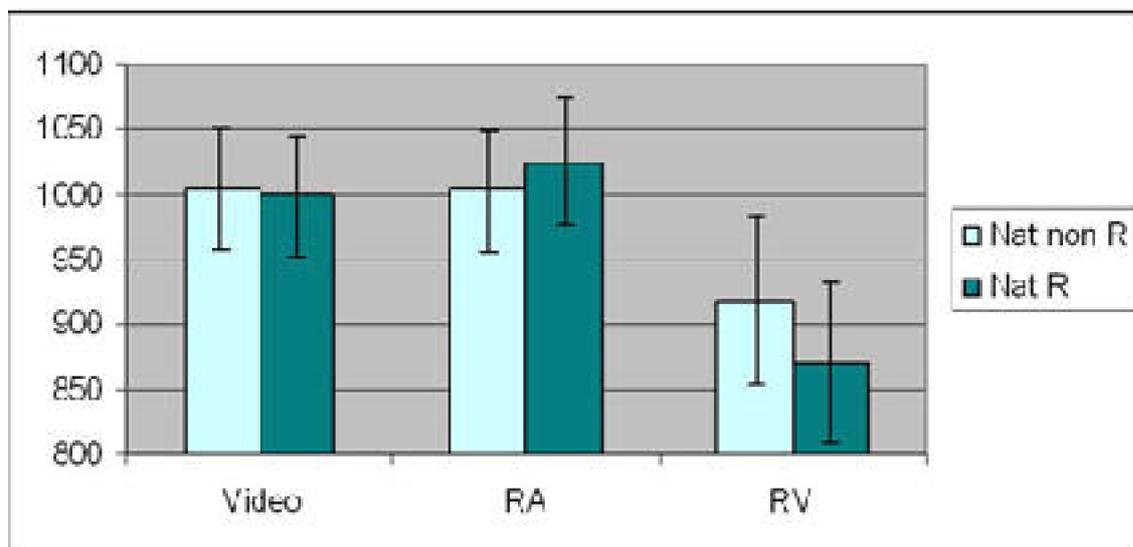


Figure 8: Représentation graphique des temps de réponses observés au LSEE (en msec par catégorie d'éléments naturels et par film)

Analyse des taux de bonnes réponses

Les résultats concernant les taux de bonnes réponses relevés pour les items éléments naturels sont présentés dans le tableau 21 ci-dessous, ainsi que dans la figure 9.

Tableau 21: résultats de l'expérience de catégorisation au LSEE : taux de bonnes réponses en pourcentage (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	Nat non R	Nat R
Vidéo	89% (2,5)	97% (1,2)
RA	89% (2)	94% (1,5)
RV	91% (3)	94% (3,3)

Les taux de bonnes réponses observés sur les éléments naturels permettent de mettre en évidence un effet principal du 'Lien', donc de la catégorie « Reliés » versus « Non Reliés ». L'analyse de la variance réalisée par sujet montre que les participants obtiennent de meilleurs résultats pour les éléments reliés, $F_s(1,18) = 7.217 ; p = 0.0151$.

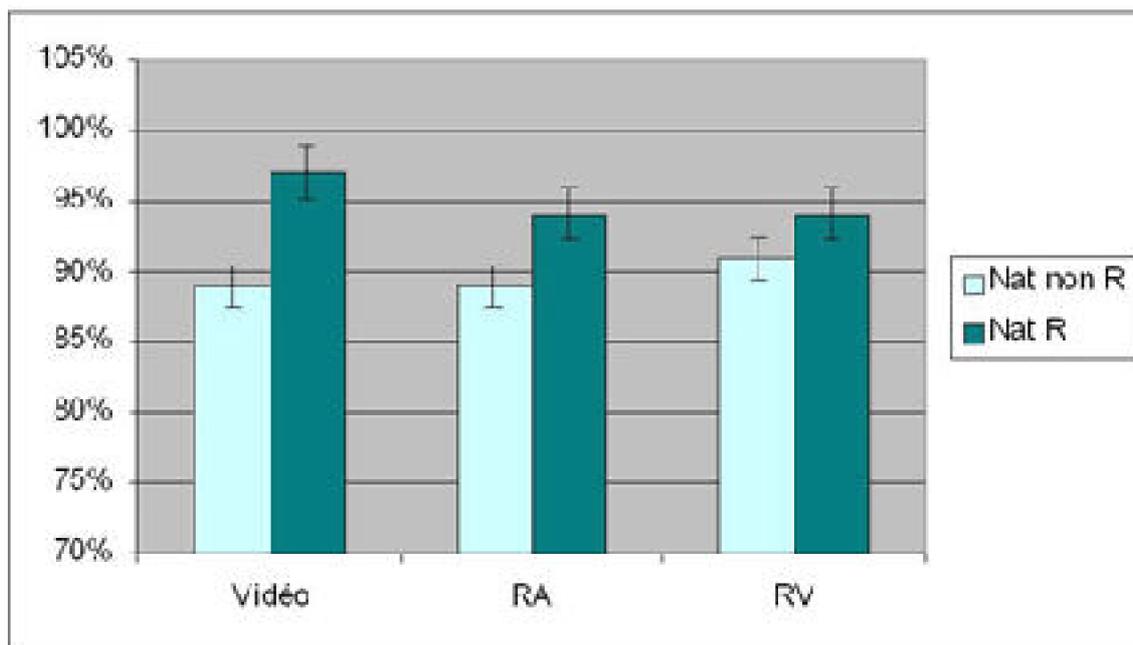


Figure 9 : Représentation graphique des taux de bonnes réponses observés au LSEE (par catégorie d'éléments naturels et par film)

Cependant nous ne constatons aucun effet du type de film ($F_s < 1$ et $p = 0.43$). Les mêmes effets de la catégorie se retrouvent pour les trois séquences : les taux de Bonnes Réponses pour les éléments reliés sont toujours supérieurs aux taux de bonnes réponses pour les éléments non reliés. Les analyses par item n'ont pas permis de conclure ou de compléter nos interprétations.

7.2.2.b. Analyse de comparaison : performances observées à domicile et au LSEE

7.2.2.b.1. Comparaison des données concernant les images représentant des artefacts

Comparaison des latences

Tableau 22 : Temps de Réponse à la tâche de catégorisation en msec par catégorie d'artefacts pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE (erreurs standards entre parenthèses)

	A non R	A R	A RS
Domicile	1038 (55)	980 (51)	989 (50)
LSEE	997 (67)	977 (67)	968 (64)

Concernant les temps de réactions, sur la catégorisation des images représentant des artefacts, les analyses montrent un effet principal significatif du facteur 'Lien' uniquement dans l'analyse par sujet avec $F_s(2,82) = 4.21$; $p = 0.018$. Les latences étaient significativement plus élevées dans la condition Non reliées que dans la condition Reliées au film, $F_s(1,82) = 6.34$, $p = 0.014$, et que dans la condition Reliées à la

situation, $F_s(1,82) = 6.29$, $p = 0.014$. En revanche, seule l'analyse par item révèle un effet significatif du type de lieu, $F_i(1,33) = 10.12$, $p = 0.0032$. L'absence de significativité des résultats soit par items soit par sujets vient là encore d'une trop grande variabilité inter-sujets ou inter-items.

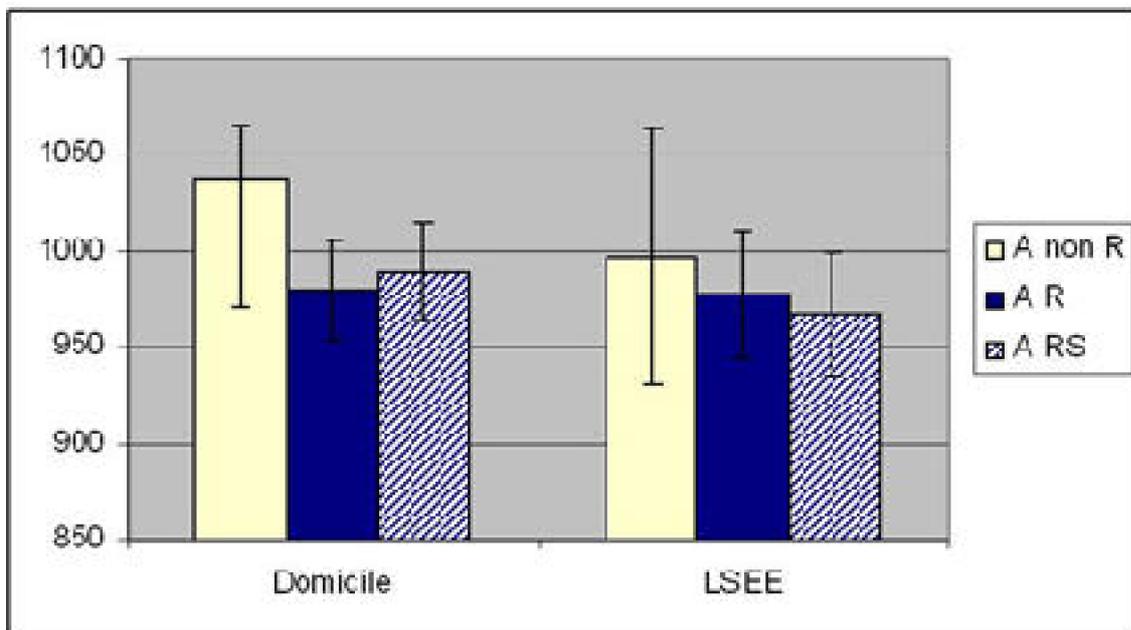


Figure 10: Représentations graphiques des temps de réponse en msec par catégorie d'artefacts pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE (erreurs standards entre parenthèses)

Comparaison sur les taux de bonnes réponses relevés pour les images représentant des artefacts

Tableau 23 : Taux de bonnes réponses en msec par catégorie d'artefacts pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE (erreurs standards entre parenthèses)

	A non R	A R	A RS
Domicile	91,8%(2,4%)	89,7%(2,6%)	95,7%(1,5%)
LSEE	93,4(1,5%)	86,7%(2,4%)	95,3%(1,2%)

Les mêmes observations ont été faites sur les taux de bonnes réponses. Il existe toujours un effet du facteur lien stimuli / contexte dans l'analyse par sujet, $F_s(2,82) = 10.38$; $p < 0.001$, mais aucun effet du facteur lieu, ni aucune interaction.

7.2.2.b.2. Comparaison des données concernant les images représentant des éléments naturels

Comparaison des latences

En ce qui concerne les résultats observés sur les images représentant des éléments naturels (voir tableau 24, et figure 11), le seul effet significatif est l'effet principal du facteur 'Lien', dans l'analyse réalisée par sujet $F_s(1,41) = 6,3$; $p = 0.01$, mais pas dans l'analyse

par items,

$$F(1,34) = 1.89 \text{ et } p = 0.18.$$

Tableau 24 : Temps de Réponse à la tâche de catégorisation en msec par catégorie d'éléments naturels pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE (erreurs standards entre parenthèses)

	Nat non R	Nat R
Domicile	992 (47)	945 (47)
LSEE	970 (61)	957 (62)

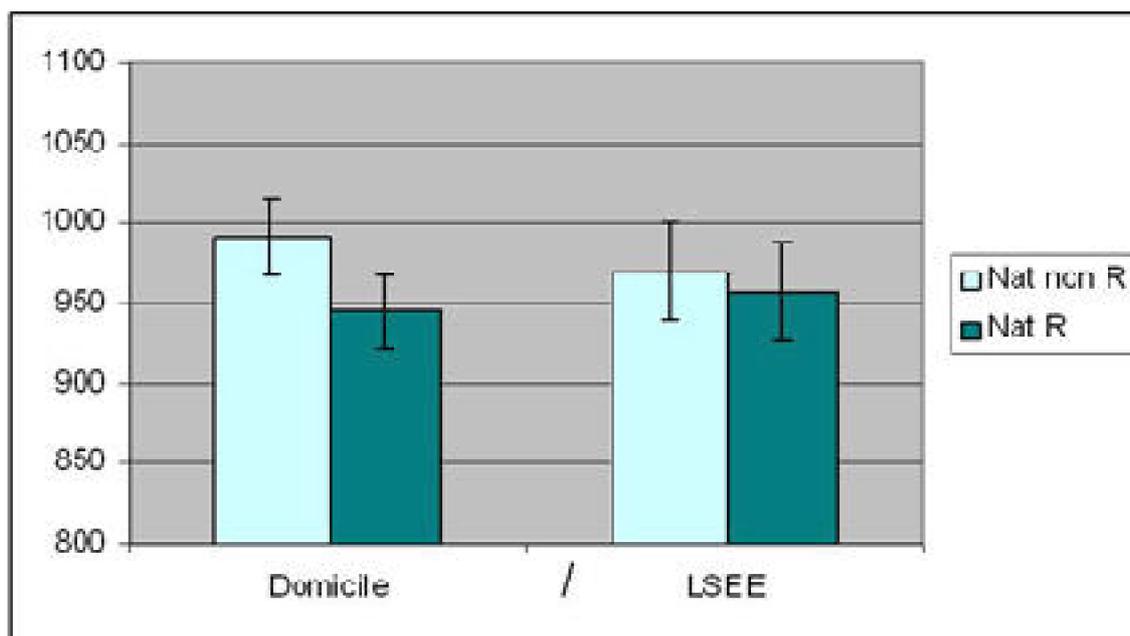


Figure 11 : Représentations graphiques des temps de réponses en msec par catégorie d'éléments naturels pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE

Ainsi, comme pour les artefacts, on retrouve les mêmes courbes de résultats au LSEE et au domicile des sujets.

Comparaison sur les taux de bonnes réponses sur les images représentant des éléments naturels

Les analyse des taux de bonnes réponses sur les images représentant des éléments naturels ne mettent également en évidence qu'un effet principal du facteur 'Lien' des images avec le contexte, significatif dans l'analyse par sujet uniquement avec $F_s(1,41) = 5.95$; $p = 0.01$. Les résultats ne montrent là encore aucun effet du site d'expérimentation (in situ vs LSEE) :

Tableau 25 : Taux de bonnes réponses en msec par catégorie d'éléments naturels pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE (erreurs standards entre parenthèses)

	Nat non R	Nat R
Domicile	93% (1,8%)	94,5% (1,3%)
LSEE	91% (1,6%)	96% (1,4%)

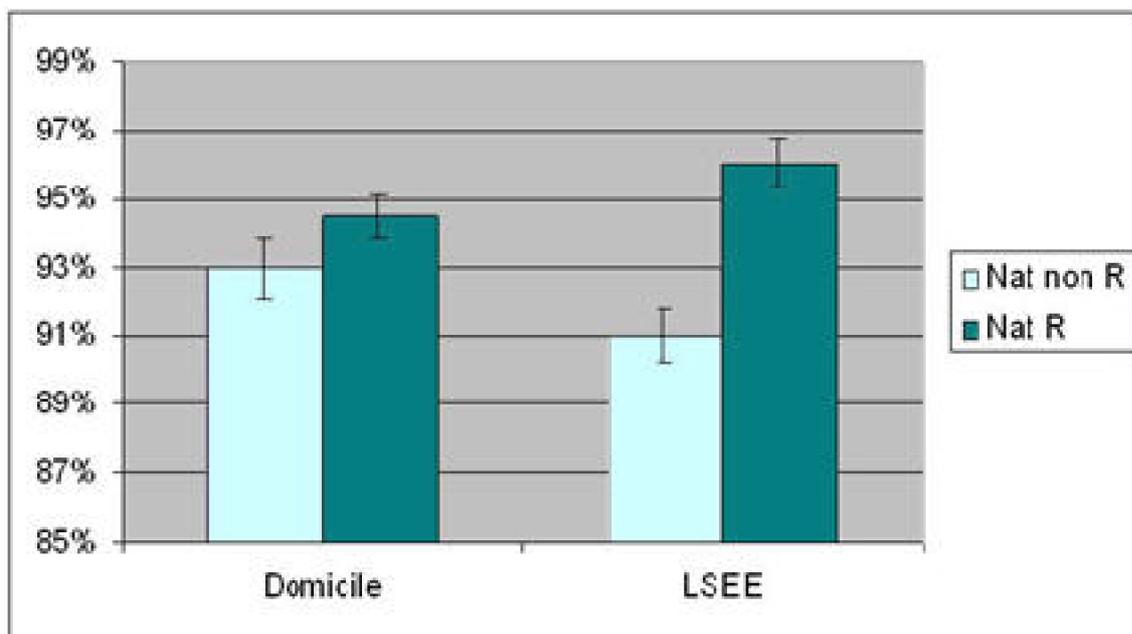


Figure 12 : Représentations graphiques des taux de bonnes réponses en pourcentage par catégorie d'éléments naturels pour le groupe de riverains à domicile et au LSEE

Par conséquent, il semble qu'il n'y ait aucune différence ou aucun effet du laboratoire entre les performances observées au domicile des riverains et au Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement.

7.2.2.c. Résultats test 2 : tâche de détection de bip

L'objectif de cette expérience était de consolider les résultats de la tâche de catégorisation en testant et comparant l'effet des différents types de simulation sur les capacités attentionnelles. L'objectif était de fournir des éléments supplémentaires permettant de déterminer les simulations provoquant chez le groupe de riverains, les performances les plus superposables à celles observées in situ.

7.2.2.c.1. Analyse des latences

Les temps de réaction à chacun des signaux sonores par film sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau 26 : Temps de détection des bips sonores en msec pour le groupe de riverains au LSEE

	Video	RA	RV
bip1	497	537	250
bip2	437	437	437
bip3	414	471	388
bip4	389	609	563
bip5	326	452	388
bip6	316	426	388
bip7	311	472	421
bip8	302	434	390
bip9	238	386	377
bip10	335	445	408
bip11	254	358	429
bip12	394	539	600
bip13	331	392	391

L'analyse de la variance réalisée par sujets ne permet pas de mettre en évidence d'effet significatif, là encore en raison de la variabilité inter sujet très importante. En revanche, l'analyse de la variance réalisée par item montre un effet principal significatif du film avec $F(2,20) = 9.673$; $p = 0.0008$.

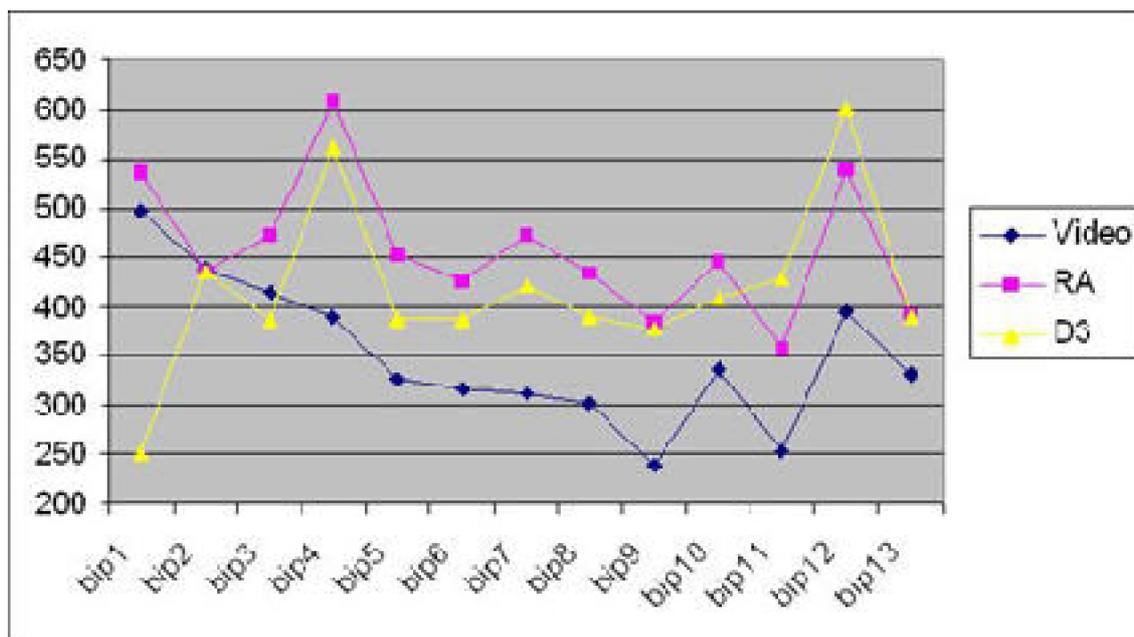


Figure 13 : Représentations graphiques des temps réponses en msec pour chaque signal sonore par catégorie séquence projetée au LSEE pour le groupe de riverains

Les temps de détection sont inférieures en condition vidéo. Les analyses de contraste réalisées deux à deux (test de Student) montrent des différences significatives entre la vidéo et la Réalité Augmentée, $t [1,24] = -4.352$ et $p = 0.0002$, ainsi qu'entre la vidéo et la Réalité Virtuelle, $t [1,24] = -2.727$ et $p = 0.0118$.

Il n'y a pas de différence significative entre la séquence de RA et la séquence de RV ($t[1,24] = 1.625$ et $p = 0.11$)

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le film vidéo permet aux riverains de mieux reconnaître leur environnement de vie, et qu'il est alors plus facile pour eux de s'imaginer à leur domicile. L'effort d'immersion et de présence mobilisant moins de ressources attentionnelles dans cette condition vidéo, les sujets sont plus disponibles pour se réengager dans une tâche de détection, d'où des performances plus rapides.

Dans ce contexte expérimental où peu de sujets sont présents par condition, les effets significatifs mis en évidence dans l'analyse par item suffisent pour conforter nos hypothèses.

7.2.2.c.2. Comparaison domicile LSEE concernant les temps de détection de bips

Les différentes analyses de la variance réalisées par sujets, comme par items, ne permettent pas de mettre en évidence d'effet du lieu ou de différence entre les performances des sujets au domicile et au laboratoire.

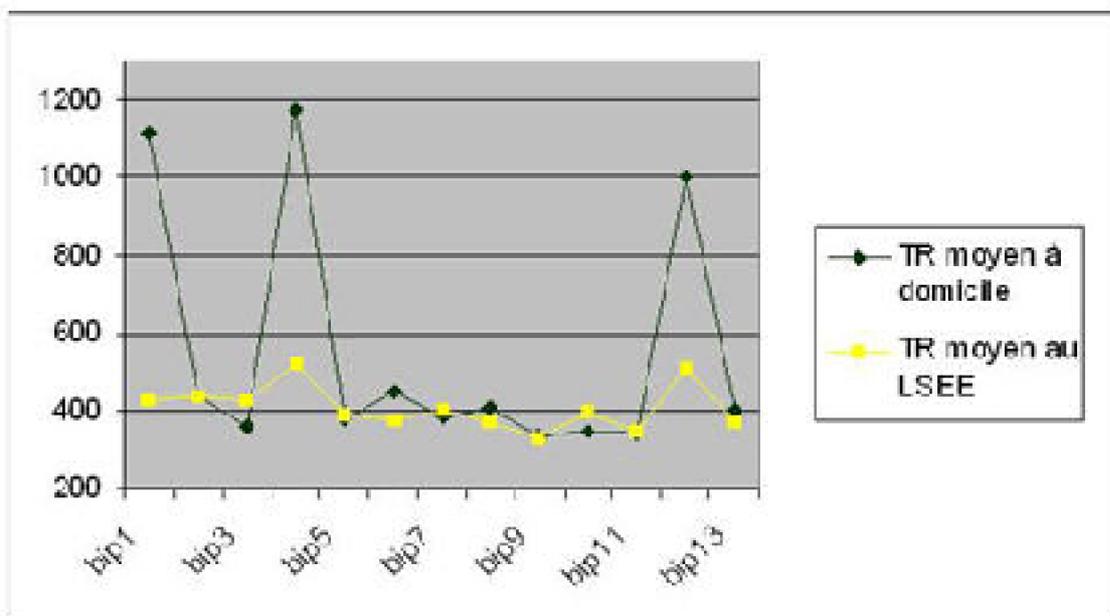


Figure 14 : Représentations graphiques des temps réponses en msec pour chaque signal sonore par lieu de test (domicile ou laboratoire) pour le groupe de riverains

7.2.3. Evaluation qualitative

Le questionnaire conçu pour l'étude au laboratoire a été construit sur le modèle du questionnaire administré au domicile des riverains et inspiré de nos précédents travaux (2003 et 2004). La plupart des questions qualitatives sont basées sur la méthode des différentiateurs sémantiques, adaptée dans le procédé d'Osgood.

Les autres questions fermées portant sur l'évaluation de l'environnement simulé au laboratoire sont des questions à choix multiples.

Quelques questions ouvertes ont été utilisées, en nombre restreint (une ou deux par questionnaire), car elles ne peuvent faire l'objet que d'une analyse descriptive. Cependant elles sont indispensables pour mieux comprendre et évaluer l'opinion des participants. Ces questions ouvertes avaient donc pour objectifs de permettre d'étayer les réponses des participants.

Le questionnaire utilisé au LSEE

Le questionnaire élaboré pour l'étude au laboratoire se compose de 32 questions réparties en 3 questionnaires, adaptés à chacune des séquences :

1 - Le premier questionnaire concernant la première séquence vue pendant 15 minutes se compose de : 15 questions dont 13 questions fermées à choix multiples ou proposant des échelles qualitatives ou quantitatives (évaluation d'intensité), et 2 questions proposant d'exprimer son opinion par l'attribution d'une note sur 10.

2 - Le second questionnaire portant sur la seconde séquence d'une durée de 3 minutes est constitué de 8 questions (6 fermées sous forme d'éventail et 2 notes sur 10).

3 - Le troisième et dernier formulaire de questions portant sur la dernière séquence vue 3 minutes, est composé de 9 questions (7 fermées sous forme d'éventail et 2 échelles numériques).

Les questions ont été conçues selon 6 thèmes pour le premier questionnaire, et 4 thèmes pour les questionnaires 2 et 3.

Pour le premier questionnaire, portant sur la première séquence d'une durée de 15 minutes, les différentes parties se décomposent de la façon suivante :

- L'évaluation du paysage : cette première partie est constituée de deux questions. La première, basée sur 11 paires de différentiateurs sémantiques porte sur l'évaluation de la perception du paysage représenté dans la simulation, la seconde est une question de comparaison explicite avec la vue que les sujets peuvent avoir depuis leur domicile.

- L'appréciation de la qualité visuelle de la séquence : un bloc de 6 paires d'adjectifs vise à permettre aux personnes interrogées d'évaluer la qualité visuelle de la séquence de simulation.

- L'estimation du niveau d'intrusion visuelle de l'infrastructure de transport et de ses aménagements dans le paysage ainsi que l'évaluation de la gêne visuelle due à cette infrastructure sont basées sur deux questions à choix multiples.

- L'évaluation du bruit : deux questions permettent de décrire le bruit perçu et la gêne ressentie. Tout d'abord un bloc de 6 paires d'adjectifs antonymes permet de décrire le bruit perçu et une question à choix multiple permet d'évaluer la gêne ressentie.

- Le repérage d'éléments visuels et sonores : afin de déterminer si les participants étaient restés très attentifs à la séquence. Deux questions, une portant sur les éléments visuels, l'autre sur les éléments sonores, proposent différents éléments (réellement présents ou non dans les séquences) dont il faut déterminer s'ils étaient présents même ponctuellement dans la simulation (trois réponses possibles : oui, non, ne sais pas).

- L'effort d'imagination et de Présence : cette partie concerne les stratégies d'immersion et de Présence des participants. Une première question basée sur les

questionnaires visant à déterminer les caractères imageants des sujets dans une tâche imagerie mentale (exemple de d'action que le sujet peut imaginer pour se sentir présent dans la scène, avec une réponse pouvant aller de « de façon nette et très précise » à « pas du tout »). La seconde question basée sur des échelles d'accord porte sur l'auto estimation des sujets à avoir réussi à répondre à la consigne principale, à savoir se projeter dans la scène et imaginer vivre dans le lieu simulé. Dans le cas où le sujet répond « pas d'accord », une troisième question permet de préciser pourquoi la tâche n'a pas été réussie.

Enfin deux dernières questions permettent aux participants d'auto évaluer la Présence ressentie : une note de Présence sur 10 (0 signifiant que le sujet ne s'est pas senti Présent dans la scène, 10 qu'il s'est totalement senti « être » dans le lieu simulé), et une estimation de la sensation de s'être « imaginé et senti comme chez soi » répartie en une échelle d'accord (pas du tout à extrêmement) et une note libre sur 10.

- L'appréciation globale : ce dernier thème est basé sur une question d'évaluation globale de l'environnement représenté par la simulation en quatre différentiateurs, considérant à la fois les modalités sonores (bruit – bande son) et visuelle (paysage et séquence).

Un exemplaire du questionnaire est présenté en annexe F.

7.2.3.a. Résultats du questionnaire administré au LSEE auprès des riverains

Les résultats du questionnaire sont exposés par question et thème, plutôt que par types d'analyse.

Les résultats de ce questionnaire nous permettent de réaliser une analyse descriptive et apportent des données qualitatives complémentaires aux données issues des tâches cognitives utilisées dans le protocole expérimental.

En effet, les analyses statistiques réalisées, (analyse de la variance et test de Chi² lorsque cela était possible) n'ont rien révélé de significatif et ne montrent pas, globalement, d'effet de la séquence vue. Mais les réponses qui ont été apportées par les participants permettent de mieux comprendre comment ils ont appréhendé les différentes séquences, la passation de l'expérience, et surtout permettent d'explicitier et d'argumenter les autres résultats, plus implicites, recueillis à l'issue des tâches cognitives.

Nous présentons tout d'abord les résultats concernant le sentiment de présence ressenti au Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement, ainsi que les profils perçus des différentes séquences, ensuite l'appréciation de l'intrusion visuelle de l'infrastructure dans le paysage, la gêne visuelle et la gêne dûe au bruit de l'infrastructure de transport, et enfin l'appréciation globale de l'environnement représenté par la simulation.

7.2.3.a.1. Le sentiment de Présence

Les questions relatives au sentiment de Présence étaient au nombre de 3 (2 questions explicites et l'attribution d'une note de Présence sur 10). Nous avons tout d'abord regardé

si les participants estimaient avoir pu répondre à la consigne principale de l'expérimentation, qui étaient de s'approprier l'environnement pour s'y projeter et s'imaginer vivre dans le site représenté par la simulation.

Questions d'évaluation explicite

Deux questions ont été posées sous forme de propositions auxquelles les sujets répondaient à l'aide d'une échelle d'accord. Ces questions étaient : « Pensez-vous avoir réussi à vous projeter dans la scène ? », et « Pensez-vous avoir réussi à vous imaginer vivre dans le site simulé ? »

Ainsi, les participants pouvaient répondre par « tout à fait d'accord », « plutôt d'accord », « plutôt pas d'accord » ou « pas du tout d'accord » au deux déclarations suivantes : « j'ai réussi à me projeter dans la scène » et « j'ai réussi à m'imaginer y vivre ».

A la première proposition sur la possibilité de se projeter dans la scène, les participants ont globalement répondu « tout à fait d'accord » : à 47.6%.

L'analyse par séquence révèle que les riverains se sont particulièrement bien projetés dans la scène en condition vidéo (« tout à fait d'accord » à 71.4%, « plutôt d'accord » à 28.5% et aucune réponse de désaccord). Les réponses sont assez favorables en condition de Réalité Virtuelle, avec 50% de réponses « tout à fait d'accord », 25% de « plutôt d'accord » à part égale avec les réponses « plutôt pas d'accord ». Les réponses concernant la Réalité Augmentée sont plus difficiles à analyser, car elles sont moins tranchées. Il n'y a pas vraiment de consensus : 33.3% des personnes ont répondu « plutôt d'accord », autant se sont déclarées « pas du tout d'accord », et 16.7% « tout à fait d'accord » ou « plutôt pas d'accord ».

Les participants semblent donc s'être plutôt bien projetés dans la scène, quelle que soit la séquence. Aucun test statistique n'a permis de mettre en évidence de différence significative entre les séquences concernant cette question.

La difficulté à faire ressortir une opinion caractéristique par séquence nous a amené à tenter de rassembler nos données en deux catégories : nous avons regroupé les affirmations d'accord d'un côté (« tout à fait d'accord » et « plutôt d'accord ») et les affirmations de désaccord d'un autre côté (« pas du tout d'accord » et « plutôt pas d'accord »).

On observe alors que 100% des personnes ayant vu la séquence vidéo sont d'accord avec la proposition « j'ai réussi à me projeter dans la scène », de même que 75% de ceux ayant vu la séquence RV (Réalité Virtuelle, alors que les participants ayant vu la séquence de Réalité Augmentée sont également partagés entre l'accord et le désaccord (50% dans les 2 cas).

Tableau 28 : réponses en % par séquence à la question « avez-vous réussi à vous imaginer vivre dans la scène »

	Séquences			
	video	RA	RV	Total
Pas du tout d'accord	0%	66,67%	25%	28,57
Plutôt pas d'accord	0%	0%	13%	4,76
Plutôt d'accord	14,30%	16,67%	25%	19,05
Tout à fait d'accord	85,70%	16,67%	38%	47,62
NSP				0%

A la première proposition sur le fait de s'imaginer vivre dans le lieu simulé, les participants ont majoritairement répondu « tout à fait d'accord » à 47.6%.

Plus précisément, l'analyse par séquence révèle que les riverains se sont extrêmement bien imaginés vivre dans la scène représentée par la condition vidéo avec 85.7% de réponses « tout à fait d'accord » et 14,3% de réponses « plutôt d'accord ». Ils semblent cependant avoir eu des difficultés en condition de Réalité Augmentée puisque 66.7% d'entre eux ont répondu « pas du tout d'accord », contre 33,2% de réponses dites « d'accord » (16,6% de « plutôt d'accord » et autant de « tout à fait d'accord »). Les réponses émises suite à la projection de la scène de Réalité Virtuelle sont plus délicate à considérer puisque alors 37.5% se sont déclarés « tout à fait d'accord », 25% « plutôt d'accord » à part égale avec ceux s'étant affirmés « pas du tout d'accord », et 12.5% « plutôt pas d'accord ».

De la même façon que pour l'analyse des réponses d'accord à la question précédente sur la projection du sujet dans le lieu, nous avons cherché à regrouper les données en deux catégories : accord versus désaccord.

Nous constatons ainsi que 100% des sujets ayant vu la séquence vidéo se sont déclarés en accord avec la proposition « j'ai réussi à m'imaginer vivre dans la scène », alors qu'ils ne sont plus que 62.5% en condition RV et 33,3% en condition RA. Dans ce dernier cas, la majorité des sujets n'est donc pas d'accord à 66.7% : ce qui signifie qu'ils ne se sont pas réappropriés le site, c'est-à-dire leur propre environnement de vie, représenté par la séquence de Réalité Augmentée.

Aucun test statistique (ANOVA pour les tests paramétriques, Kruskal-Wallis et coefficient Alpha de Cronbach pour les tests non paramétriques) n'a pu mettre en évidence de différence significative entre les séquences. Cependant les tendances renforcent nos conclusions émises concernant les tâches cognitives. Les réponses apportées concernant la séquence vidéo paraissent montrer qu'il s'agit de la séquence la plus adaptée à la mise en situation des riverains.

Evaluation basée sur les échelles numériques

A la question posée sur le sentiment de Présence ressentie au laboratoire, évalué par l'attribution d'une note sur 10 par le sujet, aucun effet de la séquence n'a pu être mis en évidence.

Les participants semblent globalement s'être sentis assez présents dans la scène avec une note moyenne de 7.045/10, et ceci quel que soit le type de film présenté : les notes moyennes attribuées par séquence sont 8.4 en vidéo, 6.7 en RA et 6.1/10 en séquence de réalité virtuelle.

La répartition des notes attribuées n'a pas permis de mettre en évidence un effet significatif de la séquence. En effet, la séquence vidéo a engendré un sentiment de Présence évalué en moyenne à 8.4 sur 10, avec des notes allant de 7/10 à 10/10. Les notes attribuées au sentiment de Présence suite à la projection de la séquence de RA allaient de 3/10 à 8/10 et de 3/10 à 10/10 pour la séquence de RV.

Les répartitions sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 29 : Répartition des notes de Présence pour le groupe de Riverains

NOTE	Séquences			
	vidéo	R. A.	R.V.	Total
3	0,00%	14,29%	12,50%	9,09%
4	0,00%	0,00%	25,00%	9,09%
5	0,00%	14,29%	12,50%	9,09%
7	28,57%	14,29%	12,50%	18,18%
8	28,57%	57,14%	25,00%	36,36%
9	14,29%	0,00%	0,00%	4,55%
10	28,57%	0,00%	12,50%	13,64%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Mise en situation de riverain.

L'analyse de la question portant sur la sensation d'être comme chez soi, ou d'avoir eu l'impression d'être comme chez soi, n'a pas permis de mettre en évidence d'effet de la séquence.

Cependant, l'analyse du coefficient de corrélation entre cette question et celle portant sur le sentiment de Présence a bien montré que ces deux questions étaient globalement corrélées avec $r = 0.8$.

Plus précisément, on observe une corrélation entre le sentiment de Présence et la sensation d'être comme chez soi, pour les séquences de RA et de RV, mais pas en vidéo.

7.2.3.a.2 Evaluation des séquences

A plusieurs reprises, lorsque les données issues du questionnaire ne permettaient pas de conclure à une opinion caractéristique nous avons fait des tests statistiques non paramétriques en regroupant les données qui pouvaient l'être, afin de réaliser un Test de Kruskal-Wallis et de calculer le Coefficient Alpha de Cronbach. Ceci dans le but de déterminer des profils et d'établir des coefficients de corrélation entre les données qualitatives.

Lorsque l'on mesure un profil psychologique, c'est-à-dire que l'on détermine les traits caractéristiques (par exemple une attitude, le niveau d'identification, l'orientation politique, le stéréotype d'un groupe, etc.), on recourt souvent à des questionnaires regroupant plusieurs questions portant sur un même sujet. Effectivement, disposer de plusieurs questions pour évaluer un même concept permet souvent de limiter l'erreur de mesure et de l'évaluer de façon plus précise et générale, et de calculer un "score" correspondant à

l'ensemble de l'échelle (en effectuant la moyenne ou la somme des items). Toutefois, d'un point de vue méthodologique, on ne peut pas combiner les réponses à des items différents si l'on ne dispose pas d'arguments empiriques suggérant que ces items mesurent effectivement la même chose. Or si deux items mesurent la même chose, les réponses aux différents items devraient être corrélées l'une à l'autre et dans le même sens.

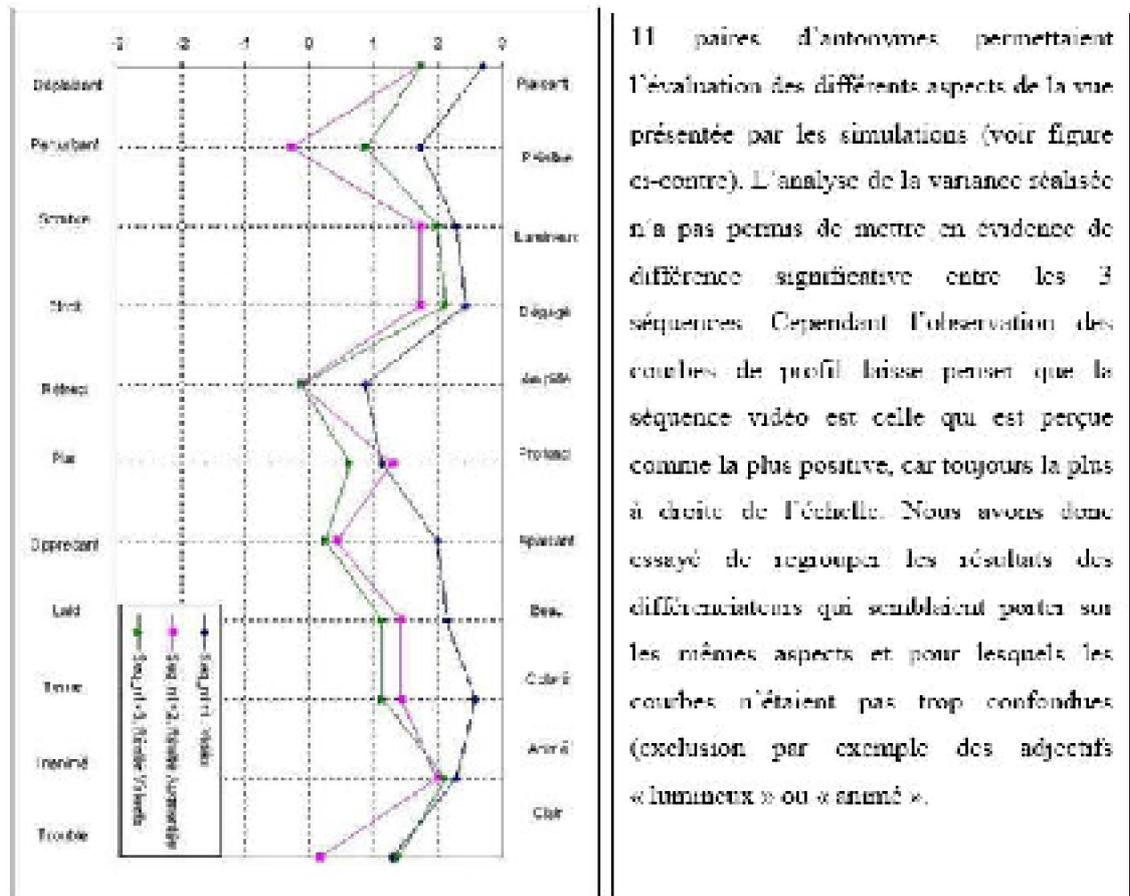
Lorsque l'on utilise plus de deux items pour mesurer un concept, on se sert de l'alpha de Cronbach qui constitue un indice de "consistance" de l'échelle. C'est-à-dire que l'on vérifie dans quelle mesure les items qu'elle inclut mesurent bien la même chose. Cet indice statistique, compris entre 0 et 1, traduit donc un degré d'homogénéité (une consistance ou cohérence interne) de l'instrument d'évaluation ou de mesure composé par un ensemble d'items.

Dans la pratique, on considère généralement que l'homogénéité de l'instrument d'évaluation est satisfaisante lorsque la valeur du coefficient est au moins égale à 0.70 [Nunnally et Bernstein (1994)]. Cependant, l'alpha ne peut se calculer que sur des données continues. En effet, tous les items contribuent à appréhender une même entité s'ils sont corrélés « dans le même sens ». Ce test n'a donc pas toujours pu être utilisé.

Profil des séquences

Les trois questions portant sur le paysage, l'appréciation de la qualité visuelle de la séquence et l'évaluation du bruit perçu pour chacune des scènes ont permis d'établir des profils pour chacune des séquences.

Ainsi, le paysage représenté dans les différentes simulations a globalement été perçu comme « positif ».

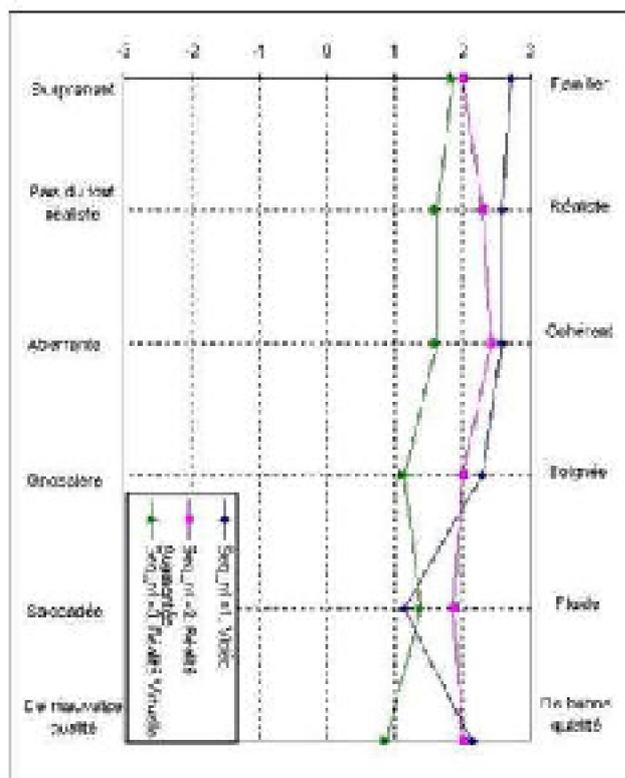


11 paires d'antonymes permettaient l'évaluation des différents aspects de la vue présentée par les simulations (voir figure ci-contre). L'analyse de la variance réalisée n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les 3 séquences. Cependant l'observation des courbes de profil laisse penser que la séquence vidéo est celle qui est perçue comme la plus positive, car toujours la plus à droite de l'échelle. Nous avons donc essayé de regrouper les résultats des différenciateurs qui semblaient pointer sur les mêmes aspects et pour lesquels les courbes n'étaient pas trop confondues (exclusion par exemple des adjectifs « lumineux » ou « assombri »).

Figure 15 : Profil paysager des séquences

Ont donc été regroupés : les adjectifs « plaisant », « paisible » et « apaisant » (opposés à « déplaisant », « perturbant » et « oppressant »), ainsi que « dégagé » et « profond » (opposés à « étroit » et « plat »). Cependant, ce regroupement, testé avec le Coefficient Alpha de Cronbach, ne nous a pas permis de conclure à un effet de la séquence sur l'évaluation du paysage.

Les réponses obtenues aux questions portant sur la qualité visuelle des séquences nous amènent aux mêmes observations que pour l'appréciation de l'évaluation du paysage.



Les séquences ont été perçues et évaluées plutôt positivement. La séquence vidéo semble la mieux être celle qui est la plus appréciée. Cependant l'analyse statistique (test de Fisher) ne permet pas de conclure à un « avantage » de cette séquence en terme de qualité, ni à aucun effet de la séquence sur la perception de la qualité visuelle de la simulation.

Figure 16 : Profil qualitatif des séquences

Afin de dégager des données comparables, nous avons de nouveau regroupé les adjectifs qui pouvaient porter sur des aspects identiques. Les réponses relatives aux adjectifs « familier », « réaliste » et « cohérent », (opposé à « surprenant », « pas du tout réaliste » et « aberrant »), ainsi que « soigné » et « de bonne qualité » (opposé à « grossier » et « de mauvaise qualité ») ont été rassemblées. Cependant, ce regroupement de données ne permet pas de conclure qu'une des trois séquences soit significativement évaluée comme de meilleure qualité. On observe seulement des tendances en faveur de la séquence vidéo.

Enfin le dernier aspect que nous avons choisi de traiter pour établir un profil des séquences est le bruit de trafic perçu. Ici l'analyse statistique réalisée permet de mettre en évidence un effet significatif de la séquence avec $F_s(1,20); p = 0.0396$: le bruit perçu en condition vidéo est évalué comme plus faible que dans les conditions Réalité Augmentée ou Réalité Virtuelle, alors qu'en fait le niveau de bruit est constant quelle que soit la séquence projetée. En effet, il y a un effet de la séquence (test F) sur la paire

d'antonymes "Faible"/"Fort". Le test de l'étendue studentisée de Tukey montre une différence significative entre « vidéo » et « Réalité Augmentée » à 5 %.

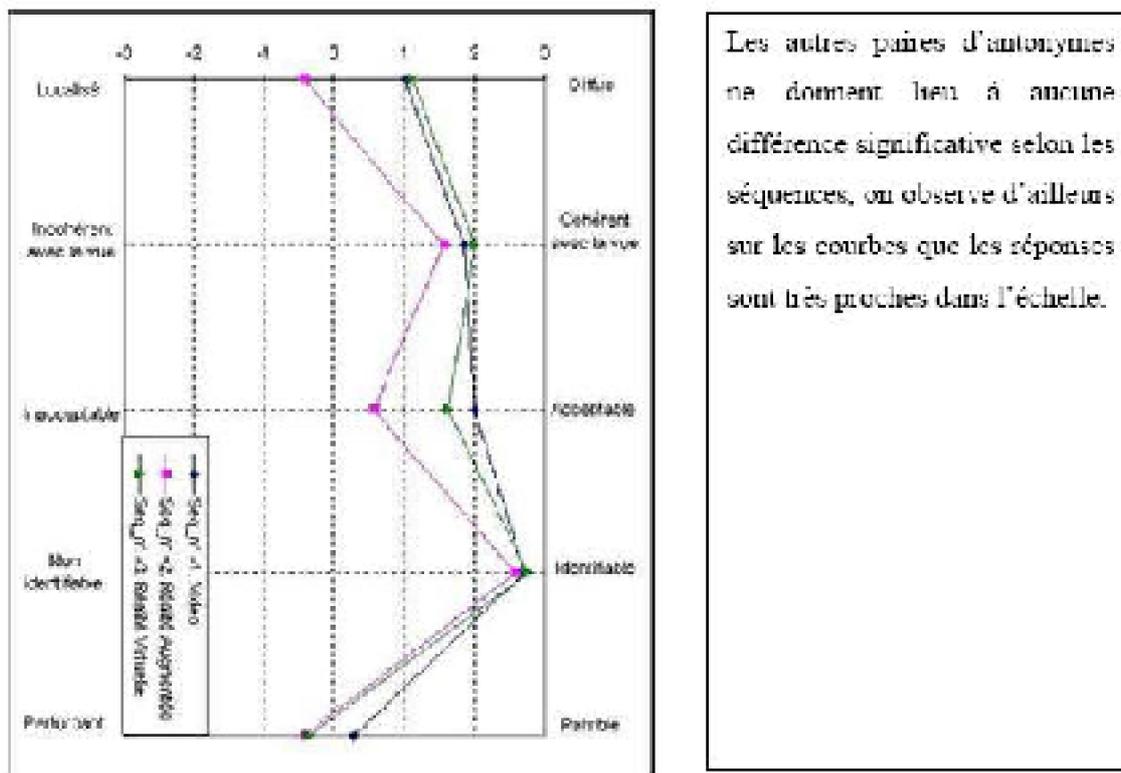


Figure 17 : Profil des séquences selon le bruit perçu

Les différentes tendances observées permettent d'argumenter pour conclure que la séquence la mieux perçue c'est-à-dire pour laquelle le paysage qualifié comme le plus positif, la qualité visuelle comme la « meilleure », le bruit perçu et décrit comme le moins perturbant fort ou gênant, et l'environnement global le plus agréable, correspond à la séquence vidéo.

7.2.3.a.3. Appréciation de l'intrusion visuelle de l'infrastructure dans le paysage

L'infrastructure représentée dans la séquence a globalement été qualifiée de moyennement intrusive, à 31.8% quelle que soit la séquence.

Les observations par séquence ont montré les résultats suivants :

En vidéo, les résultats montrent une perception très hétérogène. L'intrusion de l'infrastructure a été qualifiée de « nulle » à « très forte » par les riverains avec une répartition de 14.3 à 28.5 % dans toutes les possibilités de l'échelle qualitative (nulle, faible, moyenne, forte et très forte). En Réalité Augmentée, l'intrusion est décrite comme forte à 42.86%, avec des qualificatifs allant de « nulle » à « forte ». En Réalité Virtuelle, le niveau d'intrusion de l'infrastructure est perçu comme « moyen » à 50%, « faible » à 25% et « fort » à 25%. On n'observe aucune utilisation des qualificatifs extrêmes des échelles.

7.2.3.a.4. Gêne visuelle due à l'infrastructure dans le paysage

La gêne visuelle due à la présence de l'autoroute dans le paysage a été évaluée avec une échelle qualitative en cinq points, allant de « pas du tout » à « extrêmement ».

La présence de l'autoroute est globalement perçue comme moyennement gênante avec un taux de réponse à 31.8%.

Plus précisément, pour les personnes ayant vu la séquence vidéo : 42.8% ne sont « pas du tout » gênées, 28.6% le sont « légèrement », et 14.29% sont « moyennement » ou « beaucoup » gênées par la présence de l'autoroute dans le paysage.

Dans le cas des sujets ayant vu la séquence de Réalité augmentée, la gêne visuelle due à l'infrastructure est considérée comme moyennement gênante à 42.8 % ou pas du tout gênante à 28.6%.

Enfin les participants ayant été exposés à la séquence de réalité virtuelle (RV), la gêne due à la présence de l'autoroute dans le paysage est toujours considérée comme moyennement ou légèrement gênante, avec un taux de 37.5% pour chacun de ces deux qualificatifs.

La difficulté à faire ressortir une opinion caractéristique par séquence et par groupe nous a amenée à tenter de regrouper nos données en trois catégories au lieu de 5. Ont donc été associés : « pas du tout » et « légèrement », ainsi que « beaucoup » avec « extrêmement ». D'autre part, la notion de « moyenne » étant considérée comme à part, a été conservé telle quelle.

Des appréciations bien plus tranchées tendent alors à ressortir. La présence de l'infrastructure dans le paysage est plutôt considérée comme légèrement gênante. On observe cette tendance à 71.43% en vidéo, 43% en Réalité Augmentée, et 62.5% en Réalité de Virtuelle.

7. 2.3.a.5. Gêne due au bruit de trafic de l'autoroute

Une deuxième question sur la gêne due au bruit a été posée dans le questionnaire.

Elle concerne le bruit de trafic de l'autoroute. Celle-ci a été évalué avec une échelle qualitative en cinq points, allant de « pas du tout » à « extrêmement ».

Toutes séquences confondues, le bruit de trafic est globalement perçu comme moyennement gênant à 36.4%.

Plus précisément l'analyse par séquence révèle que la projection de la séquence vidéo a donné lieu à une évaluation de la gêne due au bruit comme moyennement gênante à 42.8%. Cependant le bruit de trafic a aussi été évalué comme pas du tout et légèrement gênant par 28.6% des effectifs dans chacun de ces deux cas. L'analyse des réponses en condition de projection « Réalité Augmentée » montre des résultats plus contrastés. Le bruit de trafic entendu est alors qualifié comme « beaucoup » gênant à 43%. Enfin en condition « Réalité Virtuelle », le bruit de trafic routier est perçu comme moyennement gênant par 50% des sujets et « pas du tout » gênant par 37.5%.

Face à ces résultats très dispersés, nous avons rassemblé nos données en trois catégories. Comme précédemment, « pas du tout » et « légèrement » ont été regroupés en une modalité, de même que « beaucoup » et « extrêmement ». On observe alors que le bruit de trafic routier est globalement évalué comme « légèrement » ou « moyennement » gênant par 50% des riverains.

Ces résultats reformulés par séquences montrent que le bruit de trafic est évalué comme

« pas du tout » ou « légèrement » gênant à 57.2% en condition vidéo (contre « moyennement » à 42.8%), à 42.8% en condition RA, à part égale avec « beaucoup ou extrêmement » gênant, et à 50% en condition Réalité Virtuelle, à part équivalente avec « moyennement » gênant.

Voir le tableau 30 de répartition des réponses ci-dessous :

Tableau 30 : Répartition des réponses à l'évaluation de la gêne due au bruit de trafic

	Séquences		
	Vidéo	RA	3D
Moyennement	42,80%	14,30%	50%
Pas du tout / Légèrement	57,20%	42,80%	50%
Beaucoup / Extrêmement	0%	42,80%	0%

Ces résultats ne révèlent pas de différence de perception de la gêne due à la présence de cette infrastructure dans l'environnement par séquence, que ce soit sur le plan visuel ou sur le plan sonore. De plus, aucun test d'analyse statistique n'a pu permettre de mettre en évidence d'effet ou de différence significative d'une séquence à l'autre.

7.2.3.a.6. Appréciation globale de l'environnement représenté par la simulation

L'environnement bimodal représenté par la simulation a globalement été perçu positivement par l'ensemble des sujets quelle que soit la séquence.

Cependant, même si l'on n'observe aucune différence significative entre les

séquences d'un point de vue statistique on constate des nuances dans les réponses en fonction de la séquence.

Les participants ayant vu la séquence vidéo qualifie l'environnement, d'un point de vue global, c'est-à-dire modalités sonore et visuelle confondues, comme très paisible à 43% ou paisible à 22.5%, mais aussi calme à 57%, et très agréable ou agréable à 28.5% (donc plus 57% au total). Les réponses attribuées aux antonymes satisfaisant/insatisfaisant sont plus difficiles à interpréter : 28.5% ont répondu « très satisfaisant », autant ont coché la case « satisfaisant » et le même nombre a choisi l'adjectif « très insatisfaisant ». Les autres sujets ne s'étant pas vraiment prononcés ont coché la médiane (ni l'un ni l'autre).

Les sujets ayant vu la séquence de Réalité Augmentée ont perçu l'environnement comme plutôt « stressant » à 28.5%, (avec aussi 14.5% pour un peu stressant et 28.5% pour la réponse ni l'un ni l'autre), mais aussi « bruyant » à 57%, et « désagréable » 43.5% (un peu désagréable à 14.3%, agréable à 28.6% et ni l'un ni l'autre à 14.3%) mais aussi « insatisfaisant » à 43.5% (ni satisfaisant ni insatisfaisant à 14.3%, mais aussi satisfaisant à 14,3% et très satisfaisant à 28,6%).

Enfin les sujets ayant été exposés à la séquence de réalité virtuelle ont perçu l'environnement comme « paisible » à 50%, « un peu bruyant » à 37.5% ou « bruyant » à 25%, globalement « insatisfaisant » à 37.5% mais « un peu satisfaisant » ou « satisfaisant » à 25%, tout en le qualifiant de « plutôt agréable », puisque 28.6 % ont coché les cases « agréable », autant que « un peu agréable » et que ceux ayant répondu « ni l'un ni l'autre ».

On constate que la séquence vidéo semble être celle qui est la mieux perçue, la plus appréciée par les riverains. C'est en effet celle qui représente le site et l'environnement concerné de la façon la plus probante, il est donc logique que les réponses données rappellent celles observées à domicile.

Les différents tests statistiques menés sur les données issues de ce questionnaire n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet significatif des séquences vues. Cependant l'analyse descriptive tend à confirmer les résultats et conclusion dégagé(e)s des données issues des tâches cognitives réalisées par les participants au LSEE et, ou à leur domicile.

7.2.4. Discussion

La plupart de ces résultats permettent de confirmer nos hypothèses.

Tout d'abord, concernant la tâche de catégorisation nous avons observé un effet du lien entre le contexte et les images à traiter, ceci que ce soit au domicile des participants ou au Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement, mais aussi pour les temps de latences comme pour les taux de bonnes réponses.

Les analyses réalisées par sujet sur les temps de réponses ne montrent pas toujours les mêmes effets que les résultats issus des analyses réalisées par item, qui elles montrent un effet du film présenté en arrière plan. Il existe en effet une grande variabilité inter sujet : cette population est en effet très éclectique du point de vue de l'âge, des

catégories socioprofessionnelles et de l'appréhension à utiliser un ordinateur ou à participer à une expérimentation. Toutefois les analyses par item permettent de réduire les effets de cette variabilité, jusqu'à mettre en évidence une interaction entre l'effet du facteur 'Film' projeté au laboratoire et l'effet du facteur 'Lien', malgré le peu de sujets par sous-groupe (le groupe riverains était constitué de 21 participants, 3 films étaient testés, ceci nous amène à 7 sujets par sous-groupe). Les effets des deux facteurs principaux ('Lien' des items avec le contexte, et 'Film' projeté) sont mis en évidence lorsqu'ils sont manipulés en tant que variable intra-sujet ou intra-item, mais plus lorsqu'il représente un facteur inter-sujet ou inter-item, car dans ce cas les variabilité inter-sujet et inter-item (respectivement dans l'analyse par sujet et dans l'analyse par item) persistent et gommant les effets attendus.

Cependant, les effets principaux mis en évidence par les deux types d'analyses, de même que l'existence des interactions film*Lien, puis les analyses réalisées pour comparer les effets des films pris deux à deux, mises en parallèle avec les pattern de résultats observés au domicile, sont en faveur de nos différentes hypothèses sur les effets de contexte, et la possibilité de les induire et de les observer en milieu réel comme en laboratoire de simulation. Ajoutées à cela les tendances qui se dégagent des résultats que nous n'avons pu confirmer, croisées aux analyses qualitatives réalisées par le biais des questionnaires, les arguments en faveur de nos hypothèses s'additionnent et, nous semble-t-il, permettent d'identifier une séquence plus adaptée que les deux autres pour induire un sentiment de Présence au laboratoire et inférer la mise en situation.

En effet, les latences, de même que les taux de bonnes réponses, croisés avec les réponses relevées par le biais des questionnaires, nous permettent de confirmer notre hypothèse selon laquelle l'immersion et le sentiment d'être Présent dans une scène, même fictive, activent différentes représentations relatives à la situation représentée ou simulée. Les performances à la tâche de catégorisation sont meilleures pour les images ayant un lien avec la situation dans laquelle le sujet est exposé, et ceci d'autant plus pour la séquence vidéo, qui s'avère aussi être la séquence la mieux perçue et celle pour laquelle le sentiment de Présence est décrit comme le plus élevé.

Les analyses réalisées sur les temps de détection des signaux sonores permettent aussi de confirmer notre seconde hypothèse qui est que plus le sentiment de Présence est délicat et compliqué à atteindre, plus les capacités attentionnelles du sujet sont mobilisées sur le film et la situation, et plus il est difficile de réengager son attention sur un événement étranger à la situation. En effet, les performances sont les meilleures pour la séquence vidéo, film pour lequel l'intensité du sentiment de Présence dans la scène est la plus forte.

Les comparaisons réalisées entre les résultats obtenus au domicile des sujets et en laboratoire ne permettent pas de conclure à un effet du lieu, c'est-à-dire à une différence significative entre le laboratoire et la situation réelle. Ce fait est toujours, pour nous, en faveur de la possibilité de recréer, de simuler la situation du « domicile » dans le laboratoire et d'attester de la capacité de cet outil à induire une mise en situation adéquate. Il semble donc fort probable que les données relevées et les mesures effectuées au laboratoire soient assez conformes aux observations qui peuvent être faites en milieu réel, et peuvent donc aider à prédire les réponses comportementales en

situation réelle.

B. Expérience principale - Deuxième partie : Expérience réalisée auprès du groupe contrôle

Le dispositif expérimental, l'équipement et le matériel de l'expérience réalisée au LSEE auprès du groupe contrôle sont identiques à ceux de l'expérience réalisée au LSEE auprès du groupe de riverains. Seules quelques adaptations ont été apportées à la consigne générale et au questionnaire de fin de session, puisque ces participants n'avaient pas été testés à leur domicile.

7.3. Expérimentation réalisée au LSEE

L'objectif de cette expérience était de tester et de comparer l'effet des différents types de simulation sur les performances aux différentes tâches cognitives ainsi que sur les réponses au questionnaire soumis. Enfin, la troisième intention était de fournir des éléments permettant de déterminer laquelle des simulations engendre chez un groupe dit « contrôle », ne résidant pas dans la zone simulée au laboratoire, les performances les plus superposables possible à celles observées auprès du groupe de Riverains. En d'autres termes, déterminer lequel des films, vidéo, RA ou RV, est le plus efficace pour induire le sentiment de présence dans l'endroit simulé et permettre une mise en situation de riverain potentiel.

Pour cela, la même expérience a donc été répliquée avec un groupe de sujets non résidants à Druillat.

7.3.1. Méthode et procédure

7.3.1.a. Participants

48 personnes volontaires et rémunérées ont participé à cette phase de l'expérience. Ce groupe était constitué de 24 femmes et 24 hommes âgés de 19 à 82 ans. 21 personnes parmi ces participants étaient appariées au groupe de riverains sur le plan du sexe, de l'âge et de la catégorie socioprofessionnelle.

7.3.1.b. Equipement et matériel

Le matériel utilisé pour les différentes tâches était en tous points le même que celui utilisé pour l'expérimentation du groupe de Riverains au LSEE.

Le Laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement, ainsi que les séquences utilisées pour simuler le contexte sont présentés dans ce même chapitre page

108 à 111 section 7.2.1.b.

7.3.1.c. Dispositif expérimental et procédure de passation

L'expérience a été réalisée selon le même protocole expérimental que celui imaginé pour le groupe de Riverains au LSEE. Seule la consigne générale a été adaptée : cette fois il était demandé au participant de se mettre dans la situation d'une personne riveraine d'une infrastructure de transport.

Le contexte dont nous nous efforçons de mesurer l'effet sur les performances aux différentes tâches était représenté par les trois types de séquences projetées selon le dispositif installé au LSEE (pour plus de précisions revoir section 7.2.1.b.2. pages 121 à 126 et Annexe E). Les différents tests cognitifs ont été réalisés sur un ordinateur Macintosh (e-mac G4) utilisant le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt & Provost, 1993). L'écran, d'une taille de 12 pouces, était réglé sur « millions de couleurs » avec une résolution de « 1024*768 » et une fréquence de balayage de 89 Hz.

7.3.1.c.1 Déroulement de l'expérience

La consigne principale donnée était toujours de s'imaginer à son domicile. Le sujet devait faire l'effort de se représenter la vue depuis la pièce comme étant celle qu'il avait de chez lui ; il devait par conséquent se visualiser lui-même dans la situation d'un riverain de l'infrastructure. Il était aussi prévenu qu'il allait avoir quelques minutes pour s'imprégner de l'environnement et tenter de s'y sentir présent. Le sujet était ensuite informé qu'à l'issue des quelques minutes d'immersion, il lui serait demandé de réaliser deux tests : une tâche de catégorisation et une tâche de détection de bips sonores. Il était aussi averti qu'une pause de 2 minutes lui permettrait entre ces deux tests de se recentrer sur l'environnement dans lequel il se trouvait, sur ses sensations et sur la consigne générale à savoir : s'imaginer vivre dans le lieu représenté dans le laboratoire. Les deux tâches étaient expliquées. De plus, il était assuré que les différentes consignes apparaîtraient par écrit en temps voulu sur l'écran de l'ordinateur portable placé devant lui, ce qui lui permettrait de se les remettre à l'esprit. Le participant était aussi averti que s'il ne s'apercevait pas qu'il était temps de commencer les différentes tâches, l'expérimentateur le préviendrait par l'intermédiaire d'un microphone. Une fois le participant installé et après s'être assuré qu'il n'avait plus de questions, l'expérimentateur quittait la pièce. Le temps total de passation de l'expérience était de 15 minutes au cours desquelles la séquence audiovisuelle (vidéo ou RA ou RV) était diffusée sans interruption

Le film était tout d'abord projeté seul, pendant 3 minutes. Puis par l'intermédiaire d'un microphone entre la régie et la salle expérimentale, l'expérimentateur demandait au sujet de lancer l'expérience. La première consigne apparaissait alors sur l'écran de l'ordinateur portable : le participant devait placer ses index sur les touches indicées par des gommettes 'Ob' et 'Nat' (correspondant toujours aux touches 'D' et 'K' du clavier) qui lui permettaient de donner sa réponse tout au long de l'expérience. Lorsque le sujet se sentait prêt il lançait le script et le test débutait (apprentissage, puis test). A l'issue de cette tâche un message mentionnant la fin du premier test, et donc le temps de pause,

s'affichait à l'écran. Après deux minutes, la consigne à la tâche de détection de bip apparaissait automatiquement. De même que pour les participants du groupe riverain, la consigne restait affichée jusqu'à ce que le sujet lance le test (soit spontanément, soit à la demande de l'expérimentateur, si nécessaire).

7.3.1.d. Procédure expérimentale du test 1 : tâche de catégorisation

7.3.1.d.1. Matériel

Les 72 images stimuli utilisées auparavant pour les tests réalisés avec les riverains ont été réutilisées (voir description précise page 89-90).

Le déroulement de l'expérience et des essais était identique à celui de l'expérience réalisée avec le groupe de Riverains. Pour chaque essai, un point de fixation apparaissait au centre de la partie inférieure de l'écran pendant 500 msec puis une image représentant un objet ou un élément naturel s'affichait jusqu'à la réponse du sujet (avant 1000 msec) ou au maximum 1000 msec.

La tâche du sujet était de déterminer le plus rapidement possible si l'image représentait un artefact ou un élément naturel. L'essai suivant débutait 1000 msec après la fin de l'essai précédent.

Plan expérimental

Le même plan expérimental a été réutilisé.

7.3.2. Résultats et Discussion

Rappel : comme pour les expériences précédentes, les données recueillies pour chacun des participants ont été traitées par le logiciel SuperAnova.

Des analyses de variance des latences moyennes et du taux de bonnes réponses ont été effectuées avec les facteurs items (notés F_i) et sujets (notés F_s) comme facteurs aléatoires. Des analyses séparées ont été réalisées sur les artefacts et sur les éléments naturels. Les analyses par sujets comportaient le facteur inter-sujets type de film et le facteur intra-sujets type d'item. Les analyses par items comportaient le facteur inter-items type d'items et le facteur intra-items type de film.

Les mêmes procédures de tri ont été utilisées. Les latences ont été choisies selon trois critères appliqués successivement : tout d'abord, seules les latences des bonnes réponses sont conservées ; ensuite, les latences inférieures à 150 msec et supérieures à 2500 msec sont écartées ; et enfin les latences s'écartant de plus de 2.5 écart-types de la moyenne sont éliminées. Les sujets pour lesquels plus de 10% des données sont supprimées sont remplacés.

7.3.2.a. Résultats à la tâche de catégorisation

7.3.2.a.1. Analyse des données concernant les images représentant des artefacts

Les résultats, temps de réponses en msec et taux de bonnes réponses concernant les stimuli représentant des artefacts, sont présentés dans les tableaux 31 et 32 ci-dessous, ainsi que dans les figures 18 et 19.

Analyse des latences

Tableau 31 : Résultats de l'expérience de catégorisation au LSEE : temps de réponse des non riverains en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	A Non R	AR	A RS
Film vidéo	899 (20)	867 (26)	827(19)
RA	740 (12)	720 (20)	701 (10)
RV	819 (15)	785 (19)	771 (11)

Les analyses de la variance réalisées sur les temps de réponse montre, pour les artefacts, un effet principal du facteur 'Lien' significatif dans l'analyse par sujets, $F_s(2,90) = 16.485$ et

$p < 0.001$, mais pas dans l'analyse par item, $F_i(2,33) = 3$; $p = 0.6$. Les temps sont significativement plus courts dans la condition Reliée à la situation (763 ms) que dans la condition Non reliée (818 ms, $F_s(1,90) = 32.47$ et $p < 0.001$) et dans la condition Reliée au Film (797, $F_s(1,90) = 11.98$ et $p < 0.001$) et dans la condition Reliée au Film que dans la condition Non reliée ($F_s(1,90) = 5.01$ et $p = 0.028$).

Au contraire les analyse révèlent un effet principal du facteur Film significatif dans l'analyse par item, $F_i(2,66) = 119.9$ et $p = 0.0001$, mais pas dans l'analyse par sujets, $F_s(2,45) = 2.18$ et $p = 0.12$. L'interaction Lien * Film n'est significative dans aucune des analyses. Mis à part pour la séquence vidéo, où la différence entre les temps de catégorisation des éléments non reliés et des éléments reliés est infime, on observe bien que les temps concernant les éléments reliés sont plus courts que ceux des éléments non reliés et les temps relatifs au éléments reliés à la situation (en fait à la consigne) sont encore plus courts que pour les deux autres types d'artefacts.

La différence entre les analyses par sujets et par items peuvent s'expliquer de la même manière que dans les analyses précédentes.

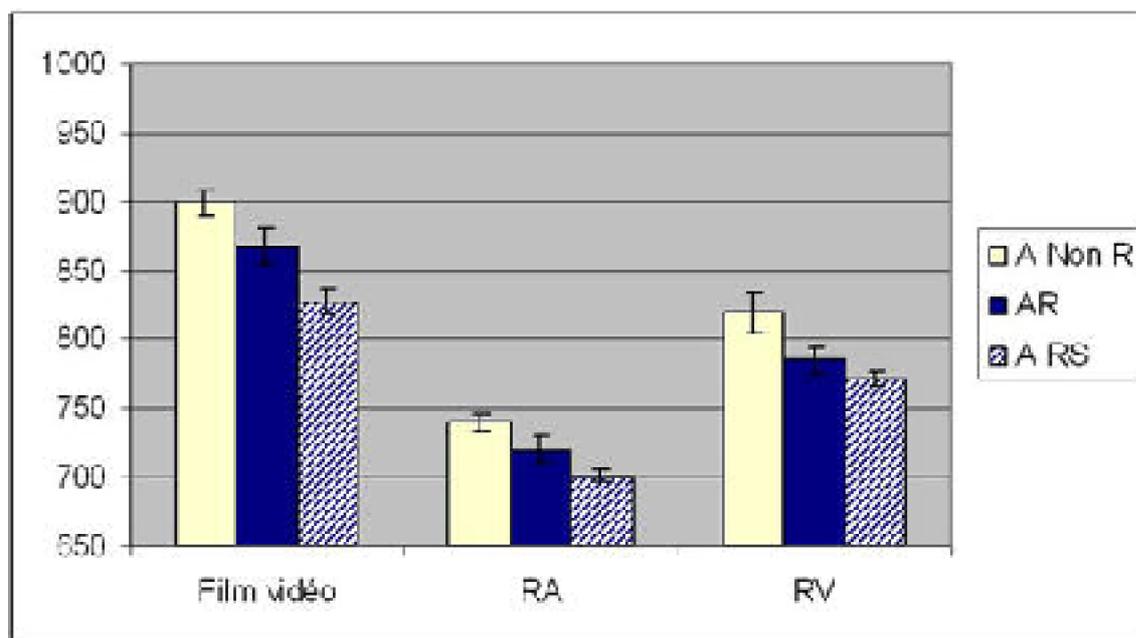


Figure 18 : Représentation graphique des temps de réponses observés pour le groupe contrôlé au LSEE en msec par catégorie d'artefacts et par film

Analyse des taux de bonnes réponses

Tableau 32 : résultats de l'expérience de catégorisation au LSEE : taux de bonnes réponses en pourcentage (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	A Non R	AR	A RS
Film vidéo	90% (15)	84% (24)	89% (15)
RA	88% (34)	93% (25)	95% (25)
RV	93% (12)	92% (15)	96% (14)

Concernant les taux de bonnes réponses recueillies pour catégoriser les artefacts, seule l'analyse par sujets a révélé effet principal du Lien significatif, $F_s(2,45) = 14.088$; $p < 0.001$, et une interaction Lien * Film, $F_s(4,90) = 5.2$ et $p < 0.001$.

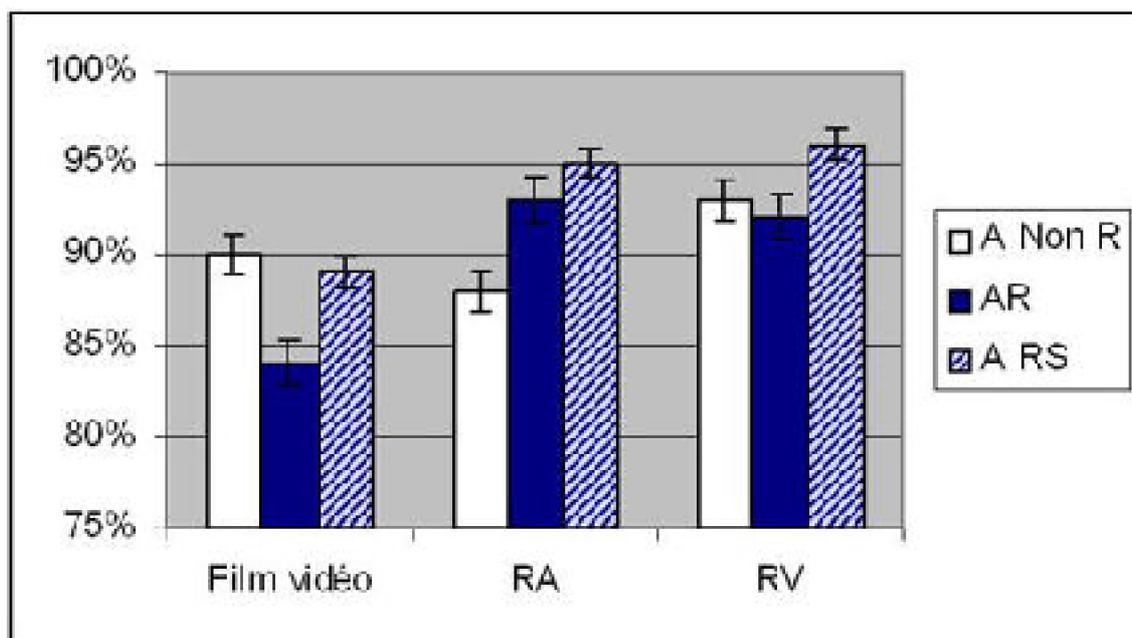


Figure 19 : Représentation graphique des taux de bonnes réponses observés au LSEE chez le groupe contrôle par catégorie d'artefacts et par film

Seule la séquence de Réalité Augmentée permet d'observer le pattern de réponse typique, c'est-à-dire des taux de bonnes réponses plus élevés à la fois pour les éléments artéfactuels reliés à la séquence et à la situation, que pour les éléments non reliés. L'analyse de contraste menée deux à deux montre une différence significative entre les éléments reliés et non reliés avec $F_s(1, 32) = 9.98$ et $p = 0.0034$, une différence RS/NR avec $F_s(1, 32) = 21.95$ et $p = 0.0001$, mais aucune différence significative entre les catégories R et RS ($F_s(1, 32) = 2.324$ et $p = 0.137$).

En condition vidéo, le taux de bonnes réponses est le plus bas pour la catégorie reliée au Film, puis pour les non reliés et enfin maximum pour les éléments reliés à la situation (les comparaisons faites deux à deux sont toutes significatives, $F_s(1, 30) = 5.53$ et $p = 0.025$, pour NR/RF, $F_s(1, 30) = 4.58$ et $p = 0.04$, pour NR/RS, et ($F_s(1, 30) = 20.18$ et $p < 0.001$ pour RF/RS). En réalité Virtuelle, aucune différence significative n'est apparue.

Il semble donc que seule la séquence de Réalité Augmentée montre les effets significatifs attendus, c'est-à-dire des taux de bonnes réponses plus élevés pour les éléments reliés au contexte représenté par le film ou à la situation.

7.3.2.a.2. Analyse des données concernant les images représentant des éléments naturels

Analyse des latences

Les résultats observés concernant les éléments naturels montrent des temps moyens de réaction à peine plus courts pour les éléments reliés par rapport aux non reliés (voire plus long en vidéo).

Tableau 33 : temps de réponse des non riverains relevés pour les éléments naturels en msec (les erreurs

standards sont indiquées entre parenthèses)

	N non R	N R
Film vidéo	833 (23)	851 (20)
RA	707 (13)	705 (11)
RV	752 (15)	751 (14)

Mais, si l'analyse de la variance réalisée par sujet ne permet pas de conclure, celle menée par item montre un effet principal significatif du facteur 'Film' avec $F(2,34) = 96.56$ et $p = 0.0001$. D'évidence, les participants sont plus rapides pour réaliser la tâche de catégorisation lorsque la séquence projetée dans la fenêtre du laboratoire est la séquence de Réalité augmentée ou la séquence de réalité Virtuelle. Lorsqu'ils sont face au film vidéo, les latences sont plus longues.

Cependant, comme l'Anova réalisée par sujet n'a pas permis de mettre en évidence d'effet du facteur 'Lien' ni du facteur 'Film', il semble qu'il y ait une forte variabilité inter-sujet, qui gomme les différents effets. Cette variabilité disparaît si l'on fait une analyse par item.

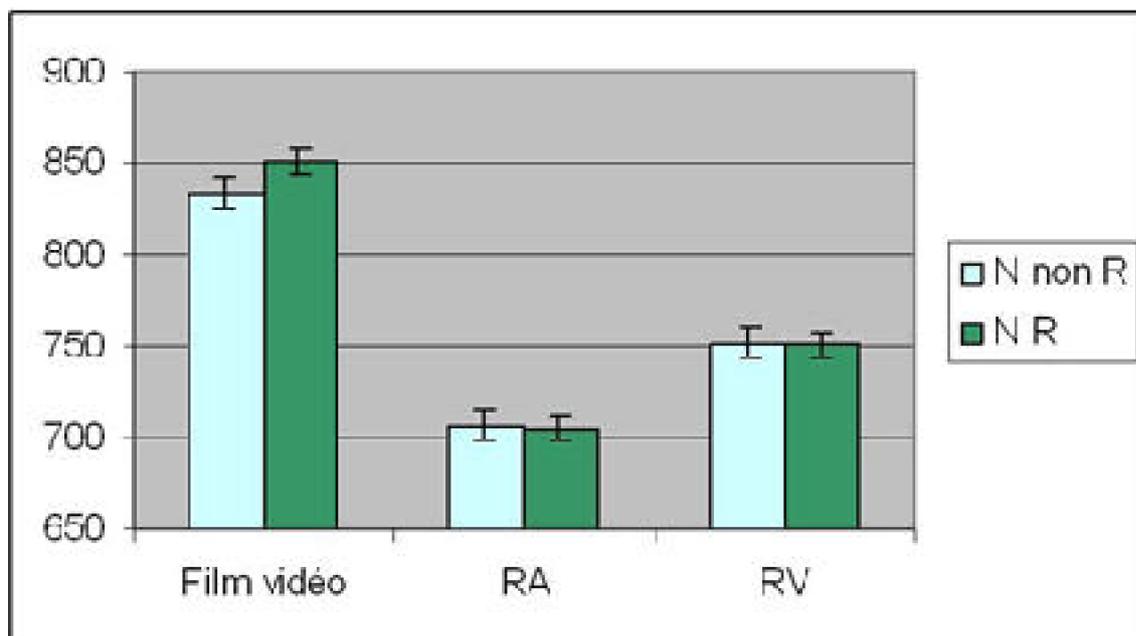


Figure 21 : Représentation graphique des taux de bonnes réponses observés au LSEE chez le groupe contrôle par catégorie d'éléments naturels et par film

Cette interaction vient du fait que les taux de bonnes réponses sont significativement plus élevés pour les éléments reliés en condition film vidéo et Réalité Augmentée (respectivement $F_s(1,15) = 13.05$ et $p = 0.0026$ et $F_s(1,16) = 28.281$ et $p = 0.0001$) alors que ce n'est plus le cas en condition RV ($F_s(1,14) = 0.943$ et $p = 0.34$).

Là encore, ces nouveaux résultats sont en faveur du fait que la séquence de Réalité Augmentée est la condition dans laquelle on observe le mieux le pattern typique de résultats.

7.3.2.b. Résultats à la tâche de détection de signaux sonores

L'objectif de cette expérience était de consolider les résultats de la tâche de catégorisation en testant et comparant l'effet des différents types de simulation sur les capacités attentionnelles. L'expérience réalisée auprès du groupe de riverains a été répliquée avec ce groupe contrôle.

Analyse des latences

Les résultats, temps de détection en millisecondes, sont présentés dans le tableau 35 ci-dessous et la figure 22 (page suivante).

Tableau 35 : Temps de réaction à la détection de bip au LSEE pour le groupe contrôle (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	Video	RA	D3
bip1	590	521	367
bip2	321	304	327
bip3	333	281	343
bip4	434	422	511
bip5	450	387	399
bip6	353	330	362
bip7	377	386	351
bip8	340	333	305
bip9	354	284	296
bip10	358	317	327
bip11	331	295	308
bip12	505	373	360
bip13	352	359	309

L'analyse de la variance réalisée par item montre un effet principal du facteur film avec $F(2, 22) = 3.942$; $p = 0.03$. Contrairement au groupe de riverains, les participants de ce groupe contrôle sont moins performants en vidéo, et plus rapides pour la séquence de réalité virtuelle.

L'analyse de la variance réalisée par sujets ne permet pas de mettre en évidence d'effet du film. La variabilité inter sujet est là encore très importante. Nous ne nous attardons pas sur cette analyse.

L'analyse de contraste réalisée deux à deux pour comparer les films, montre une différence significative entre la vidéo et la RA avec $F(1, 22) = 2.366$ et $p = 0.0264$, et entre la vidéo et la Réalité Virtuelle avec $F(1, 22) = 2.492$ et $p = 0.02$. Néanmoins, il n'y a pas d'effet du film, c'est-à-dire de différence significative, entre les séquences de RA et de RV ($p = 0.9$, ceci même si les sujets semblent être plus rapides en condition Réalité Virtuelle).

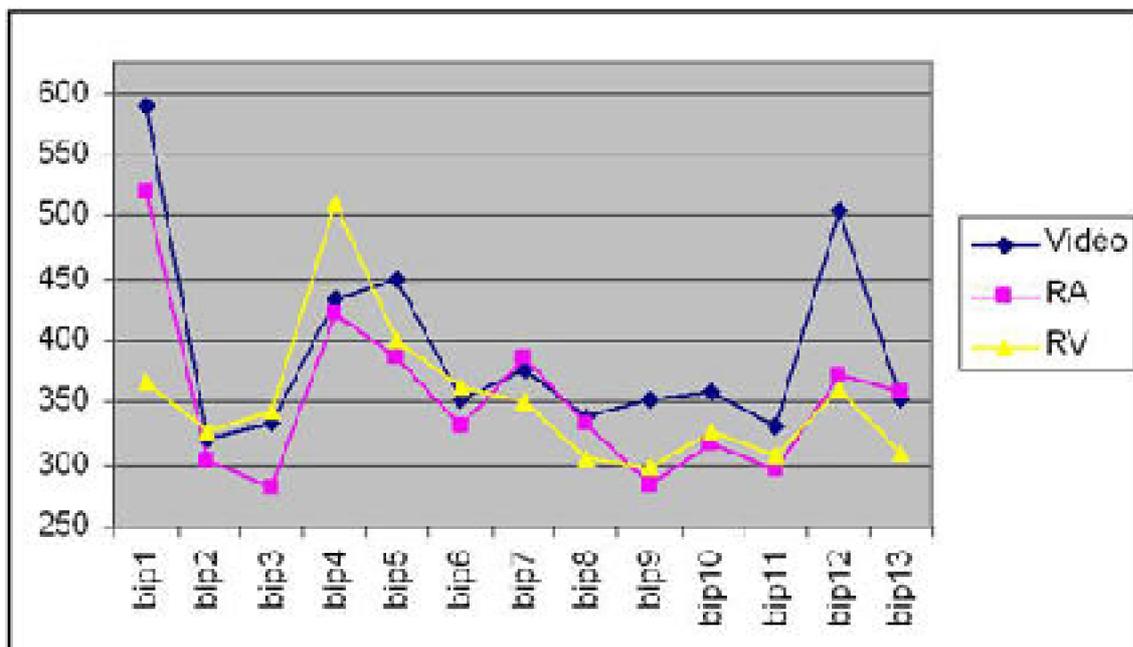


Figure 22 : Représentation graphique des temps de détection observés par film en msec

Les courbes de résultats permettent d'observer qu'en deuxième partie de la tâche, lorsque les participants sont supposés être bien imprégnés de l'environnement, leurs performances s'améliorent pour les conditions RA et RV, mais pas en condition film vidéo.

En effet, si l'on supprime de l'analyse le 1er des bips, pouvant être considéré comme un entraînement, et que l'on partage les 12 suivants en deux groupes pour créer une partie 'début' et une partie 'fin', on observe alors un effet principal du film avec $F(2,22) = 5.264$ et $p = 0.01$ ainsi qu'une interaction significative Film*Bloc(début/fin) avec $F(2,22) = 3.496$; $p = 0.04$.

En effet, les sujets s'améliorent dans les conditions Réalité Augmentée et Réalité Virtuelle, mais pas en vidéo ; comme si dans cette condition vidéo, les sujets étaient en permanence mobilisés sur l'effort de Présence, et que leurs ressources attentionnelles ne soient pas vraiment disponibles pour la tâche de détection. Ils ne peuvent donc s'améliorer.

Les comparaisons de moyennes (test de Fisher) réalisées pour comparer les séquences deux à deux montrent :

Une différence significative entre la vidéo et la RA avec $F(1,22) = 3.154$ et $p = 0.005$, de même qu'une différence significative entre la vidéo et la RV avec $F(1,22) = 2.237$ et $p = 0.036$, mais aucune différence significative entre la RA et la RV.

Cette analyse « début/fin » n'a pu être menée pour le groupe de riverains car, dans ce groupe, les sujets s'améliorent extrêmement rapidement en condition film vidéo (ceci dès le 4ème bip).

En conclusion, si l'on considère que la présence et l'immersion sont les plus fortes lorsque l'effort qu'elles nécessitent mobilise moins de ressources attentionnelles, et qu'alors les sujets sont plus disponibles pour se réengager dans une tâche de détection, les résultats à cette tâche vont dans le même sens que ceux observés en catégorisation.

Ainsi il semble que pour ce groupe dit « non-riverains » ou « contrôle », la séquence la plus adaptée pour induire le sentiment de Présence soit la séquence de Réalité Augmentée.

7.3.3. Evaluation qualitative.

Le Questionnaire :

Rappelons que l'objectif du questionnaire reste l'évaluation explicite des environnements simulés présentés aux participants, mais aussi de mettre en relation les données issues de ces questionnaires avec les données objectives issues des tests de performances cognitives : tâche de catégorisation et détection de bip. De plus, pour une partie du groupe (ceux qui furent appariés et considérés comme représentatifs du groupe de riverains) le but est de permettre la comparaison entre les deux groupes.

Ce dernier questionnaire a été élaboré à partir des questionnaires déjà utilisés lors des études réalisées auprès des riverains au LSEE. Les différentes parties des questionnaires ont par conséquent été construites afin de permettre des comparaisons en fonction des séquences projetées au laboratoire et des groupes de sujets (groupe de riverains de Druillat et groupe contrôle).

Ainsi, comme pour l'autre groupe, la plupart des questions qualitatives sont basées sur la méthode des différentiateurs sémantiques. Pour caractériser la perception de l'environnement présenté, les personnes interrogées devaient se prononcer à partir des descripteurs constitués de séries de paires d'adjectifs de sens opposé placées de part et d'autre d'une échelle en 7 points.

Les autres questions fermées portant sur l'évaluation sont des questions à choix multiples.

Aucune question ouverte n'a été utilisée pour ce questionnaire.

Le questionnaire au LSEE :

De même que pour le précédent groupe testé, le questionnaire élaboré pour ce test au laboratoire se compose de 32 questions réparties sur 3 questionnaires, un pour chacune des séquences :

- Pour la première partie portant sur la première séquence de 15 minutes : 15 questions dont 13 fermées à choix multiples ou proposant des échelles qualitatives ou quantitatives (évaluation d'intensité), et 2 questions constituées par l'attribution d'une note sur 10.
- 8 questions (6 fermées et 2 notes sur 10) pour le second questionnaire
- 9 questions (7 fermées et 2 échelles numériques continues) pour la troisième et dernière partie.

Les questions ont été conçues selon 7 thèmes pour le premier questionnaire, et 4 thèmes pour les questionnaires 2 et 3.

Pour le premier questionnaire, portant sur la première séquence d'une durée de 15 minutes, les différents thèmes étaient :

- L'évaluation du paysage
- L'appréciation de la qualité visuelle de la séquence
 - L'estimation du niveau d'intrusion visuelle de l'infrastructure de transport et de ses aménagements dans le paysage ainsi que l'évaluation de la gêne visuelle due à cette infrastructure sont basées sur deux questions à choix multiples.
- L'évaluation du bruit
 - Le repérage d'éléments visuels et sonores : afin de déterminer si les participants étaient restés attentifs à la séquences
 - L'effort d'imagination et de Présence, avec entre autre les deux avant-dernières questions permettent aux participants d'auto évaluer la Présence ressentie
- L'appréciation globale de l'environnement perçu

Les résultats du questionnaire

Les résultats de ce questionnaire nous permettent de réaliser une analyse descriptive et apportent des données qualitatives complémentaires aux données issues des tâches cognitives utilisées dans le protocole expérimental.

Les résultats sont présentés de la même façon et dans le même ordre que les résultats du questionnaire réalisé au LSEE auprès du groupe de riverains.

7.3.3.a. Le sentiment de Présence.

Pour aborder les questions relatives au sentiment de Présence, nous avons tout d'abord voulu savoir si les participants estimaient avoir pu répondre à la consigne principale de l'expérimentation, qui était de s'approprier l'environnement pour s'y projeter et s'imaginer vivre dans le site représenté par la simulation.

Questions d'évaluation explicite.

Deux questions ont été posées sous forme de propositions auxquelles les sujets répondaient à l'aide d'une échelle d'accord - désaccord. Ces questions étaient : « Pensez-vous avoir réussi à vous projeter dans la scène ? » « Pensez-vous avoir réussi à vous imaginer vivre dans le site simulé ? »

Les participants pouvaient donc répondre « tout à fait d'accord », « plutôt d'accord », « plutôt pas d'accord » ou « pas du tout d'accord » au deux déclarations suivantes : « j'ai réussi à me projeter dans la scène » et « j'ai réussi à m'imaginer y vivre ».

A la première proposition sur la projection dans la scène, les sujets ont globalement répondu « tout à fait d'accord » : à 60.4%.

Tableau 36 : Réponses en % par séquence à la question «avez-vous réussi à vous projeter dans la scène»

	Séquences		
	video	RA	RV
Plutôt pas d'accord	6,25%	5,88%	13,33%
Plutôt d'accord	62,50%	70,59%	46,67%
Tout à fait d'accord	31,25%	23,53%	40%
NSP	0%	0%	0%

Concernant l'analyse par séquence, remarquons avant tout qu'aucun des participants ne s'est jamais prononcé comme « pas du tout d'accord », et ce, quelle que soit la séquence projetée. En condition vidéo, les réponses sont globalement positives. 62.5% les participants se sont déclarés « plutôt d'accord » et 31.25% « tout à fait d'accord » (1 seule personne sur les 16 du groupe s'est déclarée « plutôt pas d'accord »).

En condition de projection de la séquence de Réalité Augmentée, les participants semblent s'être aussi très bien projetés puisque 70.6% se sont déclarés « plutôt d'accord » et 23.5% « tout à fait d'accord » (à nouveau 1 seule personne sur 16 s'est déclarée « plutôt pas d'accord »).

Enfin c'est la condition correspondant à la séquence de Réalité Virtuelle qui a probablement permis la meilleure projection des participants puisque 47% d'entre eux ont répondu « plutôt d'accord » et 40 % « tout à fait d'accord » (13% ont affirmé être « plutôt pas d'accord »).

Les participants semblent s'être plutôt bien projeté dans la scène, quelle que soit la séquence, et aucun test statistique n'a permis de mettre en évidence de différence significative entre les séquences concernant cette question.

Cependant, comme il était difficile de faire ressortir une opinion caractéristique mettant en évidence un effet de la séquence, les données ont été rassemblées. Nous avons regrouper les affirmations « d'accord » d'un côté (« tout à fait d'accord » et « plutôt d'accord ») et les affirmation de « désaccord » par ailleurs (« pas du tout d'accord » et « plutôt pas d'accord »).

On observe alors un accord global avec la proposition, quelle que soit la séquence projetée, puisque : les personnes ayant vu la séquence vidéo sont d'accord avec la proposition « j'ai réussi à me projeter dans la scène » à 93.75%, ainsi que 94,.5% de celles ayant vu la séquence de Réalité Augmentée, et 86.6% de participants ayant vu la séquence 3D.

Les participants semblent donc s'être très bien projeté dans la scène, quelque soit la séquence, et là encore, aucun test statistique n'a permis de mettre en évidence de différence significative entre les séquences concernant cette question.

A la première proposition sur le fait de s'imaginer vivre dans le lieu simulé, les non riverains sont « plutôt d'accord » à 43,75%.

Tableau 37 : Réponses en %par séquence à la question «avez-vous réussi à vous imaginer vivre dans le site simulé»

--	--

	Séquences		
	video	RA	RV
Plutôt pas d'accord	6,25%	5,88%	13,33%
Plutôt d'accord	62,50%	70,59%	46,67%
Tout à fait d'accord	31,25%	23,53%	40%

L'analyse par séquence révèle que les sujets semblent hésiter à se positionner sur une opinion extrême. En condition vidéo, 43.75% d'entre eux se sont déclarer « plutôt d'accord » avec la proposition « j'ai réussi à m'imaginer vivre dans ce lieu », et 37.5% « plutôt pas d'accord ». Suite à la projection de la séquence de Réalité Augmentée, 70.6% des participants ont expliqué être « plutôt d'accord » avec la proposition, alors qu'en condition Réalité de Virtuelle (ou 3D), 53.3% se sont positionné comme « plutôt pas d'accord », 13.33% « plutôt d'accord » et 33.3% « tout à fait d'accord ».

De la même façon que pour l'analyse des réponses d'accord à la question précédente sur la projection du sujet dans le lieu, les données ont été regroupées en deux catégories : accord versus désaccord.

Ainsi, c'est à la suite de la projection de la séquence en Réalité Augmentée que les participants du groupe contrôle parviennent le mieux à s'imaginer vivre dans le site avec 82.35% des réponses. Ils sont ensuite plutôt d'accord avec la proposition après avoir vu le film vidéo avec 56.25% de réponse, alors qu'en condition RV il leur semble être plus difficile d'être d'accord avec la proposition puisque : 53.3% de réponses « plutôt pas ou pas du tout d'accord » contre 46.7% d'accord.

Aucun test statistique n'a pu mettre en évidence de différence significative entre les séquences et les groupes. Cependant les tendances semblent renforcer les conclusions ressortant des observations faites sur les tâches cognitives. La séquence Réalité Augmentée paraît être la plus appropriée à la mise en situation des non riverains.

On notera que sur cette question particulièrement, les réponses du groupe présentent un schéma très différent de celui observés chez le groupe de riverains (voir section 7), quasi inverse.

Evaluation basée sur les échelles numériques

A la question posée sur le sentiment de Présence ressentie au laboratoire, évalué par l'attribution d'une note sur 10 par le sujet, aucun effet de la séquence n'a pu être mis en évidence.

Les participants semblent globalement s'être sentis assez présents dans la scène avec une note moyenne globale de 7.05/10. En effet quel que soit le type de film présenté : les notes moyennes attribuées sont 7.44 en vidéo, 6.94 en RA et 6.8 en RV.

La répartition des notes attribuées n'a pas permis de mettre en évidence un effet significatif de la séquence. En effet la séquence vidéo a induit un sentiment de Présence évalué en moyenne à 7.4 sur 10, avec des notes allant de 6/10 à 10/10. Les notes attribuées au sentiment de Présence suite à la projection de la séquence de RA allaient de 4/10 à 10/10, donnant une moyenne de 6.94/10. Les notes émises suite à la séquence de RV se répartissent de 3/10 à 10/10 pour une moyenne de 6.8/10. Les répartitions sont

présentées dans le tableau suivant :

Tableau 38 : Répartition des notes de Présence pour le groupe Contrôle – non riverain

NOTE	Séquences			
	Vidéo	R.A.	R.V.	Total
3	0,00%	0,00%	6,67%	2,08%
4	0,00%	11,76%	13,33%	8,33%
5	0,00%	5,88%	0,00%	2,08%
6	18,75%	17,65%	6,67%	14,58%
7	31,25%	23,53%	40,00%	31,25%
8	43,75%	29,41%	20,00%	31,25%
9	0,00%	5,88%	6,67%	4,17%
10	6,25%	5,88%	6,67%	6,25%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Mise en situation de riverain.

L'analyse de la question portant sur la sensation d'être comme chez soi, ou d'avoir eu l'impression d'être comme chez soi, n'a pas non plus permis de mettre en évidence d'effet de la séquence, quel que soit le groupe. Cependant, l'analyse du coefficient de corrélation entre cette question et celle portant sur le sentiment de Présence a bien montré que ces deux questions étaient globalement corrélées.

Plus précisément, si chez les riverains on observe une corrélation entre le sentiment de Présence et la sensation d'être comme chez soi, pour les séquences de RA et de RV, chez les non riverains, les réponses à ces deux questions sont corrélées pour les séquences vidéo et Réalité Virtuelle, mais pas pour la Réalité Augmentée.

7.3.3.b. Evaluation des séquences.

Profil des séquences

L'analyse par profil des séquences (questions basées sur la méthode des différenciateurs sémantiques), n'a pas permis de mettre en évidence de réelles différences entre les séquences ; ceci quel que soit les groupes ou les types de profil : paysage, qualité visuelle de la séquence, ou évaluation du bruit perçu.

Le paysage représenté dans les différentes simulations a globalement été perçu comme « positif ».

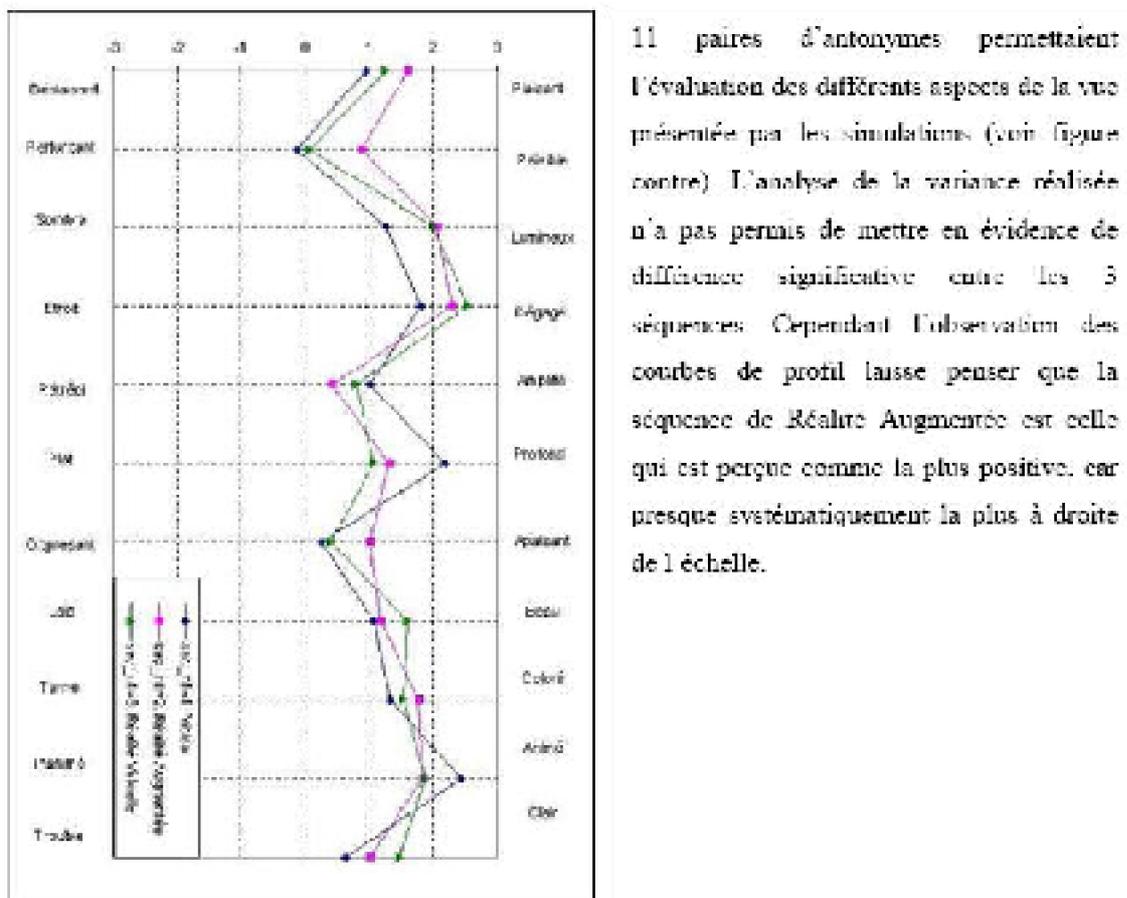
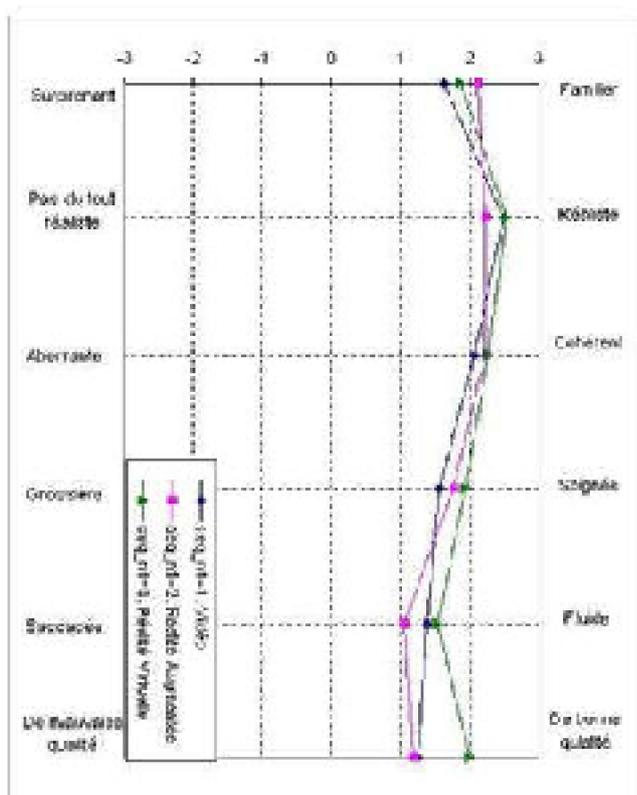


Figure 23 : Profil paysager des séquences

Figure 23 : Profil paysager des séquences

De même que pour l'analyse des résultats observés chez le groupe de riverains, nous avons réuni les réponses relatives aux adjectifs « plaisant », « paisible » et « apaisant » (opposés à « déplaisant », « perturbant » et « oppressant »), ainsi que « dégagé » et « profond » (opposés à « étroit » et « plat »). Cependant, ce regroupement ne permet toujours pas de conclure à un effet de la séquence sur l'évaluation du paysage.

Les réponses obtenues aux questions portant sur la qualité visuelle des séquences nous amènent aux mêmes observations que pour l'appréciation de l'évaluation du paysage.



Là aussi les séquences ont été perçues et évaluées plutôt positivement. Les courbes sont très proches, il est difficile de pouvoir identifier quelle séquence est la mieux perçue ou la plus appréciée. De plus, l'analyse statistique (test de Fisher) ne permet pas non plus de conclure.

Figure 24 : Profil qualitatif des séquences

Afin de dégager des données comparables, nous avons rassemblé les adjectifs qui pouvaient porter sur des aspects identiques. Ont donc été regroupées : les réponses relatives aux adjectifs « familier », « réaliste » et « cohérent », (opposé à « surprenant », « pas du tout réaliste » et « aberrant »), ainsi que « soigné » et « de bonne qualité » (opposé à « grossier » et « de mauvaise qualité »). Cependant aucun résultat significatif ni aucune tendance ne peut être dégagé de ces analyses.

Enfin, le dernier aspect traité pour établir un profil des séquences était le bruit de trafic perçu. L'analyse de la variance réalisée (test de Fisher) ne permet pas de mettre en évidence un effet significatif de la séquence, même si l'observation de la courbe incite à croire que le bruit perçu pendant la projection de la séquence de Réalité Augmentée soit celui qui soit évalué comme le plus acceptable et le plus paisible.

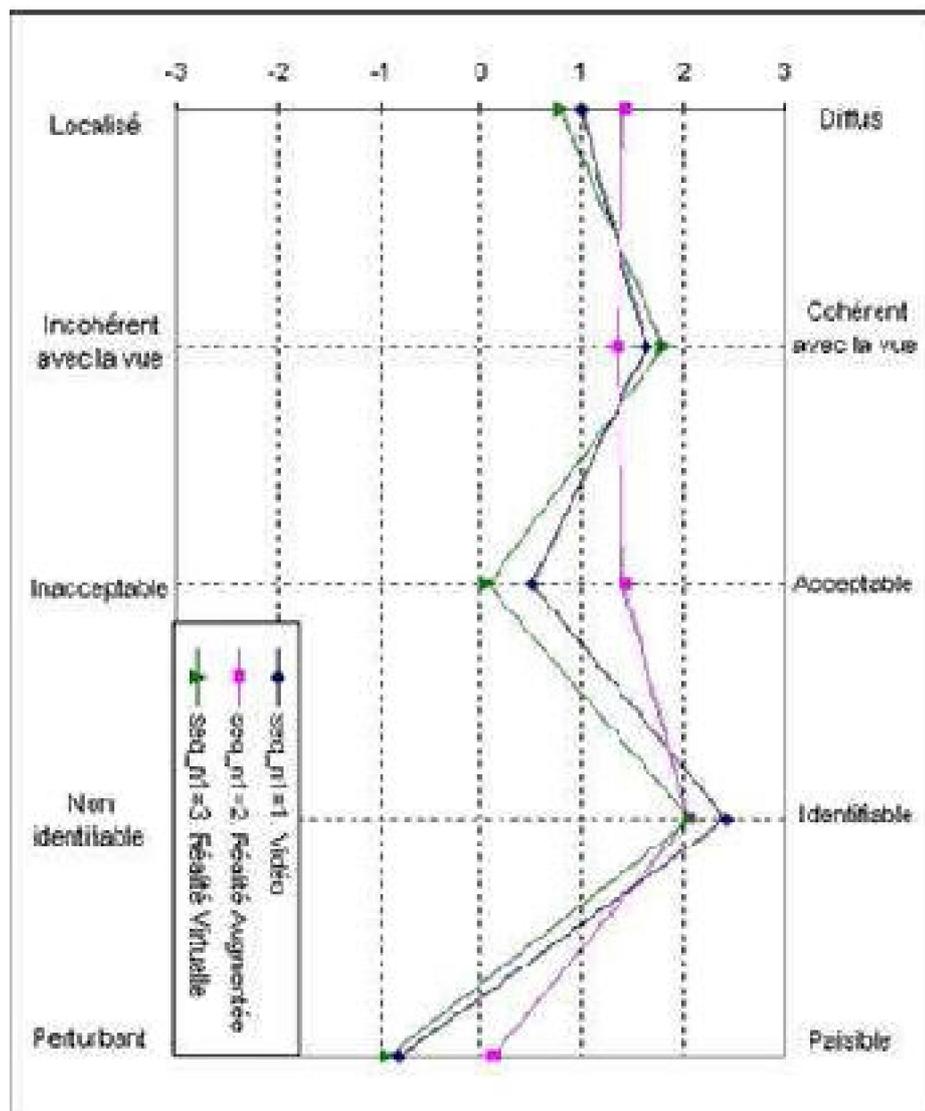


Figure 25 : Profil des séquences selon le bruit perçu

Malgré le fait que les différentes analyses réalisées ne permettent pas de conclure, il nous semble possible d'argumenter en faveur d'une tendance : la séquence la mieux perçue c'est-à-dire celle pour laquelle le paysage est qualifié comme le plus positif, la séquence de la meilleure qualité visuelle, le bruit le moins perturbant fort ou gênant, et l'environnement global le plus agréable correspond à la séquence de Réalité Augmentée.

7.3.3.c. Appréciation de l'intrusion visuelle de l'infrastructure dans le paysage

L'infrastructure représentée dans la séquence a globalement été qualifiée de moyennement intrusive par 37.5% des participants.

Les observations par séquence ont montré les résultats suivants :

En vidéo, l'intrusion a été décrite comme faible à très forte, avec 31.25% des

réponses pour chacun des qualificatifs faible, moyen et fort, et 6.25 % pour très forte.

En RA, le groupe de participants décrit un niveau d'intrusion moyen à 53%, mais utilise les qualificatifs allant de nul à fort (pas d'utilisation de « très fort »).

En RV, le groupe considère le niveau d'intrusion de l'infrastructure comme faible à 33%, moyen à 26.6% et fort à 20%, utilisant quand même les extrêmes « nul » et « très fort » à taux peu élevé (respectivement 6.7% et 13.3%).

7.3.3.d. Gêne visuelle due à l'infrastructure

La gêne visuelle due à la présence de l'autoroute dans le paysage a été évaluée avec une échelle qualitative en cinq points, allant de « pas du tout » à « extrêmement ».

La présence de l'autoroute a été globalement perçue comme « légèrement gênante » par 29.2% des non riverains.

Pour le groupe ayant vue la séquence vidéo, on observe que :

31.25% considèrent la gêne visuelle de l'infrastructure comme « pas du tout gênante » et 37.5% comme « beaucoup » gênante ; le reste des effectifs se répartissant entre « légèrement » et « moyennement » avec respectivement 18.75 et 12.5%.

Pour la séquence de Réalité augmentée, les sujets considèrent la présence visuelle de l'infrastructure comme « moyennement » ou « légèrement » gênante, avec 35.3% des effectifs dans les deux cas.

Pour les séquences en réalité virtuelle (3D), la gêne due à la présence de l'autoroute dans le paysage est considérée « légèrement » gênante à 33.33%, « pas du tout » ou « beaucoup » gênante à 26.7%, et « moyennement » ou « extrêmement » gênante à 6.7%.

La difficulté à faire ressortir une opinion caractéristique par séquence nous a amené à rassembler les données en trois catégories au lieu de 5. Nous avons regroupé « pas du tout » et « légèrement », ainsi que « beaucoup » avec « extrêmement », considérant la notion de « moyenne », et donc l'attribut « moyennement » comme à part.

Des appréciations bien plus fortes tendent alors à faire ressortir que : la présence de l'infrastructure dans le paysage est plutôt considérée comme étant « légèrement » gênante. En effet, cette gêne visuelle est considérée comme « légère » ou « nulle » à 50% en vidéo, 53% en Réalité Augmentée et 60% en RV.

7.3.3.e. Gêne due au bruit de trafic de l'autoroute

Concernant le bruit de trafic de l'autoroute, une question sur la gêne due au bruit perçu a été posée. L'évaluation de cette gêne était réalisée à l'aide d'une échelle qualitative en cinq points, allant de « pas du tout » à « extrêmement » gêné.

La gêne due au bruit a autant été qualifiée comme nulle (29% des effectifs, soit 14 réponses sur 48) que comme légère (27%, avec 13 réponses sur 48), ou encore comme beaucoup gênante (25%).

Plus précisément, l'analyse par séquence révèle que la projection de la séquence

vidéo a donné lieu à une évaluation de la gêne comme moyennement gênante à 37.5%, et légèrement gênant à 31.25%.

L'analyse des réponses en condition de projection « Réalité Augmentée » montre des résultats plus orientés puisque 47% considèrent la gêne comme pas du tout gênante.

Enfin en condition Réalité Virtuelle, les réponses s'harmonisent plus difficilement: 40% des effectifs ont estimés le bruit de trafic comme « beaucoup » gênant, et deux fois 26.7% l'ont considéré comme légèrement ou pas du tout gênant.

Devant ces résultats, les données ont été regroupées en trois catégories : de nouveau, « pas du tout » et « légèrement » ont été regroupés en une modalité, de même que « beaucoup » et « extrêmement ».

On observe alors que le bruit de trafic routier est globalement évalué comme légèrement ou moyennement gênant par 56.25% de l'effectif du groupe de non riverains.

Ces résultats reformulés par séquences montrent des contrastes plus marqués. En effet, le groupe considère le bruit comme pas du tout ou légèrement gênant à 43.75% en condition vidéo (contre moyennement à 37.5%), à 70.6% en condition RA (contre beaucoup ou extrêmement à 17.65%) et 53.3% en condition RV (contre 40% pour beaucoup ou extrêmement).

Ces résultats ne semblent donc pas montrer de différence de perception de la gêne due à la présence de cette infrastructure dans l'environnement par séquence, que ce soit sur le plan visuel ou sur le plan sonore. De plus, aucun test d'analyse statistique n'a pu permettre de mettre en évidence d'effet ou de différence significative d'une séquence à l'autre.

Les données issues de ce questionnaire n'ont certes pas permis de conclure suite aux différents tests statistiques réalisés, cependant l'analyse descriptive tend à confirmer les résultats et conclusion dégagé(e)s des données issues des tâches cognitives réalisés par les participants au LSEE et, ou à leur domicile.

7.3.4. Comparaison des groupes Riverain et Contrôle ou « non riverains »

Une partie du groupe contrôle, non riverain du village de Druillat a été appariée au groupe riverain sur les variables sexes, âge et catégorie socioprofessionnelle (21 personnes). L'appariement de ce sous-groupe permet de réaliser une comparaison et de vérifier s'il existe ou non un effet du groupe. Nous espérons ainsi pouvoir vérifier la possibilité d'induire une mise en situation valide au Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'Environnement.

7.3.4.a. Comparaison des données issues de la tâche de catégorisation sur les items artefacts

Analyse des latences

Le tableau récapitulatif des latences observées par groupe, par film et par catégorie du lien des artefacts est présenté ci-dessous:

Tableau 39 : Temps de réponses relevés pour les artefacts par groupe de sujets et par film en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

		Vidéo	RA	RV	Tous Films
	Art NR	1055 (122)	1039 (96)	916 (125)	997 (66,8)
Riverains	Art R	996 (99)	1046 (115)	909 (135)	977 (67,2)
	Art RI	1020 (105)	1022 (89)	884 (129)	968 (64,25)
	Art NR	886 (102)	805 (39)	840 (95)	841 (50,25)
Non Riverains	Art R	852 (93)	754 (42)	810 (90)	811(47,3)
	Art RI	786 (84)	729 (38)	796 (91)	773 (45,25)

Concernant les temps de réaction, sur la catégorisation des images représentant des artefacts, les analyses montrent un effet principal du facteur Groupe, $F_s(1,36) = 4.61$; $p = 0.039$;

$F_i(1,35) = 212.1$; $p < 0.001$. Le groupe de riverain s'est montré globalement moins rapide pour effectuer la tâche (cf tableau 39 et figure 26).

Les analyses ont également révélé un effet principal significatif du facteur Lien, uniquement dans l'analyse par sujets ; $F_s(2,72) = 9.12$; $p < 0.001$; $F_i(1,33) = 212.1$; $p < 0.001$. Les temps de réponses étaient significativement plus longs dans la condition Non reliée (921 ms que dans les conditions Reliée à la situation (871 ms, $F_s(1,72) = 18.14$; $p < 0.001$) et reliées au Film (893 ms, $F_s(1,72) = 5.72$; $p = 0.02$). La différence entre les conditions reliée à la situation et reliée au Film n'était que marginalement significative ($F_s(1,72) = 3.48$;

$p = 0.066$). Conformément à notre attente, l'effet du lien semble avoir été le même quel que soit le groupe, comme le montre la figure ci-dessous.

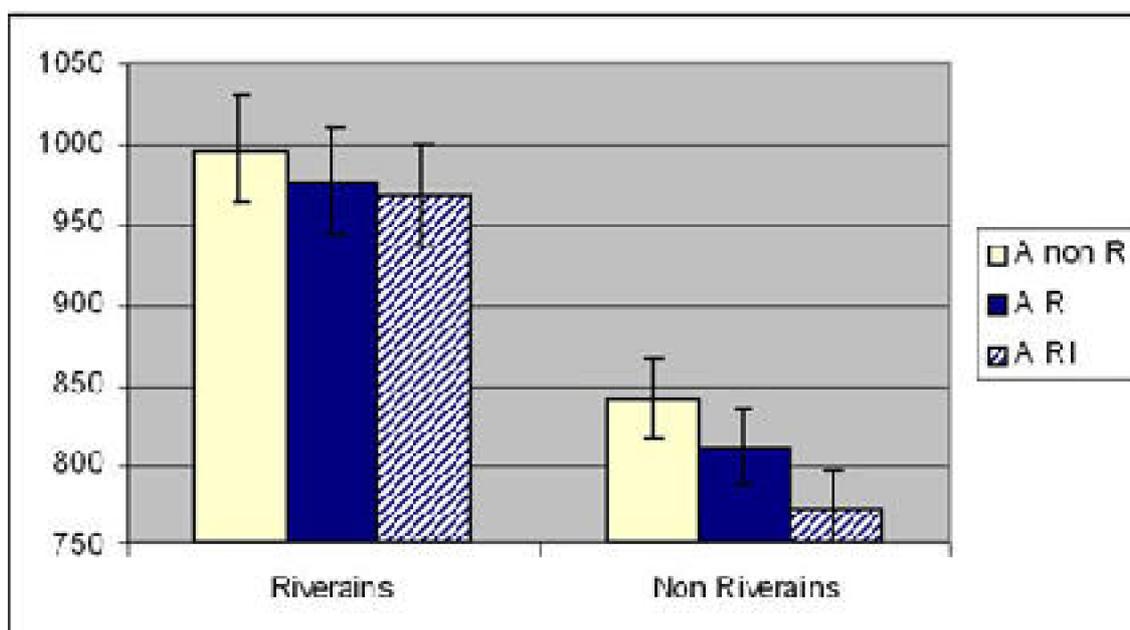


Figure 26 : Représentation graphique des TR en msec par catégorie d'artefacts pour les

deux groupes Riverain et Contrôle

Enfin l'analyse a montré une interaction significative Groupe x Film uniquement dans l'analyse par items, $F(2,66) = 41.84$; $p < 0.001$. Cette interaction est représentée dans la figure suivante :

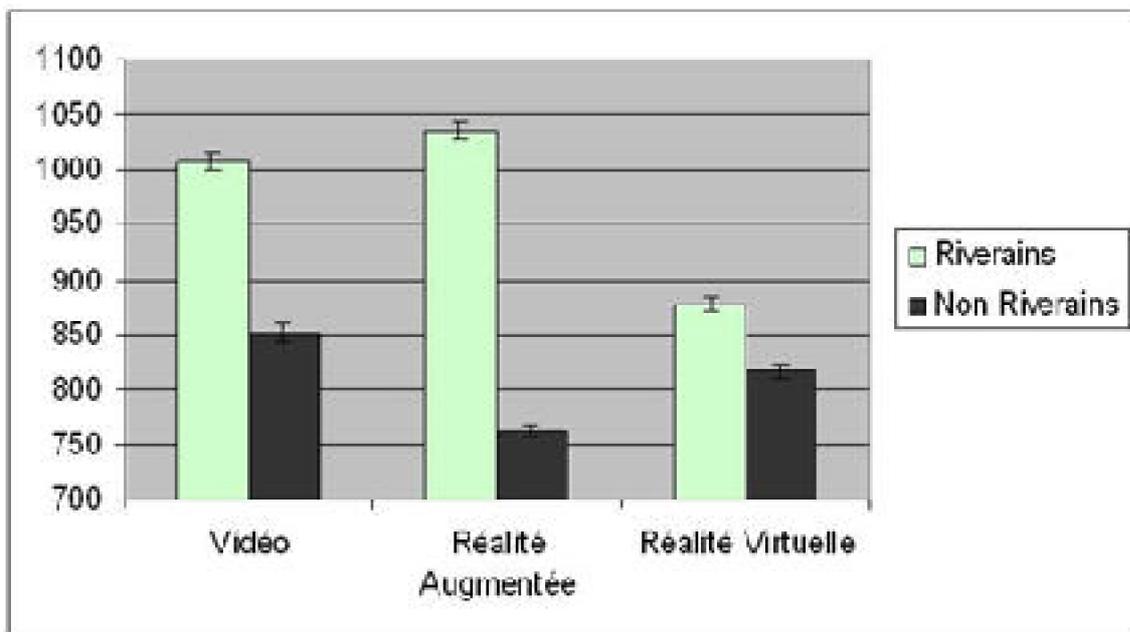


Figure 27 : Représentation graphique des TR moyen en msec par séquence pour les deux groupes Riverain et Contrôle

Cette interaction confirme les analyses séparées pour chacun des groupes présentées auparavant. Les latences moyennes par film de chacun des groupes montrent des performances différentes selon la séquence projetée : les riverains ont été plus rapides pour réaliser la tâche lorsqu'ils ont vu la séquence de réalité virtuelle, un peu moins rapides s'ils ont vu le film vidéo et les plus lents lors de la projection de la séquence de réalité augmentée. Contrairement au groupe de riverains, les non riverains ont été globalement plus rapide pour réaliser la tâche lorsqu'ils ont vu la séquence de réalité augmentée, un peu moins rapides pour la séquence de réalité virtuelle et encore moins lorsque c'est le film vidéo qui était projeté en arrière plan.

Analyse des taux de bonnes réponses

Le tableau récapitulatif des taux de bonnes réponses par groupe, par film et par catégorie du lien des artefacts est présenté ci-dessous:

Tableau 40 : Taux de bonnes réponses relevés pour les artefacts par groupe de sujets et par film en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

		Vidéo	RA	RV	Tous Films
	Art NR	90,7% (3)	95,8% (3)	94% (2,1)	93,40% (2,5)
Riverains	Art R	86% (4)	86,3% (4,1)	87,6% (4,5)	86,60% (2,1)
	Art RI	97,7% (1,5)	95,8% (2,9)	93% (2)	95,40% (2,2)
	Art NR	93% (2,2)	83,4% (6,7)	92% (1,6)	90,80% (1,4)
Non Riverains	Art R	85,7% (2,5)	88,8% (4,5)	89,6% (2,2)	89,50% (1,4)
	Art RI	95,3% (2,5)	92,8% (5,1)	95% (2,2)	95,80% (1,3)

Les mêmes observations ont été faites sur les taux de bonnes réponses. Les analyses de la variance n'ont montré qu'un effet principal significatif du facteur 'Lien' relié / relié à la situation / non relié, mais uniquement lorsqu'elles sont réalisées par sujet avec

$$F_s(2, 36) = 15.28 ; p < 0.001 ; F_i(2,33) = 1.15 ; p = 0.33.$$

Ce qui confirme le fait que les mêmes patterns de réponses soient observés quel que soit le groupe pour chacune des séquences sur chaque type de stimuli, c'est à dire quel que soit le lien que l'image ait avec la séquence ou la consigne.

La figure ci dessous montre les types de résultats par groupe et par type d'items:

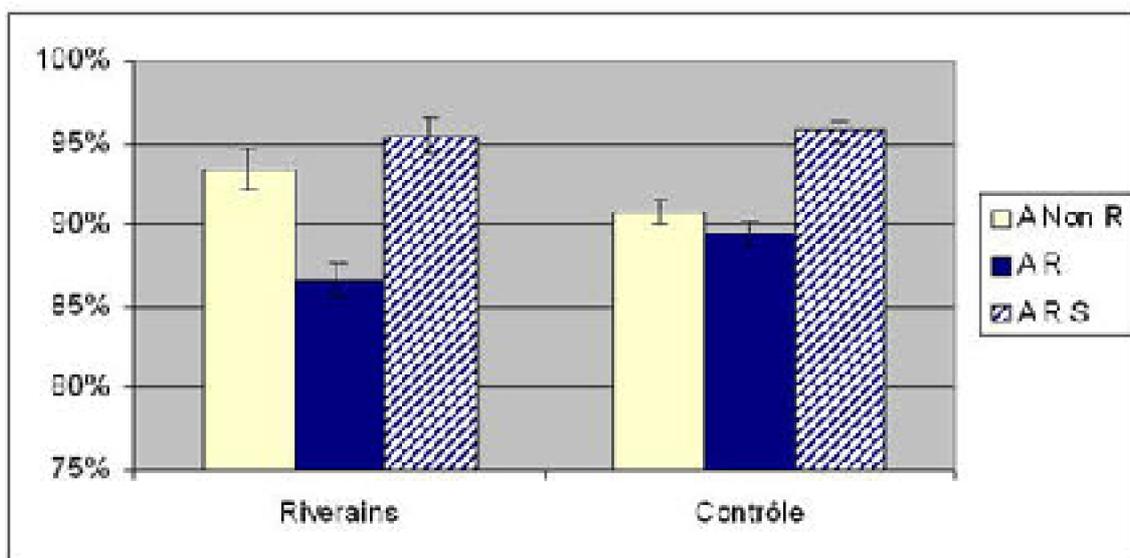


Figure 28 : Représentation graphique des taux de bonnes réponses par catégorie d'artefacts pour les deux groupes Riverain et Contrôle

7.3.4.b. Comparaison des données issues de la tâche de catégorisation sur les items éléments naturels

Analyse des latences

Le tableau récapitulatif des latences par groupe, par film et par catégorie du lien des artefacts est présenté ci-dessous:

Tableau 41 : Temps de réponses relevés pour les éléments naturels par groupe de sujets et par film en msec

(les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

		Vidéo	RA	RV	Tous Films
	Nat NR	1003 (91)	1002 (93)	918 (129)	970 (43)
Riverains	NatR	999 (96)	1025 (95)	870 (123)	957 (39)
	Nat NR	821 (96)	760 (39)	790 (72)	791 (38)
Non Riverains	Nat R	835 (101)	729 (42)	783 (78)	785 (36)

Les résultats observés sur les images représentant des éléments naturels (figure 30) confirme la plus grande rapidité du groupe Non Riverains (791 msec contre 964 msec pour les items non reliés, et 785 msec contre 957 msec pour les items reliés) ; $F_s(1, 36) = 5.25$; $p = 0.028$; $F_i(1,34) = 248$; $p < 0.001$).

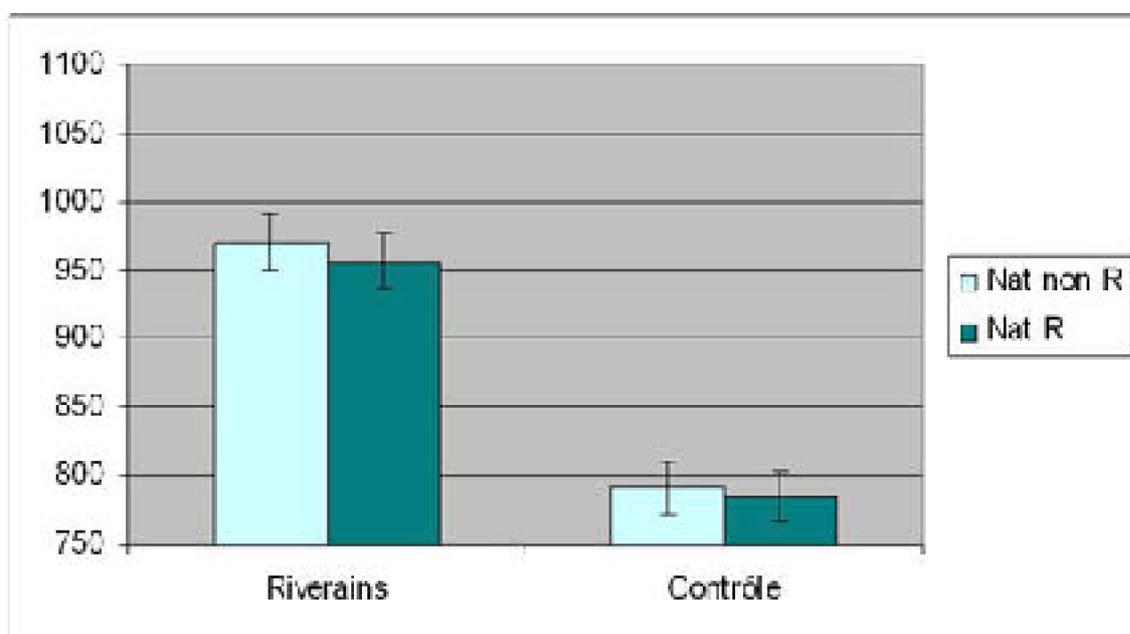


Figure 29 : Représentation graphique des TR en msec par catégorie d'éléments naturels pour les deux groupes Riverain et Contrôle

De plus l'analyse par items montre un effet principal significatif du facteur Film,

$F_i(2,68) = 50.7$; $p < 0.01$, et une interaction significative Film x Groupe, $F_i(2,68) = 38.1$;

$p < 0.01$.

Les deux groupes de participants se comportent différemment selon la séquence projetée.

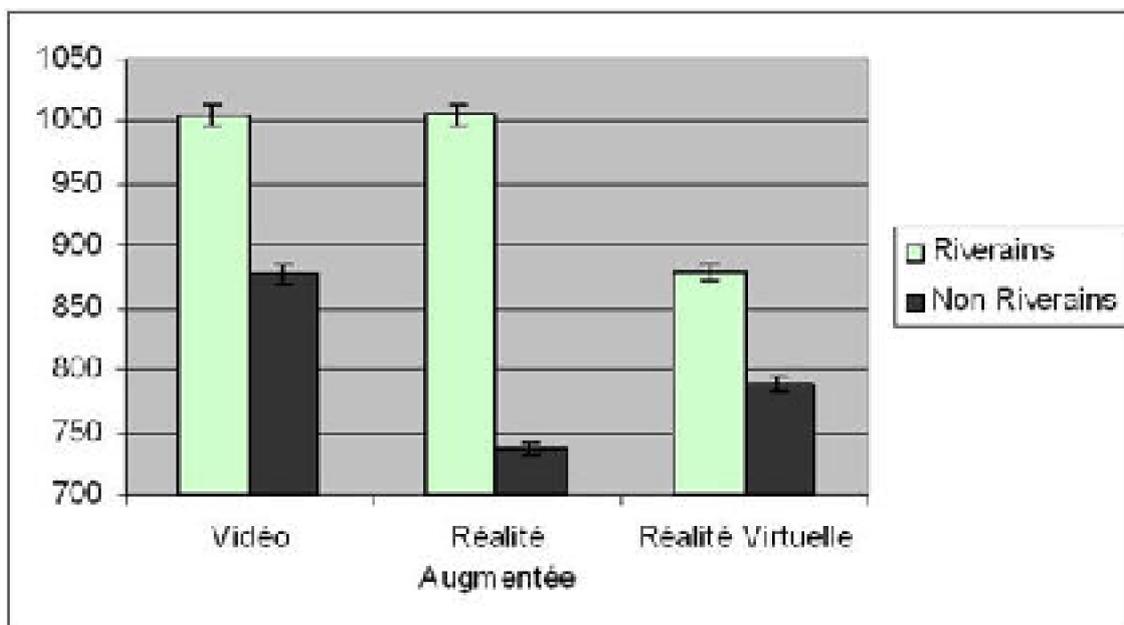


Figure 30 : Représentation graphique des TR moyen à la tâche de catégorisation pour les items éléments naturels en msec par séquence pour les deux groupes Riverain et Contrôle

Une analyse de contraste pour comparer les séquences deux à deux a donc été réalisée.

Cette dernière montre un effet simple illustrant une différence significative entre chaque type de film avec : $F(1,68) = 41,8$; $p = 0,0001$ pour la comparaison Vidéo/ Réalité Augmentée, $F(1, 68) = 11,9$; $p = 0,001$ pour la comparaison Réalité augmentée/Réalité Virtuelle, et $F(1,68) = 98,4$; $p = 0,001$ pour la comparaison Vidéo, Réalité Virtuelle.

On constate que les riverains sont bien plus rapides pour effectuer la tâche lorsqu'ils ont vu la séquence de réalité virtuelle que lorsqu'ils sont exposés à la séquence vidéo ou à la séquence de réalité virtuelle ; tandis que les participant du groupes contrôles sont beaucoup plus rapides lorsque c'est la séquence de réalité augmentée qui est projetée, un peu moins rapides en condition de réalité virtuelle et encore moins rapides (ou plus lents) lorsque c'est le film vidéo qui a été vu.

Les performances des non riverains à la tâche sont différentes pour chacune des séquences projetées afin de créer le contexte, alors que pour le riverains c'est une seule des séquences sur les trois qui engendre des temps de réponses très différents (aucune différence entre les performance lors de la projection des deux autres séquences). On a donc bien un effet du film pour chacun des groupes, mais aussi un comportement différent des deux groupes selon la séquence.

Analyse des taux de bonnes réponses

Le tableau récapitulatif des taux de bonnes réponses par groupe, par film et par catégorie du lien des artefacts est présenté ci-dessous:

Tableau 42: Taux de bonnes réponses relevés pour les éléments naturels par groupe de sujets et par film en msec (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

		Vidéo	RA	RV	Tous Films
	Nat NR	88,7% (2,5)	94,3% (3)	91% (3)	89,50% (1,7%)
Riverains	NatR	96,6% (1,2)	98,2% (1,8)	94,2% (3,3)	96,30% (1,2%)
	Nat NR	88,6% (2,7)	88,7% (1,5)	92,2% (2,1)	91,20% (1,6%)
Non Riverains	Nat R	96% (1,6)	96,4% (1,5)	95,5% (1)	96,10% (1,4%)

Concernant les taux de bonnes réponses, les résultats montrent un taux de bonnes réponses significativement plus important dans la condition Reliée que dans la condition non Reliée, mais uniquement dans l'analyse par sujets, $F_s(1, 36) = 18.34 ; p < 0.001$. En revanche l'analyse par items permet d'observer un effet principal significatif du facteur 'Film' ; $F_i(2,68) = 6.12$ et $p = 0.0036$. De nouveau, l'absence d'effet du facteur Groupe et d'interaction impliquant ce facteur montrent des patterns de résultats similaires pour les riverains et pour les non riverains.

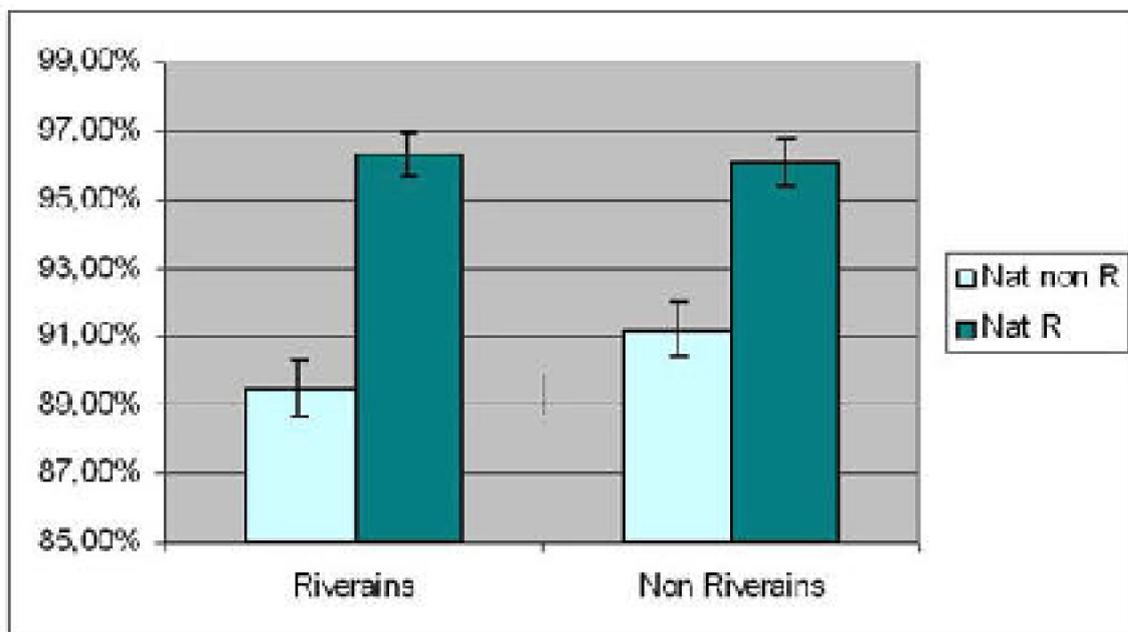


Figure 31 : Représentation graphique des Taux de Bonnes réponses en % par catégorie d'éléments naturels pour les deux groupes Riverain et contrôle

L'analyse réalisée par sujet permet les mêmes constats.

Par conséquent, il semble qu'il n'y ait aucune différence ou aucun effet du groupe sur les performances de réussite observées.

7.3.5. Discussion

En ce qui concerne le groupe contrôle, nous avons, conformément à nos hypothèses, observé un effet du contexte sur les tâches à réaliser. Et, si tous les résultats ne permettent pas de conclure (par exemple l'analyse des latences par sujet sur la tâche de catégorisation ne permet pas d'établir qu'il existe un effet du type de film) nous pouvons

argumenter en faveur de nos hypothèses.

Concernant la tâche de catégorisation l'effet du lien entre le contexte et les images à traiter, est toujours confirmé par les analyses réalisées par sujet, tandis que les analyses réalisées par item confirment un effet du type de film (c'est-à-dire de la séquence projetée dans la fenêtre du salon expérimental du laboratoire). Ensuite, l'analyse par sujets des taux de bonnes réponses permet d'établir une interaction entre le type de séquence projetée et les performances à la tâche. Ces résultats croisés aux analyses qualitatives, on constate que la séquence la mieux perçue, et pour laquelle le sentiment de Présence est le plus élevé, est aussi celle pour laquelle les participants présentent le plus souvent les meilleures performances : il s'agit de la séquence de réalité augmentée.

Ces données nous permettent donc de définir la séquence la plus efficace pour ce groupe, mais aussi de confirmer là encore notre première hypothèse selon laquelle le sentiment d'être Présent dans une scène active des représentations relatives à la situation simulée.

Les analyses réalisées sur les temps de détection des signaux sonores permettent la encore de confirmer notre seconde hypothèse qui est que plus le sentiment de Présence est facile à atteindre, plus les capacités attentionnelles du sujet peuvent être réengagées sur un événement étranger à la situation. En effet, les performances sont les meilleures pour la séquence de Réalité augmentée (en fait les participants s'améliorent plus que dans les autres conditions de projection), séquence pour laquelle l'intensité du sentiment de Présence dans la scène est la plus forte.

Enfin les comparaisons réalisées sur les résultats des deux groupes de sujets riverains et sous groupe contrôle apparié, permettent certes de conclure à un effet du groupe mais lorsque les analyses sont réalisées par items uniquement : les effets de groupe trouvés sont dus aux différences de rapidité des groupes. Si les performances ne sont pas exactement les mêmes, les pattern de résultats sont superposables. Les deux groupes ont globalement les mêmes types de réactions au laboratoire, face aux mêmes séquences (une seule interaction Film*groupe mise en évidence parmi toute les analyses, pour les latences sur la catégorisation des éléments naturels). Ceci nous semble être en faveur de la possibilité de pouvoir induire une mise en situation de riverain dans le laboratoire de simulation et d'évaluation de l'environnement.

En effet si l'on prend en compte tous les résultats obtenus, sur les deux groupes, tous convergent. On constate que les simulations au laboratoire permettent aux deux groupes de sujets de se sentir présents, d'activer les représentation mentales associées à l'environnement simulé, qu'il n'existe pas de différences significatives entre les observations réalisées au domicile des sujets ou au laboratoire pour les riverains, et qu'il n'existe pas non plus de différence importante attestée entre les deux groupes de sujets appariés. L'unique différence que nous pouvons mettre avant est que la séquence qui permet le mieux de recréer la situation simulée n'est pas identique pour les deux groupes. Pour le groupe riverain, la séquence vidéo est la plus adaptée, alors que pour le groupe contrôle, c'est la séquence de réalité augmentée qui induit la meilleure mise en situation.

Chapitre 8 (Cadre expérimental) : Expérience complémentaire

Certaines de nos hypothèses concernant l'interaction nécessaire entre l'utilisateur et l'environnement virtuel n'ont pu être testées lors de l'expérience principale.

Dans le développement de notre partie théorique, nous avons avancé l'idée selon laquelle l'interaction effective avec l'environnement ne serait pas indispensable pour engendrer le sentiment de Présence du sujet. Imaginer une tâche qui nécessite l'interaction avec l'environnement suffirait pour induire la Présence du sujet.

Objectifs et Hypothèses

En effet, de même que l'entraînement par imagerie mentale améliore les performances procédurales et facilite l'apprentissage de gestes spécifiques (Koenig 1992), il a été démontré (e., g., Kosslyn, 1992) que les zones cérébrales impliquées dans la réalisation effective d'une tâche, sont aussi impliquées dans la visualisation mentale. De plus, l'observation d'une activité réalisée par autrui mobilise les mêmes neurones que si nous la réalisions nous-même. Ainsi, nous avons fait l'hypothèse suivante : imaginer interagir avec l'environnement virtuel engendre l'immersion dans celui-ci et facilite l'émergence du sentiment de présence. Pour vérifier cette idée, un nouveau protocole a été mis en place.

Afin de tester la nécessité d'interagir avec la simulation pour activer les représentations mentales mise en jeu face à l'interface, nous avons choisi de travailler

avec un jeu vidéo disponible sur PC, et décidé de comparer deux groupes de sujets : le premier serait actif face à l'interface et devrait donc jouer, le second groupe serait plus « passif » et devrait visionner une capture vidéo du jeu. Il s'agissait dans tous les cas de parcourir les pièces d'une maison dans lesquelles des objets étaient présents. Après cette phase dite d'apprentissage, les participants ont été testés dans une tâche de catégorisation d'images d'objets qui étaient présents dans les pièces lors de l'encodage. La catégorisation portait sur le caractère « grand » ou « petit » de l'objet (taille réelle et pas sur l'écran).

Tout d'abord, nous supposons que les performances seront meilleures pour les objets qui auront été vus dans une situation de contexte « étrange », c'est-à-dire dans un contexte inhabituel, par exemple une douche dans le salon, ou un ordinateur dans la salle de bain. En effet, dans ce type de contexte la place des objets est surprenante, et confère un caractère saillant aux objets alors mieux repérés par le sujet.

Ensuite, nous cherchons à démontrer que le caractère obligatoire de l'interaction n'est pas nécessaire dans l'activation des représentations en mémoire. Nous basant sur notre développement théorique et sur les théories de l'imagerie mentale, nous ne pensons pas observer de différence de performances entre les deux groupes de sujets, à savoir les « actifs » qui auront dirigé eux mêmes la trajectoire de la visite dans le jeu, et les « passifs » qui auront simplement vu la démonstration de la visite, c'est-à-dire qui auront été strictement observateurs d'une capture vidéo.

8.1. Méthode et procédure

8.1.1.a Participants

64 étudiants, 28 hommes et 36 femmes, âgés de 18 à 29 ans, ont participé de façon volontaire à cette expérience. Ils avaient une vue normale avec ou sans correction. Quatre groupes de sujets ont été constitués en fonction de la tâche à réaliser et du positionnement des touches de réponses (inversion main droite / main gauche).

8.1.1.b. Matériel et plan expérimental

Pour conserver un objectif d'environnement réaliste le choix du logiciel ludique et interactif s'est porté sur le jeu « Les Sims™2 » développé et édité par la société Electronic Arts. Trois logiciels ont été utilisés : le jeu principal « les Sims™2 » ainsi que deux extensions : le disque additionnel « La bonne affaire » et le kit d'extension « Glamour ». Le logiciel nous a permis de créer une maison selon les plans et les aménagements de notre choix.

La maison virtuelle a en fait été construite deux fois, afin de pouvoir être aménagée de deux façons différentes et ainsi effectuer un contrôle des variables observées dans la tâche à réaliser par la suite. En effet la phase de jeu, ou de visionnage de la vidéo est une

en vertu de la loi du droit d'auteur.

phase de type amorçage, qui sert à induire le sentiment de Présence dans l'environnement des Sims.



Image 5 : une maison 'Sims' type – extérieur



Image 6 : exemple de l'intérieur d'une maison

La tâche principale des sujets était ensuite de catégoriser des images représentant des objets selon leur taille. Toutes les images « stimuli » de la tâche (58 au total) ont été capturées dans le jeu, que ce soit pour les objets grands ou petits à l'aide du logiciel Fraps, retravaillées (détourées et désaturées pour être présentées en noir et blanc) avec le logiciel Adobe Photoshop version 7.0.1. Cependant les grands objets pouvaient être vus dans l'interface en position congruente, c'est-à-dire à une place logique dans la maison (par exemple le réfrigérateur dans la cuisine et la baignoire dans la salle de bain) ou dans une position incongruente, c'est-à-dire surprenante ou illogique (par exemple le réfrigérateur dans la chambre ou la baignoire dans l'entrée). Pour cela il a donc fallu créer deux maisons, uniquement différenciées par la position des grands objets : dans chacune

des deux maisons, la moitié des grands objets qui devait ensuite être catégorisés étaient dans une position congruente et l'autre moitié en position non congruente. Les petits objets, nécessaires uniquement en tant qu'éléments contrôles pour la tâche de catégorisation, étaient tous correctement placés dans les deux maisons.

Tableau 43 : Répartition des objets dans les scénarios et conditions de l'expérience de catégorisation

	Maison 1		Maison 2	
	Position congruente	Position incongruente	Position congruente	Position incongruente
GRANDS	15	15	15	15
PETITS	28		28	

Plan expérimental

L'ordre de présentation des images a été contrôlé. 2 listes différentes par groupe ont donc été réalisées. De plus, nous avons veillé à ce que la même condition "Grand" ou "Petit" ne se répète pas plus de 3 fois de suite.

Les variables dépendantes (VD) sont :

- Les temps de réaction à la tâche de catégorisation de taille
- Le taux de bonnes réponses

Les variables indépendantes (VI) sont :

- Le type d'image (I2): grand ou petit (variable intra-sujet) non prise en compte dans l'analyse puisque éléments de contrôle dans la tâche, ou distracteurs.

- La position dans laquelle les grandes images ont été vues dans la phase d'amorçage constituée par la visite de la maison virtuelle (P2) : congruent ou incongruent (variable intra-sujet)

- Le groupe de participants – ou la phase d'encodage (G2) : interactif ou vidéo (variable inter-sujet)

Le plan expérimental est le suivant : S16[G2]*P2

8.1.1. c. Dispositif expérimental et procédure

Les sujets sont recrutés pour deux tâches successives.

La première tâche est de visiter l'une des deux maisons virtuelles dans le jeu vidéo : soit de façon interactive pour le premier groupe, c'est-à-dire en explorant la maison en se déplaçant à l'aide de la souris et des flèches du clavier, soit de façon moins active en visionnant le film créé à partir de la capture de la visite de la maison réalisée par l'expérimentateur. Dans ce second cas, le participant doit essayer d'imaginer qu'il visite vraiment la maison. Le temps de visite actif a été testé et évalué entre 6 et 8 minutes ; pour cela les deux captures vidéos réalisées (une par scénario de maison) ont été conçues d'une durée de 7 minutes.

Pour s'assurer que les deux groupes prendraient connaissance de la maison de la même façon c'est-à-dire en visitant chaque pièce dans le même ordre, l'expérimentateur reste auprès du participant pour lui indiquer dans quelle pièce aller (voir annexe H), et l'aider en cas de problème de logiciel, ou de déplacement dans le jeu afin que ce dernier ne panique pas et ne perde pas trop de temps. Pour éviter tout biais due à la présence ou à l'absence de l'expérimentateur entre les deux groupes (interactif vs vidéo) l'expérimentateur est toujours présent dans le box d'expérimentation avec le sujet, quel que soit le groupe. Enfin, pour s'assurer que tous les participants feraient l'effort d'explorer consciencieusement la maison, les deux scénarios ont été créés avec l'ajout de petits objets à retrouver : des ours en peluches tous identiques. La consigne pour cette première phase d'amorçage est donc de visiter la maison selon les étapes décrites par l'expérimentateur – ou d'imaginer que l'on visite la maison en visionnant la capture vidéo-tout en comptant les ours en peluches cachés et dispersés dans toutes les pièces.

La seconde tâche consiste en un exercice de catégorisation du même type que ceux que nous avons utilisé précédemment. Cependant cette catégorisation porte uniquement sur des objets, qui doivent être désignés comme « grand » ou « petit » (et non plus artefacts ou naturels comme les fois précédentes).

L'ensemble des 58 stimuli expérimentaux à catégoriser sont tous du même format, 375 pixels de longueur et 295 pixels de largeur, et de la même résolution de 150 pixels/pouces. Pour éviter tout biais de couleur ou toute facilitation de contexte, ces images ont toutes été capturées dans le jeu vidéo, détournées, et transformées pour être présentées en noir et blanc. Ce traitement a été réalisé avec le logiciel Adobe Photoshop version 7.0.1.

Les 64 sujets ont été répartis en 8 groupes selon la première étape de visite virtuelle interactive ou vidéo (constituant la phase d'encodage), selon la maison à visiter (pour le contre-balancement des grands objets dans les conditions congruente/incongruente), et enfin la main utilisée pour les réponses grand/petit à la tâche de catégorisation.

Tableau 44 : Répartition des sujets par conditions expérimentales

Scénario maison 1				Scénario maison 2			
INTERACTIF		VIDEO		INTERACTIF		VIDEO	
gommette G	gommette G	gommette G	gommette G	gommette G	gommette G	gommette G	gommette G
main gauche	main droite	main gauche	main droite	main gauche	main droite	main gauche	main droite
8	8	8	8	8	8	8	8

Déroulement de l'expérience

Les passations se sont déroulées dans une salle d'expérimentation insonorisée du laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EMC) de l'université Lumière Lyon 2. Chaque participant était testé individuellement. Après avoir rempli un formulaire de consentement, il était demandé au sujet de s'asseoir face à l'écran de l'ordinateur Pc portable Toshiba modèle Qosmio G20-111, écran 16/9 de 17 pouces.

Pour la première tâche, la consigne est de visiter la maison virtuelle et de retrouver les ours en peluche cachés dans cette maison. Le but de ce type de consigne est de ne pas informer explicitement le sujet que l'objectif de l'expérimentateur est de le pousser à explorer l'environnement de façon précise.

La visite interactive ou vidéo terminée, le sujet devait réaliser la tâche de catégorisation sur un autre ordinateur portable : Macintosh power book G4, écran de 12 pouces. Le script ayant permis de créer le test de catégorisation a été réalisé avec le logiciel Psyscope (Cohen, MacWhinney, Flatt et Provost, 1993).

Cette catégorisation porte uniquement sur des images d'objets vus dans le jeu vidéo, la consigne étant de définir le plus rapidement et le plus correctement possible si l'objet représenté par chacune des images était plus grand ou plus petit, dans la réalité qu'un mini four de cuisine, type four à micro-onde.

Les réponses devaient être données en cliquant avec l'index de chaque main, le plus rapidement possible sur une des deux touches indiqués par deux gommettes : « G » pour grand, « P » pour petit. Selon les groupes la touche « G » était à gauche et la touche « P » à droite ou inversement. Cette répartition a été faite au hasard, afin d'éviter tout biais d'avantage droitier ou gaucher.

Cette expérience ne comportait qu'une seule session. 6 images ont été ajoutées aux 58 stimuli, afin de constituer une phase d'entraînement.

Déroulement d'un essai pour la tâche de catégorisation

Pour chaque essai, un point de fixation apparaissait au centre de l'écran pendant 500 msec puis une image représentant un objet issu de l'interface vue en phase d'amorçage apparaissait jusqu'à la réponse du sujet.

La tâche du sujet était de déterminer le plus rapidement possible si l'image représentait un petit ou un grand objet. L'essai suivant débutait 1000 msec après la fin de l'essai précédent.

8.2. Résultats et Discussion

8.2.1. Résultats

Les données recueillies ont été triées. Les temps de réponses ont été sélectionnés selon trois critères appliqués successivement : tout d'abord, seules les latences des bonnes réponses sont conservées ; ensuite, les latences inférieures à 150 msec et supérieures à 1500 msec sont écartées ; et enfin les latences s'écartant de plus de 2,5 écart-types de la moyenne sont éliminées.

Les analyses n'ont montré qu'un effet significatif du Facteur Groupe dans l'analyse par items, $F(1,29) = 5.24$, et $p = 0.03$. Quelles que soient les analyses réalisées, par sujet ou par item, les résultats ne montrent jamais d'interaction groupe*congruence de la

en vertu de la loi du droit d'auteur.

position des objets

($F(1,29) = 0.7$; $p = 0.4$, et $F_s(1,62) = 0.4$; $p = 0.5$, malgré un pattern de résultats apparemment différent selon le groupe. Ainsi, l'ensemble de ces analyses ne permet pas de conclure à un effet de la congruence sur la catégorisation des grands objets, ni à aucune interaction.

Tableau 45 : Temps de réponses des groupes par position des grands objets dans les scénarii (les erreurs standards sont indiquées entre parenthèses)

	G congruent	G incongruent
Interactif	799 (27)	804 (25,5)
Vidéo	837 (17,5)	827 (21)

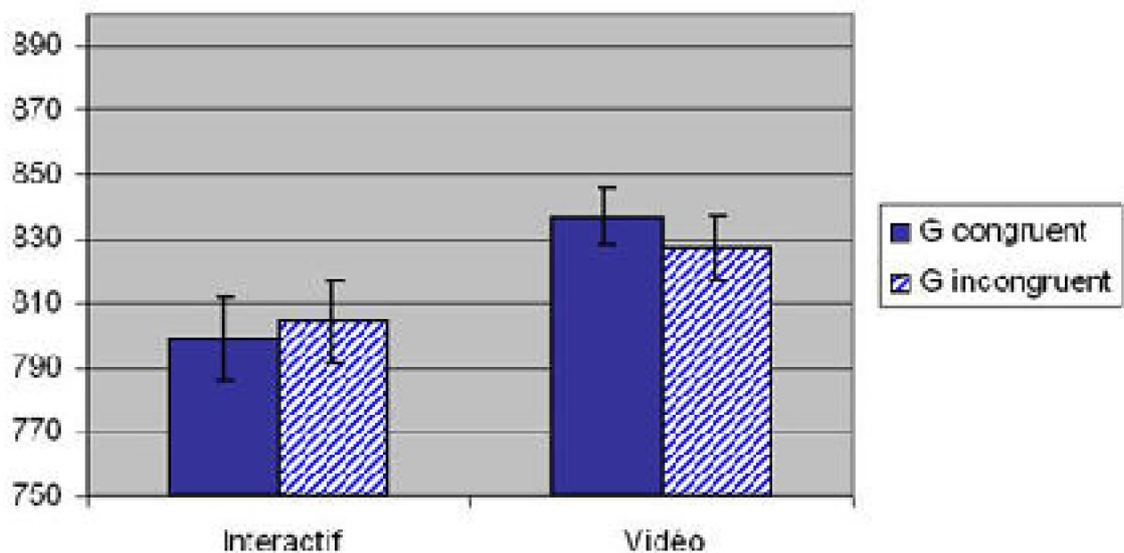


Figure 32 : Temps de réponses des groupes par position des grands objets dans les scénarii

En ce qui concerne les taux de bonnes réponses, on observe un effet principal significatif de la congruence dans l'analyse par items, $F_i(1,29) = 11.55$; $p = 0.002$ et proche du seuil de 0.05 dans l'analyse par sujets, $F_s(1,62) = 3.75$; $p = 0.057$.

Tableau 46 : Taux de bonnes réponses par position des grands objets dans les scénarii

	G congruent	G incongruent
Interactif	91% (1,3%)	86,7% (1,4%)
Vidéo	91,30% (1,6)	85% (1,2%)

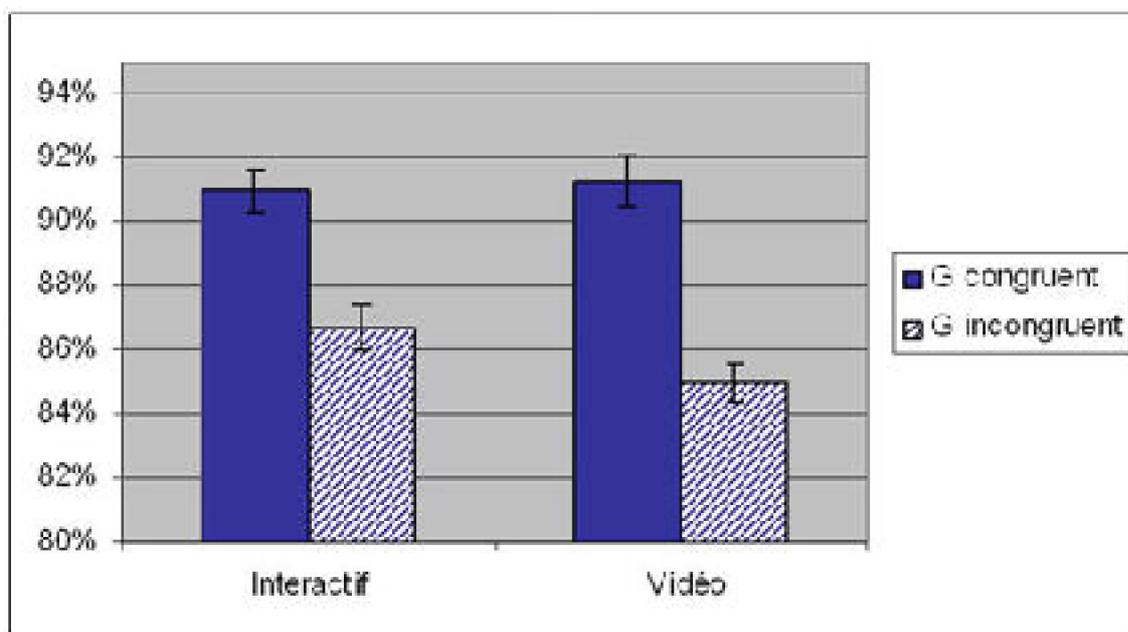


Figure 33 : Taux de bonnes réponses par groupe et par position des grands objets dans les scénarii

De nouveau, aucun effet du groupe, ni aucune interaction Impliquant ce facteur n'a été observée. L'effet de la congruence est similaire quel que soit le groupe.

8.2.2. Discussion

Les résultats obtenus permettent de confirmer l'hypothèse selon laquelle le groupe interactif s'est révélé plus rapide que le groupe ayant vu une vidéo du jeu.

Cependant ces résultats ne permettent pas de confirmer notre première hypothèse à savoir que les performances seraient meilleures pour les objets qui auraient été vus dans une situation de contexte inhabituel. En effet, c'est l'inverse qui s'est produit. Toutefois il existe bien un effet de la congruence sur les performances à la tâche de catégorisation et ceci quelque soit le groupe de sujets. Ce sont les objets vus en condition habituelle, ou congruente avec leur usage ou la représentation que l'on peut en avoir, qui sont traités le plus rapidement.

Concernant les taux de bonnes réponses, nous avons émis une hypothèse de non différence entre deux groupes ou deux situations. Il s'avère en effet que selon ces résultats, l'interaction avec l'interface ne permet pas d'améliorer les performances en termes de taux de bonnes réponses, puisque il n'existe pas d'effet du groupe sur cette variable.

Cependant, les participants ayant interagit avec le jeu ont bien été significativement plus rapide que ceux ayant passé l'expérience en condition vidéo. Ces données confirment donc notre dernière hypothèse.

Ces différents résultats nous encouragent fortement à approfondir de futures recherches sur le lien entre interaction et présence dans un environnement virtuel. En

effet il nous semble possible d'interpréter ces données par le fait que l'interaction avec l'interface permet de se créer une représentation mentale plus concrète, plus globale et plus profonde que lorsqu'il n'y a pas d'interaction. Cependant, il paraît difficile de quantifier la qualité des représentations alors activées et de préciser dans quel cadre l'interaction est nécessaire et dans quel cadre elle ne l'est pas. En effet les résultats obtenus sur les taux de bonnes réponses et les pattern de résultats observé en fonction de la congruence de la position dans laquelle les grands objets ont été vu (même type de résultats quel que soit le groupe) ne permettent pas de conclure à une différence entre les deux groupes. Il est possible d'envisager que la plus grande rapidité du groupe interactif sur la tâche de catégorisation soit due à une sorte de préparation induite par la phase « jeu ». D'autant plus que l'effet de la congruence observé n'est valable que pour les taux de bonnes réponses, et non pour les latences, qu'il s'agisse de l'analyse par sujet ou de l'analyse par item. Il est donc difficile de conclure. C'est pourquoi il serait intéressant d'approfondir cette question avec de nouveaux paradigmes visant à comparer différents types d'interaction entre l'utilisateur et l'interface, dans différents types de simulation (plus ou moins immersives). Pour cela, il serait pertinent d'envisager des tests cognitifs mettant en évidence l'utilisation des représentations mentales activées de manière plus concrète, plus diversifiée et selon différents niveaux de difficultés.

Discussion Générale

1. Rappel du thème de recherche et des objectifs

En psychologie cognitive comme en psychologie de l'environnement, la Réalité Virtuelle constitue à la fois un outil et un objet de recherche.

Dans cette thèse, nous avons essayé de mieux comprendre comment assurer la pertinence de l'utilisation des environnements virtuels dans le cadre des études de perception de l'environnement, afin de déterminer leurs apports et leurs limites pour aider à prévoir la perception et les réactions d'un sujet humain face à une même situation dans la réalité.

Du point de vue plus précis de notre champ d'application, notre objectif visait à définir dans quelle mesure il est possible d'anticiper et de prévoir, grâce aux simulations d'environnements en laboratoire, les réactions des résidents d'un espace devant être modifié par l'implantation ou les modifications des aménagements d'une infrastructure de transport. Ainsi, il nous fallait déterminer quels types de simulation sont les mieux adaptés pour induire la meilleure mise en situation possible pour les études d'évaluation des impacts environnementaux des transports. Le but était finalement de déterminer si le LSEE, laboratoire de Simulation et d'Evaluation de l'Environnement, permet ou non de rendre compte fidèlement, d'un point de vue perceptif, d'une réalité donnée. En effet, si le

travail expérimental en laboratoire est un complément aux études in situ, la critique essentielle formulée à l'égard des différents résultats obtenus réside dans le décalage supposé entre exposition et réponse comportementale dans la réalité, et exposition et réponse comportementale en laboratoire.

Les différents écrits sur les Environnements Virtuels, la Présence et l'Immersion sont récents, mais considérables. Toutefois, les disciplines et champs d'investigation, très divers, considèrent chacun un élément différent comme central.

Nous avons donc dû nous positionner : le concept clé est, de notre point de vue, le sentiment de Présence. Celle-ci est un phénomène psychologique, dépendante de la cognition du sujet. Et, dès le moment où l'Environnement Virtuel est d'un réalisme considéré comme au minimum acceptable, c'est bien à la seule condition que l'utilisateur de la simulation croit « être dans le site simulé », que l'expérimentateur peut observer en laboratoire un comportement semblable à celui qu'il aurait pu observer dans la réalité. C'est le sentiment de Présence du sujet dans la simulation qui engendre la perception du virtuel comme s'il était réel. Nous avons donc focalisé notre travail sur ce thème, ceci malgré les nombreuses théories portant sur l'interaction, car celles-ci étaient contradictoires avec les possibilités du simulateur utilisé et donc avec certaines des hypothèses formulées.

En effet, la littérature dans ce domaine fait, le plus souvent, état de recherches en environnements immersifs, et en environnements semi-immersifs avec lequel l'utilisateur peut interagir. Plusieurs auteurs considèrent d'ailleurs que l'interaction est nécessaire et indispensable à l'induction du sentiment de Présence. Cependant, lorsqu'il est chez lui, le riverain d'une infrastructure de transport n'a aucune prise directe sur son environnement extérieur (sauf lorsqu'il ferme ou ouvre fenêtres, volets ou rideaux, ou encore lorsqu'il change de pièce - car il change alors de point de vue - mais sans jamais pouvoir agir sur le trafic). Une mise en situation réaliste, écologique et adaptée doit aussi rendre compte de cette spécificité.

De plus, la possibilité d'interagir avec un environnement virtuel implique le plus souvent un appareillage de l'utilisateur (visio-casque, gant ou combinaison avec capteurs, manette d'activation – type joystick – etc...). Or, il nous semble que tous ces accessoires constituent un frein à l'immersion et à l'émergence du sentiment de Présence dans un environnement virtuel. L'utilisateur est déjà conscient d'être dans un environnement virtuel, il sait que ce n'est pas la réalité, et se laisse pourtant "duper" par la simulation. Cependant, lorsqu'il est appareillé, se laisser convaincre par la simulation est moins facile. Ainsi, ce travail de recherche sur la perception de l'environnement s'est déroulé dans un milieu pleine échelle, mais semi-immersif non interactif. Ce qui représentait une démarche novatrice.

D'un point de vue méthodologique, nous avons essayé d'élaborer un paradigme permettant de mesurer objectivement la présence ressentie face à un environnement virtuel. Parmi les travaux menés sur la perception de l'environnement, certaines portent sur le bruit, d'autres sur le paysage, mais très peu sur les interactions entre les informations visuelles et sonores dans la perception des impacts environnementaux des transports. Mais, dans tous les cas, les données issues de ces différentes recherches

sont majoritairement basées sur des entretiens ou des questionnaires d'auto-évaluation, lesquels ne permettent pas toujours une évaluation objective de l'état des participants. Aucune de ces recherches n'a jusqu'à présent utilisé de méthode implicite pour évaluer plus objectivement cet état, c'est-à-dire sans demander directement aux sujets de le décrire explicitement. Notre premier objectif était donc de mettre en place des méthodes indirectes pour mesurer la Présence dans des Environnements Virtuels.

Le deuxième objectif de ce travail était de déterminer les différents types d'Environnements Virtuels pouvant être utilisés dans un laboratoire de simulation de l'environnement, et surtout de spécifier lequel permet la meilleure induction du sentiment de Présence, c'est-à-dire celui étant le plus adéquat pour recréer le sentiment d'être dans un environnement réel.

Concernant la méthode, nous avons fait l'hypothèse que le milieu, et plus généralement la situation, dans laquelle se trouve le sujet implique l'activation de représentations en lien avec cette situation. Ainsi, nous avons fait l'hypothèse que, dans une tâche de catégorisation d'images représentant des éléments naturels ou artefactuels en lien ou non avec l'environnement dans lequel les sujets devaient s'immerger, les performances devraient être supérieures pour les images en lien avec la situation, que cette situation soit réelle (au domicile) ou virtuelle (au laboratoire LSEE). Ceci, à condition que le film projeté aux sujets soit suffisamment efficace pour induire un sentiment de présence dans l'environnement réel.

Une autre mesure originale a été testée pour évaluer l'efficacité des films. L'hypothèse était que plus la simulation permet rapidement d'éprouver un sentiment de présence, moins le sujet aurait besoin de mobiliser son attention pour s'imaginer dans la scène. Ainsi l'efficacité de la simulation a été évaluée dans un paradigme de type « double tâche » : pendant que les participants essayaient de s'immerger dans la situation, ils devaient réagir le plus rapidement possible à l'apparition de bips sonores présentés à intervalles irréguliers.

Concernant les simulations, trois types de films ont été comparés : un film vidéo, un film de réalité augmentée et un film de Réalité Virtuelle. La question était de savoir si une des simulations induit un plus fort sentiment de présence dans l'environnement que les autres, et permet ainsi de reproduire des performances plus superposables et comparables à celles observées dans la réalité.

Pour évaluer l'efficacité des simulations au LSEE, un groupe de riverains a été testé à domicile et en laboratoire, afin non seulement de comparer les films entre eux (au laboratoire) mais aussi et surtout d'évaluer l'efficacité relative des films présentés en laboratoire pour simuler la réalité (comparaison laboratoire/domicile).

Enfin les mêmes tests ont été réalisés sur un groupe de non riverains appariés aux riverains (sur les critères âge, sexe et CSP). Il s'agissait ici, par la comparaison de ces deux groupes, riverains/non riverains, non plus de tester l'équivalence de la simulation et de l'environnement réel, mais de vérifier la possibilité de prévoir l'impact d'un environnement futur à partir d'observations faites en laboratoire avec des Environnements Virtuels.

2. Synthèse des résultats et apports de notre méthodologie

2.1. Synthèse et discussion des résultats

Les résultats ont permis de confirmer globalement les différentes hypothèses formulées.

2.1.1. Validation des paradigmes et des objectifs

Tout d'abord le paradigme imaginé, fondé sur la tâche de catégorisation, est validé. Nous avons fait l'hypothèse que l'environnement perçu et le milieu dans lequel se trouve un sujet impliquent l'activation des différentes représentations relatives au contexte suggéré. Pour le vérifier, les performances à la tâche de catégorisation (artefact vs naturel) devaient être meilleures pour les images ayant un lien avec l'environnement et le paysage perçu (réel ou représenté par un film). Cet effet devait aussi être observé pour les images ayant un lien avec la situation dans laquelle le sujet se trouvait, ou devait s'imaginer.

Concrètement, cet effet du lien a été obtenu dans les pré-tests réalisés, mais aussi dans tous les groupes testés, ceci quelle que soit la séquence projetée, mais aussi quel que soit le lieu d'expérimentation. En effet, il est très intéressant de remarquer que l'enquête et les tests menés auprès du groupe de riverains à leur domicile ont aussi permis de mettre en évidence un effet du contexte réel sur la tâche de catégorisation d'images, alors qu'aucun film n'était projeté. Ceci valide la première partie de notre hypothèse principale, et plus particulièrement l'hypothèse spécifique aux effets des contextes environnementaux en milieu réel (H1) qui était : si la classification d'images associées à un film projeté en arrière plan donne lieu à une meilleure exécution et de meilleures performances que pour des images non reliées au film (comme démontré lors des pré-test), alors on observera les mêmes types de résultats dans la réalité avec des personnes vivant sur l'emplacement du site de tournage du même film. La différence de conditions expérimentales "relié" vs "non relié" porte alors sur la relation entre les images, le contexte environnant et le paysage réel visible depuis l'habitation (et non plus sur un film ou un autre).

Ainsi les performances à la tâche de classification en catégorie d'images (artefact vs naturel) associées au paysage et au contexte environnant sont meilleures que les performances pour catégoriser des images non reliées.

De plus, l'enquête réalisée par questionnaire à domicile a permis le recueil de données qualitatives importantes aidant à évaluer la perception qu'un riverain a de son environnement de vie, du point de vue paysager et sonore. Comme nous l'avons vu, les habitants interrogés ont une opinion très positive de leur environnement. La vue est décrite comme belle, le paysage agréable, et les impacts environnementaux des transports sont évoqués comme peu gênants que ce soit pour l'intrusion visuelle de

l'autoroute dans le paysage ou le bruit dû à l'infrastructure. L'environnement est globalement considéré comme satisfaisant.

Une des difficultés de ce travail de doctorat était de trouver des critères d'évaluation objectifs du sentiment de Présence. La confirmation de nos différentes hypothèses, ainsi que la concordance des données explicites issues des questionnaires (classiquement utilisés pour évaluer la Présence dans un Environnement Virtuel) avec les données implicites, nous laissent penser que ces paradigmes sont parfaitement appropriés pour ce type de recherche.

Résultats observés au LSEE

Les données issues des expérimentations réalisées auprès des riverains venus au laboratoire de simulation et d'évaluation de l'environnement sont aussi, pour la plupart, en faveur de la confirmation de nos hypothèses. Certes, toutes les analyses ne nous autorisent pas à conclure que les différents facteurs ont systématiquement les effets escomptés. Cependant, on constate que globalement le contexte représenté par les différentes séquences et créé par le laboratoire facilite la tâche de catégorisation. Cela se traduit soit par des latences plus courtes, soit par des taux de bonnes réponses plus élevés pour les éléments reliés, parfois même les deux. De plus, on note que globalement et pour deux des trois séquences, les patterns de résultats sont superposables à ceux obtenus in situ. Cela confirme de l'hypothèse sur les effets du lien entre le contexte et la tâche à réaliser.

L'une de nos hypothèses était que l'une des séquences de simulation induirait un plus fort sentiment de présence dans l'Environnement Virtuel que les autres, et permettrait ainsi de reproduire des performances plus superposables et comparables à celles observées dans la réalité. Nous avons ainsi constaté, dans la tâche de catégorisation, que deux séquences semblent plus adaptées pour reproduire les effets de contexte mis en évidence au domicile des participants : la séquence vidéo et la séquence de Réalité Virtuelle.

Parallèlement, si l'on se réfère à toutes les données recueillies (celles issues de la tâche attentionnelle de détection de bip et de la tâche de catégorisation, ainsi que les réponses rapportées dans les questionnaires), nous constatons que la séquence pour laquelle les participants sont les plus efficaces et les plus rapides, est aussi la séquence qui est la plus appréciée, et pour laquelle le sentiment de Présence est décrit comme le plus fort. Il s'agit alors de la séquence vidéo.

Les comparaisons qui ont été menées sur ce groupe de riverains entre les deux lieux d'expérimentation (à leur domicile puis au LSEE) fournissent des éléments allant toujours dans le sens de nos conclusions.

Pour ce qui est de la tâche attentionnelle de détection de bip, la phase d'expérimentation à domicile a permis de relever des performances de référence des participants de ce groupe. Les analyses de comparaisons menées sur la tâche de catégorisations comme sur cette tâche attentionnelle ne montrent pas d'effet du lieu d'expérimentation.

Les résultats obtenus sur les différentes tâches et les analyses réalisées sont aussi

en faveur de nos hypothèses et donc de la capacité du LSEE à recréer un contexte comparable à l'environnement réel, qui y est simulé.

Concernant le groupe contrôle, constitué de personnes ne résidant pas dans le village test de Druillat, les résultats sont encore plus constants. Les effets du lien entre les images et le contexte créé par le laboratoire sur la tâche de catégorisation sont de nouveau confirmés, de même que la prédominance d'une des séquences pour induire le sentiment de Présence : cette fois, la séquence de Réalité augmentée.

Tout ceci concorde pour nous permettre d'argumenter en faveur de la validation de deux de nos objectifs:

- Tout d'abord, ces résultats vont dans le sens de la confirmation de nos hypothèses, non seulement en ce qui concerne les effets de contexte (H1, comme nous l'avons vu juste avant), mais aussi pour ce qui est des processus attentionnels. Il apparaît que les performances à cette tâche de détection de bip sont proportionnelles à l'intensité du sentiment de Présence dans la scène, comme l'affirmait une de nos hypothèses (intitulée H2 en chapitre 5).

Pour le groupe de riverains, la séquence vidéo est celle qui induit le plus fort sentiment de présence décrit, de même que le plus grand sentiment d'être "comme chez soi". C'est aussi celle qui reçoit les notes esthétiques les plus élevées et pour laquelle le bruit est perçu comme le plus faible (alors que le niveau sonore est toujours le même, quelle que soit la scène visuelle). Cette séquence est également celle pendant laquelle les participants sont les plus rapides à la tâche attentionnelle.

Pour le groupe contrôle, on observe les mêmes types de résultats, mais pour la séquence de Réalité Augmentée.

On confirme ici l'idée qu'une séquence est plus adaptée que les autres pour créer la mise en situation voulue, et induire les effets de contexte escomptés. En d'autres termes, une séquence est plus efficace que les autres pour engendrer les réactions cognitives qui seraient observables dans la réalité, et recréer un contexte permettant l'activation de représentations mentales relatives à l'environnement simulé (la vidéo pour les riverains, la RA pour les non riverains).

Ainsi les critères de mesure implicites mis au point, constitués par les données issues des deux tâches cognitives (catégorisation et détection de bip) semblent efficaces pour mesurer le sentiment de Présence. De plus, ces critères reflètent les mêmes résultats que ceux mis en évidence par les données explicites recueillies grâce aux questionnaires. Les deux méthodes d'évaluation se renforcent conjointement.

- Ensuite, tous ces éléments autorisent à se prononcer sur l'efficacité du laboratoire. Ils donnent toute l'argumentation nécessaire pour attester que le LSEE offre la possibilité de recréer un environnement et un contexte pouvant induire les mêmes comportements et réactions qu'en milieu réel.

Une partie du groupe contrôle était appariée au groupe de participants résidant au village de Druillat. Les analyses de comparaison entre ces deux groupes ont révélé une plus grande rapidité du groupe contrôle constitué de non riverains. Mais cette différence ne contredit pas nos hypothèses de travail ou notre réflexion : les simulations au

laboratoire permettent aux deux groupes de sujets de se sentir présents dans l'environnement recréé et d'activer les mêmes types de représentations mentales associés à l'environnement simulé. Une différence apparaît tout de même entre les deux groupes :

Elle porte sur la séquence qui est la plus adaptée pour induire les effets de contexte, et aussi provoquer la mise en situation, les sentiments de Présence et d'immersion escomptés et prévus. Pour les riverains, il s'agit de la séquence vidéo, alors que pour le groupe contrôle, c'est la séquence de Réalité Augmentée qui est la plus déterminante pour révéler les effets attendus. En fait, il semble même que la séquence la plus efficace pour un groupe, aurait tendance à être la moins adaptée et la moins appréciée par l'autre groupe. Mais ce qui est très intéressant, c'est que la séquence de réalité augmentée soit la plus appropriée pour induire les effets recherchés chez le groupe contrôle de non riverains. Elle permet d'induire un contexte favorisant presque systématiquement la catégorisation sur le plan de la rapidité de la réalisation de la tâche comme sur les taux de bonnes réponses, pour les éléments artificiels comme pour les éléments naturels. De plus cette séquence est la plus appréciée au regard des données qualitatives, c'est aussi celle qui induit le plus fort sentiment de présence, et lors de laquelle la tâche attentionnelle est la mieux réalisée : les temps de réponses sont globalement plus courts et les participants s'améliorent significativement. Les observations et résultats obtenus à l'issue de la projection de la séquence de Réalité Augmentée sont tous en faveur de la confirmation des hypothèses formulées. Ici aussi, les critères de mesure implicites et explicites convergent et renforcent nos conclusions : le LSEE permet de rendre compte assez fidèlement d'une réalité donnée pour engendrer une mise en situation de riverains d'une infrastructure de transports, et induire le sentiment de Présence dans le site recréé. Ceci est encore plus réaliste pour une des séquences de simulation.

Ce point est extrêmement intéressant pour les travaux futurs. En effet, l'un des plus grands intérêts de la Réalité Virtuelle pour les études de perception de l'environnement ou de perception des impacts environnementaux des transports est de rendre possible et visible, ce qui n'existe pas (ou pas encore) dans la réalité. Il est donc primordial pour ce champ d'application de constater que la Réalité Augmentée (ou éventuellement la Réalité Virtuelle) permet d'induire le sentiment de Présence, et de créer un contexte qui provoque des réactions de la part des sujets comme s'ils se trouvaient dans un site réel.

2.1.2. Apports de ces résultats pour les études de perception des impacts environnementaux des transports

Jusqu'à présent, les études d'évaluation de la perception de l'environnement, ou de perception des impacts environnementaux des transports, ont souvent été menées auprès de population résidant près d'une infrastructure, ou en tout cas familière de l'environnement simulé. Mais un des objectifs recherchés, en utilisant les techniques de simulation de l'environnement, est de fournir des éléments pour évaluer la perception des impacts des infrastructures avant leur réalisation. C'est pourquoi la simulation d'environnements constitue un outil majeur. Le travail mené sur le groupe de riverains devait permettre la comparaison entre deux lieux d'expérimentation, et plus précisément

pour les expérimentations menées au LSEE de travailler avec des participants connaissant le lieu recréé dans le laboratoire. Leurs réactions et opinions étaient primordiales pour rendre compte de la comparaison réalité/laboratoire, de même que pour attester de la qualité des simulations. Pour ce groupe, c'est la séquence vidéo qui s'est révélée être la plus efficace pour recréer le contexte environnemental de leur domicile (même si la séquence de Réalité Virtuelle a été appréciée). Cependant, comme nous l'avons expliqué, l'aboutissement de ce type de recherches est d'aider à prévoir comment les modifications et aménagements de l'environnement peuvent être perçus. Les personnes alors interrogées et testées résideront (ou non si l'on souhaite davantage généraliser l'étude) sur un site qui ne sera pas encore modifié, d'où l'intérêt de pouvoir leur présenter des séquences dans lesquelles des éléments peuvent être incrustés. Car dans la réalité, ces éléments ne seront pas encore insérés ou transformés. Les données recueillies auprès du groupe contrôle correspondent donc à nos attentes : une des séquences de simulation permet effectivement d'induire une mise en situation valide. Selon nos résultats, la Réalité Augmentée est le type de simulation qui devrait logiquement être utilisé par la suite : il présente l'avantage de permettre d'insérer dans un film vidéo les modifications envisageables sur un site réel, sans toutefois demander tout le travail infographique de recréation complète qu'implique la Réalité Virtuelle.

2.2. Apports de cette méthodologie au cadre théorique

Les diverses expérimentations réalisées ont permis de constater que si l'interaction avec l'environnement virtuel n'était ni prévue ni possible au LSEE, cela n'a apparemment pas entravé le sentiment de Présence ressenti par les participants. Pour des raisons de pertinence écologique ce choix a été justifié. Toutefois, à l'issue du travail de recherche bibliographique force était de constater que la majorité des auteurs considère l'interaction avec la simulation comme essentielle. Il nous est donc apparu comme nécessaire de fournir des arguments expérimentaux pour appuyer notre opinion. Pour cela, un dernier protocole visant à confronter deux groupes de participants, l'un devant interagir avec un jeu vidéo, l'autre visionnant une vidéo de démonstration, a été mis en place. Cette dernière expérimentation a donné lieu à des résultats intéressants, ouvrant de nouvelles pistes de recherche (par exemple sur les degrés d'interaction et les niveaux d'immersion). Cependant aucune conclusion fondée ne peut-être émise concernant la nécessité d'interagir avec un environnement virtuel ou un jeu vidéo pour que l'utilisateur y croit et se laisse immerger. Il semble que dans les deux cas, les mêmes représentations mentales, relatives à l'environnement suggéré par la simulation, soient activées. Au regard des résultats des diverses expérimentations menées pour ce doctorat, du fait que les mêmes performances cognitives puissent être observées et les mêmes représentations mentales activées, qu'il y ait interaction avec la simulation ou pas, il paraît raisonnable de considérer qu'à partir du moment où l'utilisateur veut bien croire à l'Environnement Virtuelle qui lui est proposée, interagir n'est ni nécessaire ni indispensable pour induire le sentiment de Présence.

3. Conclusion et perspectives

L'utilisation de la Réalité Virtuelle est effectivement un atout pour les études de perception de l'environnement. Cette thèse en a surtout montré les apports. Toutefois, il est important de constater que selon les groupes, le type de séquence le plus efficace pour induire des effets de contexte et un sentiment de présence dans la simulation, peut être différent. S'il est une limite à l'utilisation des Environnements Virtuels pour les études de perception des impacts environnementaux des transports c'est en ce point qu'elle se trouve. Selon le type de population, il faudra identifier au préalable la forme de séquence la plus efficace pour effectivement prévoir ses réactions dans la réalité. En effet, il n'est pas possible d'être totalement certain que la réalité augmentée soit assurément la plus adaptée pour un groupe résidant dans une zone devant être réaménagée.

Dans la mesure où nous avons testé un groupe résidant sur le site simulé et un groupe de personnes vivant dans des lieux totalement différents, mais aussi que les tendances observées contribuent à démontrer que la séquence la plus adaptée à l'un est aussi la moins efficace pour l'autre, il est difficile de garantir quel serait le type de séquence idéal pour évaluer à priori les réactions de tout un groupe habitant un site commun, destiné à être transformé.

Ce type de recherche serait certainement très intéressant à réaliser pour compléter notre travail.

De même, d'autres perspectives de recherches sont envisageables au LSEE, avec différentes possibilités d'applications. Par exemple, la confrontation à une situation modifiée en laboratoire avec la même situation effectivement modifiée sur le terrain permettrait de définir la capacité de l'outil à prédire fidèlement les changements perçus. Ce laboratoire de simulation pourrait alors être utilisé pour évaluer la perception et l'acceptabilité d'aménagements aux abords d'infrastructures de transport avant leur construction (aspects psychologiques) et aussi dans le cadre de l'évaluation monétaire des nuisances environnementales (aspects économiques).

Pour ce qui est de la question de l'interaction entre l'utilisateur et la simulation, il serait utile de comparer différents types d'interaction entre l'utilisateur et l'interface, dans différents types de simulation, plus ou moins immersives. Comme nous l'avons déjà expliqué, envisager des paradigmes mettant en évidence l'utilisation de représentations mentales activées de manière concrète, diversifiée et selon différents niveaux de difficultés, nous semble nécessaire.

Il serait aussi particulièrement astucieux de chercher à créer et à tester des simulations qui induiraient une réaction totalement spontanée. Par exemple comme cela tend à être mis en place actuellement à Barcelone (Slater, M., Centre de Realitat Virtual, Universitat Politècnica de Catalunya), imaginer mettre en situation les participants dans une salle de restaurant, ou un appartement où une soirée aurait lieu, et où soudainement un événement imprévu serait déclenché (comme un incendie, une grande inondation,...).

En fait, concevoir des scénarii apparemment anodins et familiers, mais impliquant une mise en danger imprévisible et soudaine. L'objectif serait de créer un contexte tout d'abord assez neutre, puis changeant brusquement pour induire une situation émotionnelle assez forte pour être instinctivement reconnue et universelle. Dans le cas où ces simulations pourraient provoquer des réactions spontanées identiques à celles qui seraient observées dans la réalité, il serait possible d'étudier le sentiment de Présence de façon plus approfondie, et de comprendre et définir les mécanismes cognitifs impliqués.

Deux questions restent en effet en suspens : pourquoi et comment le système cognitif peut-il être dupé par une simulation tandis que le sujet reste conscient de ne pas être dans un lieu réel? Enfin, à quel moment et par quel mécanisme est-il possible qu'à un instant donné, il soit concevable de croire comme réel ce qui est une représentation de la réalité, sans illusion explicable par un phénomène physiologique ?

Enfin l'infographie atteint aujourd'hui des niveaux de technicités très pointus, les images de synthèse produites sont très photo-réalistes et simulent la réalité de manière quasi-parfaite. L'utilisation de ces images est aussi une aide à la conception dans les domaines commercial et industriel. La question de la pertinence de leur utilisation, de leur cohérence et de leur valeur prédictive se pose de nouveau. Il devient alors important de comprendre comment se construit le jugement porté sur la simulation d'un objet particulier et non plus d'un environnement.

Références Bibliographiques

- Abe, K., Ozawa, K., Suzuki, Y. & Sone, T. (1999). The effects of visual information on the impression of environmental sounds. *Proceeding of Internoise 1999*, Fort-Lauderdale, USA, 1177-1182.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Anderson, L.M., Mulligan, B.E., Goodman, L.S., & Regen, H.Z. (1983). Effects of sounds on preferences for outdoor settings. *Environment and Behaviour*, 15, 5, 539-566.
- Adamczewski, G. (2005). L'empathie: textes choisis, site web : <http://www.biblioconcept.com/wiki/index.php?wiki=Empathie>
- Aguirre GK, D'Esposito M (1997). Environmental knowledge is subserved by separable dorsal/ventral neural areas. *Journal of Neuroscience* 17(7):2512-2518.
- Astur RS, Taylor LB, Mamelak AN, Philpott L, Sutherland RJ (2002). Humans with hippocampus damage display severe spatial memory impairments in a virtual Morris water task. *Behavioural Brain Research* 132(1):77-84.
- Astur RS, Tropp J, Sava S, Constable RT, Markus EJ (2004b). Sex differences and correlations in a virtual Morris water task, a virtual radial arm maze, and mental rotation. *Behavioural Brain Research* 151(1-2):103-115.
- Aylor, D.E. and Marks, L.E. (1976). Perception of noise transmitted through barriers.

- Journal of Acoustic Society of America*, 59, 2, February, 397-400.
- Balaguer, F., & Mangili, A. (1991). Virtual Environments. In *New Trends in Animation and Visualization*, John Wiley and Sons (Eds.) Chichester, UK, 91-106.
- Bandura A (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215.
- Barfield, W., Zeltzer, D., Sheridan, T.B. and Slater, M. (1995). Presence and performance within virtual environments. In: Barfield, W. and Furness III, T.A. (Eds), *Virtual Environments and Advanced Interface Design*, 473-513. Oxford: Oxford University Press.
- Barnu, F. (1994) Programmer le virtuel. *La Recherche*, mai 1994.
- Barsalou, L.W., Solomon, K.O., & Wu, L.L. (1999). Perceptual simulation in conceptual tasks. In M.K. Hiraga, C. Sinha, & S. Wilcox (Eds.), *Cultural, typological, and psychological perspectives in cognitive linguistics: The proceedings of the 4th conference of the International Cognitive Linguistics Association*, 3, 209-228. Amsterdam: John Benjamins.
- Barnu, F. (1994) Programmer le virtuel. *La Recherche*, mai 1994.
- Barsalou, L.W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 1999, 22, 577-660.
- Barsalou, L.W. (2003). Abstraction in perceptual symbol systems. *The Royal Society, published on line*, 22 May 2003.
- Barsalou, L.W. (2003). Situated simulation in the human conceptual system. *Language and cognitive processes*, 2003, 18 (5/6), 513-562.
- Barsalou, L.W., Barbey, A.K., Simmons, W.K., & Santos, A. (2004). Embodiment in religious Knowledge. *Journal of Cognition and Culture - Special Issue on Religious Cognition*, June 2004.
- Barsalou, L.W., & Solomon K.O. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory and cognition*, 2004, 32 (2), 244-259.
- Barsalou, L.W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. In D. Pecher and R. Zwaan (Eds.), *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought*. New York: Cambridge University Press.
- Barsalou, L.W., Pecher, D., Zeelenberg, R., Simmons, W.K., & Hamann, S.B. (2005). Multi-modal simulation in conceptual processing. In W. Ahn, R. Goldstone, B. Love, A. Markman, & P. Wolff (Eds.), *Categorization inside and outside the lab: Essays in honor of Douglas L. Medin* (249-270) . Washington, DC: American Psychological Association.
- Bauer H. (2000). Étude de la gêne visuelle dans la perception d'un paysage. Mémoire de Maîtrise de Psychologie, non publié, Université Lyon II, Lyon, France.
- Berthoz, A. & Jorland, G. (2005). L'empathie. Eds Odile Jacob, ISBN 2-7381-1485-7, octobre 2004.
- Bertella L, Marchi S, Riva G (2001). Virtual Environments for Topographic Orientation (VETO): Clinical rationale and technical characteristics. *Presence* 10(4):440-449.
- Biederman, I. (1972). Perceiving real-world scenes. *Sciences*, . 177, N° 7, July 1972, 77-80.

- Bishop, I.D., & Rohrmann, B. (2003). Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and Urban Planning*, 65, 261-277.
- Bonnet, C., Guiglione, R. & Richard, J.F. (1989) *Traité de psychologie Cognitive, le traitement de l'information symbolique*. (Eds). Paris : Dunod, 1990.
- Bordnick PS, Traylor AC, Graap KM, Copp HL, Brooks J (2005). Virtual reality cue reactivity assessment: a case study in a teen smoker. *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 30(3):187-193.
- Botella, C., Baños, R.M., & Alcañiz, M. (2003). A psychological approach to presence. *Paper presented in proceedings of PRESENCE 2003*, 6th Annual International Workshop on Presence, Aalborg, Denmark, 6-8 October 2003.
- Bouchard S., St-Jacques, J., Robillard, G. & Renaud, P. (2005). Anxiety increases the sense of presence in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* Currently available on-line in *Presence-connectcom*, 4(1).
- Bourassa, S.C.(1987). Toward a theory of landscape aesthetics. *Landscape and Urban Planning*, 1, 241-252.
- Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psychologist*, 36, 129-148.
- Bowman, D., Kruijff, E., LaViola, J.J.Jr. & Poupyrev, I. (2005). 3D User Interfaces : Theory and Practice. *Pearsons Education*, Boston Massachussets, 2005.
- Bowman, D., Johnson, D. & Hodges, L. (2001). Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 10, n° 1, 2001, 75-95.
- Breman, P. (1993). Lire les paysages : une évidence à revoir. *Regards sur le Foncier*, n° printemps 93, 15-18.
- Breman, P. (1997). La demande sociale et ses répercussions sur l'aménagement des espaces : le cas des boisements artificiels dans les paysages ruraux de plaine et de moyenne montagne. *Acte Xlième Congrès Forestier Mondial*, 13-22 octobre 1997, Antalia, Turquie.
- Brooks, F.P. Jr. (1999). What's Real About Virtual Reality? *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19, n° 6, 16-27, November 1999.
- Brooks, B.M., Rose, F.D., Potter, J., Jayawardena, S. & Morling, A. (2004). Assessing stroke patients' prospective memory using virtual reality. *Brain Injury*, 18(4), 391-401.
- Brousseau, G. (1998). Théorie des situations didactiques. Recueil de textes de Didactique des mathématiques 1970-1990. (Eds) Grenoble : *La pensée sauvage*.
- Brouziyne M. & Molinaro C. (2007). Exemple d'une préparation mentale à base d'imagerie chez un pongiste aux jeux paralympiques d'Athènes 2004. *Actes du 12 ème Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives (ACAPS)*, 31 octobre – 2 Novembre 2007, Leuven, Belgique.
- Burkhardt, J.M., Bardy, B., & Lourdeaux, D. (2003). Immersion, réalisme et présence dans la conception et l'évaluation des Environnements Virtuels. *Psychologie Française*. N° 48-2, 2003, 35-42.
- Burkhardt, J.M. (2005). Réalisme et Présence. Le virtuel et le tangible. *Actes du Séminaire inter-disciplinaire de Sciences et Technologies cognitives*, organisées par l'EA 2223 COSTECH, 25-29 janvier 2005, UTC Compiègne, France.

- Carles, J.L., Lopez Barrio, I., Vicente de Lucio, J. (1999) Sound Influence on landscape values. *Landscapes and Urban Planning*, 43, 191-200.
- Champelovier, P., & Guérin, D., (2002). "Développement d'un laboratoire de simulation pour l'évaluation globale des effets environnementaux des transports. Étape 1 : Les interactions entre la perception visuelle et la perception sonore": Synthèse bibliographique. *Rapport INRETS-LTE*, n°0232.
- Champelovier, P., Cremzi-Charlet, C. & Lambert, J., (2003). Evaluation de la gêne due à l'exposition combinée aux bruits routier et ferroviaire. *Les collections de l'INRETS. Rapport de recherche INRETS*, n°242, septembre 2003.
- Champelovier, P., Hugot, M., Lambert, J., Lombardo, J.C., Maillard, J. & Martin, J., (2005). Environnement virtuel pour l'évaluation de la perception des nuisances visuelles et sonores des infrastructures de transport. *Les collections de l'INRETS. Rapport de recherche INRETS* N°268, octobre 2005.
- Clark A, Kirkby KC, Daniels BA, Marks IM (1998). A pilot study of computer-aided vicarious exposure for obsessive-compulsive disorder. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 32(2), 268-275.
- Cohen, J., McWhinney, B., Flatt, M. & Provost, J. (1993). PsyScope: An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavioural Research Methods, Instruments and Computers*, 25, 257-271.
- Cosnier, J.,(1994). *La psychologie des émotions et des sentiments*, Paris, Retz; en version actualisée : Emotions et sentiments, Conférences Université Saint-Joseph, Beyrouth, 2004.
- Cutting, J.E. (2004). *Perceiving scenes in film and in the world. Moving image theory: Ecological considerations*. In Anderson J.D. & Fisher-Anderson B. (Eds), University of Southern Illinois press.
- Damasio, A. (1989). The brain binds entities and events by multiregional activation from convergence zones. *Neural Computation*, MIT Press Cambridge, MA, USA , 1(1), 123-132
- Damasio, A.R. (1995). *L'erreur de Descartes. La raison des émotions*. Paris : Eds Odile Jacob (Sciences).
- Damasio, A.R. (1999). *Le sentiment même de soi*. Paris : Eds Odile Jacob (Sciences).
- Davies, G.M. (1986). Context effects in episodic memory : A review. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 6 (2), 157-174.
- Davies, M., & Stone, T. (2001). *Mental Simulation, Tacit Theory, and the Threat of Collapse*. *Philosophical Topics*, 2001, 29 (1&2), 127-173 , ISBN/ISSN: 0276-2080
- Davies, G. & Thomson, D. (1988). *Context in Context*. In: Davies, G. & Thomson, D. (eds.) *Memory in Context: Context in Memory*. John Wiley, Chichester (1988).
- Dearden, P. (1984). Factors influencing landscape preferences, an empirical investigation. *Landscape and Urban Planning*, 12/1984, 11, 293-306.
- Decety, J., & Michel, F. (1989). Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain and Cognition*, 11, 87-97.
- Decety, J., Jeannerod, M., & Prablanc, C. (1989). The timing of mentally represented

- actions. *Behavioural Brain Research*, 34, 35-42.
- Decety, J., Jeannerod, M., Durozard, D., & Baverel, G. (1993). Central activation of autonomic effectors during mental simulation of motor action in man. *Journal of Physiology*, 461, 49-563.
- Decety, J., & Grèzes, J. (2000). Représentations mentales/neurales et action. In F. Viader, F. Eustache & B. Lechevalier (Eds.), *Espace, geste et action : neuropsychologie des agnosie spatiales et des apraxies*, 85-112. Bruxelles: De Boeck Université.
- Decety, J. (2002). Naturaliser l'empathie. *L'Encéphale*, 2002, 28, 9-20.
- Decety, J., & Jackson, P.L. (2004). The functional architecture of human empathy. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 3, N° 2, June 2004, 71-100.
- Denis, M. & Dubois, D. (1976) La représentation cognitive: quelques modèles récents. *L'Année Psychologique*, 76, 541-562
- De Kort, Y.A.W., Ijsselsteijn, W.A., Kooijman, J., & Schuurmans, Y. (2001). Virtual environments as research tools for environmental psychology: a study of the comparability of real and virtual environments. *Proceedings of The 4th Annual International Workshop on Presence*, Philadelphia, USA - May 21-23, 2001.
- De Kort, Y.A.W., Ijsselsteijn, W.A., Kooijman, J., & Schuurmans, Y. (2003). Virtual Laboratories: Comparability of Real and Virtual Environments for Environmental Psychology. *Presence: Teleoperators, & Virtual Environments*, .12, Issue 4, august 2003, 360-373. Originally presented at The 4th Annual International Workshop on Presence, Philadelphia, USA - May 21-23, 2001.
- De Kort, Y.A.W., Meijnders, A.L., Sponselee, A.A.G. & Jsselsteijn, W.A.I. (2006). What's Wrong With Virtual Trees? Restoring From Stress In A Mediated Environment. *Journal of Environmental Psychology*, 26, 309-320 , Published December 2006.
- Dieguez, S. (2005). Vers une neuropsychologie sociale. Intégrer l'empathie, l'effet caméléon et la contagion émotionnelle dans la recherche et la clinique neurologique. *Schweizer Archiv Für Neurologie and Psychiatrie*, 156, 4/2005.
- Difede, J., Hoffman, H. & Jaysinghe, N. (2002). Innovative use of virtual reality technology in the treatment of PTSD in the aftermath of September 11. *Psychiatric Services*, 53(9),1083-1085.
- Difede, J. & Hoffman, H.G. (2002). Virtual reality exposure therapy for World Trade Center Post-traumatic Stress Disorder: a case report. *Cyberpsychology & Behaviour*, 5(6), 529-535.
- Elkind, J.S., Rubin E., Rosenthal, S., Skoff B. & Prather, P. (2001). A simulated reality scenario compared with the computerized Wisconsin card sorting test: an analysis of preliminary results. *Cyberpsychology & Behaviour*, 4(4),489-496.
- Fava-Natali, V. (1994). Le rapport réel/virtuel dans l'image de synthèse : du concept de représentation à celui de simulation numérique relative à « la réalité virtuelle ». *Actes du séminaire « Écrit, Image et Nouvelles Technologies. »*
- Feltz, D.L., & Landers, D.M. (1983). The effects of mental practice on motor skill learning and performance : A met-analysis. *Journal of Sports Psychology*, 5, 25-57
- Ferraro, F.R., King, B., Ronning, B., Pekarski K., & Risan, J. (2003). Effects if induced

- emotional state on lexical processing in younger and older adults. *The Journal of Psychology*, 2003, 137(3), 262-272.
- Freeman J., Avons S.E., Meddis R., Pearson D.E., & Ijsselsteijn W. (2000). Using Behavioral Realism to Estimate Presence : A Study of the Utility of Postural Responses to Motion Stimuli. *Presence*, 9, n° 2, April 2000, 149-164.
- Freeman, J., Lessiter & Ijsselsteijn, W.A. (2001). An Introduction to Presence: A Sense of Being There in a Mediated Environment. *The Psychologist, British Psychological Society*, April 2001.
- Gerhard, M., Moore, D., J., & Hobbs, D., J. (2001). An experimental study of the effects of presence in collaborative virtual environments. *Proceedings of the British Computer Society Conference on Intelligent Agents, Mobile Media, and Internet Applications*, Bradford, U.K.
- Guérin – Presselin, D. (2004). Temps optimal de présentation d'une séquence audiovisuelle d'un paysage avec infrastructure de transport dans le but d'induire un sentiment d'immersion. *Mémoire de DEA non publié en psychologie, mention psychologie cognitive*, Université Lyon 2, 2004.
- Fuchs, P., Moreau, G., Arnaldi, B., Burkhardt, J-M., Chauffaut, A., Coquillart, S., Donikian, S., Duval, T., Grosjean, J., Harrouet, F., Klinger, E., Lourdeaux, D., Mellet d'Huart, D., Paljic, A., Papin, J-P., Stergiopoulos, P., Tisseau, J. & Viaud-Delmon, I. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle*: Presses de l'Ecole des Mines de Paris, deuxième édition.
- Gershon, J., Zimand, E., Lemos; R., Rothbaum, B.O. & Hodges, L.F. (2003). Use of virtual reality as a distractor for painful procedures in a patient with pediatric cancer: a case study. *Cyberpsychology & Behaviour*, 6(6), 657-661.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Eds. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1979.
- Gifford, R. & Fan NG, C. (1982). The relative contribution of visual and auditory cues to environmental perception. *Journal of environmental psychology*, 2, 275-284.
- Graap, K. (2004). Virtual Crack House. *Science*, 303,1608.
- Godden, D.R. & Baddeley, A.D., (1980). When does context influence recognition memory? *British Journal of Psychology* , 71, 99-104
- Goldstone, R.L., & Barsalou, L.W. (1998). Reuniting perception and conception. *Cognition*, 65, 231-262.
- Gopnik, A. et Wellman, H.M. (1992) "Why the child's theory of mind really is a theory", in Davies & Stone (eds.) *Mental Simulation*, Oxford: Blackwell.
- Gopnik, A. et Wellman, H.M. (1994) "The Theory Theory", in Hirschfeld, L. & Gelman, S.A. (Eds.) *Mapping the Mind, Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Hall, C.R., Buckolz, E., & Fishburne, G.J. (1992). Imagery and the Acquisition of Motor Skills. *Canadian Journal of Sport Science*, 17, 19-27.
- Hayashi, M., Kashima, N., Suzuki, I., Tamura, A. & Toyama, N. (1994). Effect of planting on relief of annoyance – Field survey at urban roadside. *Proceeding of Internoise 1994*, Yokohama, Japan, 989-992.

- Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1 (2), 262-271.
- Held, R. M., & Durlach, N. I. (1992). Telepresence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1 (1), 102-112.
- Herbelin, B., Vexo, F., & Thalmann, D. (2002). Sense of presence in virtual reality exposure therapy. *Proceedings of the 1st International Workshop of the Virtual Reality Rehabilitation*, Lausanne, Switzerland, November 2002.
- Huang, M.P., & Alessi, N.E. (1999). Presence as an emotional experience. *Studies for Health and technological Information*. 1999; 62, 53-148. Originally published in: *Medicine Meets Virtual Reality : The convergence of physical and informational technologies options for a new era in healthcare*. J.D. Westwood, H.M. Hoffman, R.A. Robb, & D. Strenney (Eds.). 148-153. Amsterdam, Netherland.
- Hintzman, D. L. (1986). « Schema abstraction » in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93, 411-428.
- Hintzman, D. L. (1988). Judgments of frequency and recognition memory in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 95(4), 528-551.
- Hoffman, J. (1982). Representations of concepts and the classification of objects. In F.Klix, J.Hoffman, & E. van der Meer (Eds.), *Cognitive research in psychology*. Amsterdam: North-Holland.
- Hoffman, H.G., Doctor, J.N., Patterson, D.R., Carrougher, G.J. & Furness; T.A. (2000a). Virtual reality as an adjunctive pain control during burn wound care in adolescent patients. *Pain*, 85(1-2), 305-309.
- Hoffman, H.G., Patterson, D.R. & Carrougher, G.J. (2000b). Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study. *Clinical Journal of Pain*, 16(3), 244-250.
- Hoffman, H.G., Patterson, D.R., Carrougher, G.J. & Sharar, S.R. (2001b). Effectiveness of virtual reality-based pain control with multiple treatments. *Clinical Journal of Pain*, 17(3), 229-235.
- Hoffman, H.G., Patterson, D.R., Magula, J., Carrougher, G.J., Zeltzer, K., Dagadakis, S. & Sharar, S.R. (2004a). Water-friendly virtual reality pain control during wound care. *Journal of Clinical Psychology*, 60(2), 189-195.
- Hoffman, H.G., Sharar, S.R., Coda, B., Everett, J.J., Ciol, M., Richards, T. & Patterson, D.R. (2004b). Manipulating presence influences the magnitude of virtual reality analgesia. *Pain*, 111(1-2), 162-168.
- Houdé, O., Kayser, D., Koenig, O., & Rastier, F. (1998). *Vocabulaire de Sciences cognitives*, Paris, Presse Universitaire de France, (297-300 et 201-205).
- Ijsselsteijn, W.A., De Ridder, H., Freeman, J. & Avons, S.E. (2000). Presence: Concept, determinants and measurement. *Proceedings of the SPIE, Human Vision and Electronic Imaging*, . 3959, 59-76, presented at Photonics West- Human Vision and Electronic Imaging, San Jose, CA, 23-28 Jan. 2000.
- Ijsselsteijn, W., De Ribber, H., Freeman, J., Avons, S.E., & Bouwhuis, D. (2001). Effects of stereoscopic presentation, image motion, and screen size on subjective and objective corroborative measures of presence. *Presence*, 10, n° 3, June 2001,

298-311.

- Ijsselsteijn, W.A. (2002, invited paper). Understanding Presence. *Proceedings of the AIIA 2002 'Workshop sulla percezione della presenza in ambienti virtuali o remoti'*, Siena, Italy, 10-13 September 2002.
- Ijsselsteijn, W., & Riva, G. (2003). Being there : the experience of presence in mediated environments. *Being there: concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*. G. Riva, F. Davide, & W.A. Ijsselsteijn (Eds.) IOS Press, 2003, Amsterdam, The Netherlands.
- Ingvar, D., & Philippon, L. (1977). Distribution of the cerebral blood flow in the dominant hemi-sphere during motor ideation and motor performance. *Annals of Neurology*, 2, 230-237.
- Jakobsson, M. (2003). A virtual realist primer to virtual world design. In Ehn, Pelle & Löwgren, Jonas (eds.). *Searching voices - towards a canon for interaction design. Studies in Arts and Communication*. Malmö : Malmö University, Sweden.
- Johansson, R., Holsanova, J. & Holmqvist, K. (2005). What Do Eye Movements Reveal About Mental Imagery? Evidence From Visual And Verbal Elicitations. In Bara, B. G., Barsalou, L., Bucciarelli, M. (Eds.), *Proceedings of the 27th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 1054-1059. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Johansson, R., Holsanova, J. & Holmqvist, K. (2006). Pictures and spoken descriptions elicit similar eye movements during mental imagery, both in light and in complete darkness. *Cognitive Science*, 30(6), 1053-1079. Lawrence Erlbaum.
- Johnson, M. K., Foley, M. A., Suengas, A. G., & Raye, C. L. (1988). Phenomenal characteristics of memories for perceived and imagined autobiographical events. *Journal of Experimental Psychology: General*. 1988, 117, n°4, 371-376.
- Jullien, J.P. & Warusfel, O. (1994). Technologies et perception auditive de l'espace. *Cahiers de l'IRCAM* (5), Mars 1994, 15.
- Kitagawa N. & Ichihara S. (2002) Hearing visual motion in depth. *Letters to Nature, Nature*, 416, Mars 2002.
- Klinger, E. (2006) Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge de troubles cognitifs et comportementaux. Thèse de Doctorat en Informatique, ENST - INFRES Informatique et Réseaux, ENST.
- Klinger, E., Marié, R.M., & Fuchs, P. (2006b). Réalité virtuelle et sciences cognitives: Applications en psychiatrie et neuropsychologie. *In Cognito, Cahiers Romains de Sciences Cognitives*, 3(2), 1-31.
- Kosslyn, S.M. & Pomerantz, J.R. (1977). Imagery, propositions and the form of internal representations. *Cognitive Psychology*, 9, 52-76.
- Kosslyn, S.M., Behrmann, M., & Jeannerod, M. (1995). The cognitive neuroscience of mental imagery. *Neuropsychologia*, 33, n° 11, 1335-1344.
- Kragh, J. (1981) Road traffic noise attenuation by belts of trees. *Journal of Sound and Vibration*, 74 (2), 235-241.
- Lambert, J., Champelovier, P., Vernet, I., Annequin, C. & Baez, D., (1995). Impact de bruit sur les riverains du TGV atlantique. *Rapport INRETS n°196*, février 1995.
- Lengenfelder, J., Schultheis, M.T., Al-Shihabi, T., Mourant, R. & DeLuca, J. (2002).

- Divided attention and driving: a pilot study using virtual reality technology. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 17(1), 26-37.
- Leslie, A.M. (1987). Pretence and representation: the origins of "theory of mind", in *Psychological Review*, 94/4, 412-426.
- Levin, D.T. & Simons, D.J. (2000). Perceiving stability in a changing world: combining shots and integrating views in motion pictures and real world. Review Essay. *Mediapsychology*, 2000, 2, 375-380.
- Leplat, J. (1992). Simulation and generalization Work context : some problems and comments. In *Brehmer B. (Ed.) In Models of Human Activities in Work Context. Separate papers. Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark. I, 15-24.*
- Lespinasse, F. & Perez, J. (1997). Expérience de thérapie par le jeu vidéo, *Le Journal des Psychologues*, Paris, 1997.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Colé, P. (2004). Manulex: A grade-level lexical database from French elementary-school readers. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36, 156-166
- Lima, E-M., Tsuyoshi Honjob, T. & Umeki, K. (2005). The validity of VRML images as a stimulus for landscape assessment. *Landscape and Urban Planning*, 77 (1-2), june 2006, 80-93
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95, 492-527.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, . 3, No. 2, september, 1997.
- Loomis, J. M. (1992). Distal attribution and presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1 (1), 113-119.
- Lumbreras, M. & Sanchez, J. (1998). 3D aural interactive hyperstories for blind children. In: *Proceedings of The 2nd European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies* (Sharkey P, Rose D, Lindstrom J, Eds), 119-128. Skovde, Sweden.
- MacAdams, S. & Bigand, E. (1994). *Penser les sons. Psychologie cognitive de l'audition.* Paris : Presse Universitaire de France, *collection Psychologie et Science de la pensée.*
- Manguno-Mire, G., Constans, J.I., & Geer, J.H. (2004). Anxiety-related differences in affective categorizations of lexical stimuli. *Behaviour Research and Therapy*, 2004.
- Mania, K., & Chalmers, A. (2001). The effects of levels of immersion on memory and presence in virtual environments: A Reality Centered Approach. *CyberPsychology & Behavior*, 4, n° 2, 2001.
- Mania, K., Troscianko, T., Hawkes, R., & Chalmers, A. (2003). Fidelity metrics for virtual environment simulations based on spatial memory awareness states. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 12 , Issue3, June 2003, 296-311.
- Marin, L. (1994). *De la représentation*, Gallimard - Le Seuil, Paris, 1994
- Marks IM (1987). *Fears, phobias and rituals: Panic, anxiety and their disorders.* New York: Oxford University Press.

- Martin J.C. (1995). *Coopération entre modalités et liage par synchronie dans les interfaces multimodales. Chapitre 1 : La multimodalité en Psychologie et Neurobiologie*. Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, département Informatique et Réseaux, Paris, France.
- McGeorges, P., Phillipps, L., Crawford, J.R., Garden, S.E., Della Sala, S. & Milne, A.B. (2001). Using virtual environments in the assessment of executive dysfunction. *Presence: Teleoperators & Virtuals Environments*, 10, 379-387.
- Meehan, M., Insko, B., Whitton, M., & Brooks, F. (2001). Physiological Measures of Presence in Virtual Environments. *Proceedings of 4th Annual Presence Workshop*, Philadelphia, PA, May 2001. Available at <http://nimbus.temple.edu/~mlombard/P2001/Meehan.pdf>
- Meesters, L.M.J., Ijsselsteijn, W.A., & Seuntiëns P.J.H. (2004). A survey of perceptual evaluations and requirements of three-dimensional TV. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14, No. 3, March 2004.
- Medin, D. L., & Schaffer, M. M. (1978). Context theory of classification learning. *Psychological Review*, 85, 207-238.
- Murphy, G.L., Wisniewsky, E.J., (1989). Categorizing objects in isolation and in scenes: What a superordinate is good for. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 572-586.
- Myers RL, Bierig T (2000). Virtual reality and left hemineglect: A technology for assessment and therapy. *Cyberpsychology & Behaviour*, 3(3), 465-468.
- Nathanail, C., Guyot, F. (2001). Parameters influencing of highway traffic noise. 17th *International Congress on Acoustics*, Rome, September 2-7, 2001.
- Niedenthal, P.M., Barsalou, L.W., Winkielman, P., Krauth-Gruber, S., & Ric, F. (in press). Embodiment in attitudes, social perception, and emotion. *Personality and Social Psychology Review*.
- Niedenthal, P.M., Halberstadt, J.B., & Innes-Ker, A.H. (1999). Emotional response categorization. *Psychological Review*, 106(2), 337-361.
- Olafson, K.M., & Ferraro, F.R. (2001). Effects of emotional state on lexical decision performance. *Brain and Cognition*, 45, 15-20 (2001).
- O'Regan, J.K. (1992). Solving the 'real' mysteries of visual perception: the world as an outside memory. *Canadian Journal of Psychology*, 1992, 46, 461- 488.
- Orland, B., Budthimedhee, K., & Uusitalo, J. (2001). Considering virtual worlds as representations of landscape realities and as tools for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 54, Issues 1-4, 25 May 2001, 139-148.
- Pastré, P. (2002). L'analyse du travail en didactique professionnelle, *Revue française de pédagogie*, n° 138, janv.-fév.-mars 2002, 9-17.
- Patrick, J. (1992). *Training research and Practice*. London Academic Press, 487-502.
- Pavlov I (1963). *Réflexes conditionnels et inhibition*. Paris: Gonthier.
- Pecher, D., Zeelenberg, R., & Barsalou, L.W. (2003). Verifying properties from different modalities for concepts produces switching costs. *Psychological Science*, 14, 119-124.

- Poisson, F. (2001). Élaboration d'une méthode d'évaluation économique de l'intrusion visuelle des autoroutes. *Mémoire de Thèse spécialité sciences économiques*, non publiée. Université Paris I. Panthéon Sorbonne, Paris. France.
- Quillian, M.R. (1968). Semantic Memory. In Edited by M. Minsky. *Semantic Information Processing*. Cambridge MIT Press, 1968, 227-270.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M. & goodstein, L.P. (1994). *Cognitive systems engineering*. New-York : (Eds) John Wiley and Sons.
- Rensink, R.A., O'Regan, J.K. & Clark, J.J. (1997). To See or Not to See: The Need for Attention to Perceive Changes in Scenes. *Psychological Science*, 1997, 8,368-373.
- Riva, G. (1997). The virtual environment for body-image modification (VEBIM): development and preliminary evaluation. *Presence*, 6(1), 106-117.
- Riva, G., Bacchetta, M., Baruffi, M. & Molinari, E. (2001). Virtual reality-based multidimensional therapy for the treatment of body image disturbances in obesity: a controlled study. *Cyberpsychology & Behaviour*, 4(4), 511-526.
- Riva, G., Bacchetta, M., Baruffi, M. & Molinari, E. (2002). Virtual-reality-based multidimensional therapy for the treatment of body image disturbances in binge eating disorders: a preliminary controlled study. *IEEE Transactions on Information Technology Biomedicine*, 6(3), 224-234.
- Riva, G. & Waterworth, J. A. (2003). Presence and the Self: a cognitive neuroscience approach. *Presence-Connect*, 3, (3).
- Rizzo, A.A., Pair, J., McNERNEY, P.J., Eastlund, E., Manson, B., Gratch, J., Hill, R. & Swartout, B. (2005). Development of a VR therapy application for Iraq war military personnel with PTSD. *Study for Health Technology Information*, 111, 407-413.
- Robillard, G., Bouchard, S., Fournier, T. & Renaud, P. (2003). Anxiety and Presence during VR immersion : a comparative study of the reactions of phobic and non-phobic participants in therapeutic virtual environment derived from computer games. *Cyberpsychology & Behaviour*, 6(5), 467-476.
- Rhorman, B., Palmer, S., & Bishop, I, (2000). Perceived quality computer-simulated environment. *Environment-Behaviour Research on the Pacific Rim :Proceeding paper 98* (341-342). *Faculty of Architecture, University of Sydney, Sydney, Australia*.
- Rothbaum BO, Hodges LF, Smith S., Lee, J.H. & Price L. (2000). A controlled study of virtual reality exposure therapy for the fear of flying. *Journal Consult Clinical Psychology*, 68(6), 1020-1026.
- Rothbaum, B.O., Hodges, L.F., Ready, D., Graap, K. & Alarcon, R.D. (2001). Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with posttraumatic stress disorder. *Journal of Clinical Psychiatry*, 62(8), 617-622.
- Roure, R., Collet, C., Deschaumes-Molinari, C., Delhomme, G., Dittmar, A., & Vernet-Maury, E. (1999). Imagery quality estimated by autonomic response is correlated to sporting performance enhancement. *Physiology & Behavior*, 66(1), 63-72.
- Ryan, M. L. (1994). Immersion vs. interactivity: Virtual reality and literary theory. *Postmodern Culture*, 5, 1.
- Sauvageot, F. (2001). Les caractéristiques d'une réponse sensorielle. *Biotechnologie*,

- Agronomie, Société et Environnement*, 2001, 5 (3), 171-179.
- Savard, P. & Lapointe, J.F. (2006). Conception d'un outil pour l'étude des techniques de déplacement en environnement virtuel. *Actes de la 18e Conférence Francophone sur l'interaction Humain-Machine (IHM 2006)*. Montréal, Québec, Canada. Du 18 au 21 avril 2006. NRC 48474.
- Schneider, S.M. & Workman, M.L. (2000). Virtual reality as a distraction intervention for older children receiving chemotherapy. *Pediatric Nursing*, 26(6), 593-597.
- Schneider SM, Prince-Paul M, Allen MJ, Silverman P, Talaba D (2004). Virtual reality as a distraction intervention for women receiving chemotherapy. *Oncology Nursing Forum* 31(1), 81-88.
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1 (1), 120-126.
- Schubert, T., Friedman F. & Regenbrecht, H. (1999). Embodied presence in virtual environments. In Ray Paton & Irene Neilson (Eds.), *Visual Representations and Interpretations*, 269-278. London Springer-Verlag.
- Schuemie M.J., Van Der Straten P., Krijn M., & Van Der Mast C. (2001). Research on presence in virtual reality: a Survey. *CyberPsychology & Behavior*, . 4, Number 2, 2001.
- Shubber, Y. (1998). Etude exploratoire de la présence dans un environnement virtuel non-immersif. *Mémoire de DES STAF, Faculté de Psychologie et de Sciences de l'Education, TECFA, Université de Genève, Suisse*.
- Shuttleworth, S. (1980). The use of photographs as an environment presentation medium in landscape studies. *Journal of Environment Management*, 11, 61-76.
- Sirigu, A., Duhamel, J.R., Cohen, L., Pillon, B., Dubois, B., & Agid, Y. (1996). The mental representation of hand movements after parietal cortex damage. *Science*, 273,1564-1568.
- Skelton, R.W., Bukach, C.M., Laurance, H.E., Thomas, K.G. & Jacobs J.W. (2000). Humans with traumatic brain injuries show place-learning deficits in computer-generated virtual space. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 22(2):157-175.
- Skinner BF (1971). *L'analyse expérimentale du comportement*. Bruxelles: Dessart.
- Slater, M. & Usoh, M. (1993a). Representations systems, perceptual position, and presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 2(3), 221-233.
- Slater, M. & Usoh, M. (1993b) Presence in Immersive Virtual Environments, *Proceedings of the IEEE Conference - Virtual Reality Annual International Symposium*, IEEE Neural Networks Council, Seattle, WA (September, 1993), 90-96.
- Slater, M., Usoh, M. & Steed, A. (1994) Depth of Presence in Virtual Environments, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 1994, 130- 144.
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616.
- Slater, M., Steed, A., McCarthy, J., & Maringelli, F. (1998). The Influence of Body

- Movement on Presence in Virtual Environments. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40 (3), September 1998.
- Slater, M., & Steed, A. (2000). A virtual presence counter. *Presence : Teleoperator and virtual environments*, 9, Issue 5, October 2000, 413-434.
- Slater, M. (2003). A Note on Presence Terminology. *Presence-Connect*, 3 (3).
- Sohlberg, M.M. & Mateer, C.A. (1989). Introduction to cognitive rehabilitation: Theory and Practice. New York: The Guilford Press.
- Solomon, K.O., & Barsalou, L.W. (2001). Representing properties locally. *Cognitive Psychology*, 43, 129-169.
- Solomon, K.O., & Barsalou, L.W. (2004). Perceptual simulation in property verification. *Memory & Cognition*, 32, 244-259.
- Stamps, A.E. (1990). Use of photographs to simulate environments: a meta-analysis. *Perceptual and Motor Skills*, 1990, 71, 907-913.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. *Journal of Communication*, Autumn 1992, 42(4), 73- 93.
- Stone, T. & Davies, M. (1996). Theories of Theories of Mind. *The mental simulation debate: A progress report*. Cambridge: Cambridge University Press (1996).
- Streri, A., (1993). *Comment l'homme perçoit-il le monde? L'homme cognitif*, 4^{ème} édition, Paris : Presses Universitaire de France, 91-197.
- Suzuki, Y., Abe, K., & Sone, T. (2000) Comparison between the effects of additional verbal and visual information on the perception of environmental sounds. *Proceeding of Internoise 2000, Nice*, 2285-2291.
- Tamura A. (1997) Effects of Landscaping on the feeling of annoyance of a space. In: Schrick A. and Klatt M. (Eds), Contribution to Psychological Acoustics. *Results of the 7th Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics*. Oldenburg : BIS, 135-161.
- Tamura, H., & Yamamoto, H. (1998). Vision and graphics in producing mixed reality worlds. *IEEE and ATR Workshop on Computer Vision for Virtual Reality Based Human Communications (CVVRHC'98)*. Indian Institute of Technology, Bombay, India, Jan. 3, 1998.
- Théoret, H., Halligan, E., Kobayashi, M., Merabet, L. & Pascual-Leone, A. (2004). Unconscious modulation of motor cortex excitability revealed with transcranial magnetic stimulation, *Experimental Brain Research* 155: 261-264, 2004
- Thomas, N.J.T. (1999). Are theories of imagery theories of imagination? An active perception approach to conscious mental content. *Cognitive Science*, 23(2), 207-245.
- Thomas, K.G., Hsu, M., Laurance, H.E., Nadel, L. & Jacobs, W.J. (2001). Place learning in virtual space. III: Investigation of spatial navigation training procedures and their application to fMRI and clinical neuropsychology. *Behavioural Research Methods, Instruments & Computers* 33(1):21-37.
- Tiberghien, G. (1986). Context and cognition : Introduction. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 6, 105-119.
- Tiberghien G. (1991). Psychologie de la mémoire humaine, dans Van Der Linden M.,

- Bruyer R. (Eds.), *Neuropsychologie de la mémoire humaine*, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble (FR), 9-37, 1991.
- Toussaint, Robin, Blandin, & Proteau (2003). Effets du type de pratique par imagerie et des capacités d'imagerie dans l'apprentissage moteur. *Xème Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives (ACAPS)*, 30 Octobre - 1er Novembre 2003, Toulouse, France.
- Tulving, E., & Thomson, D.M., (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80, 352-373.
- Vadcard, L. & Luengo, V. (2004), Embedding knowledge in the design of an orthopaedic surgery learning environment, in CALIE04, *International Conference on Computer Aided Learning in Engineering Education*, 16-18 février 2004, Grenoble.
- Vadcard, L. & Luengo, V. (2005). Réduire l'écart entre formation théorique et pratique en chirurgie : conception d'un EIAH. *Conférence EIAH 2005 « Les Environnements informatiques pour l'Apprentissage Humain »*, Montpellier 25-27 mai 2005
- Vadcard L., Luengo, V. & Balacheff N. (2006), Les EIAH à la lumière de la didactique, in *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, coordonné par Grandbastien M., Labat J.M., Paris, Hermès, 45-66, ISBN 2-7462-1171-8.
- Versace, R., Badard, G., Labeye, E. Rose, M. (soumis) The Contents of Long-Term Memory and the Emergence of Knowledge. Soumis à *L'European Journal of Cognitive Psychology*.
- Versace, R., & Nevers, B. (2001). Sur les traces de la mémoire. *La Recherche*, N° spécial « La Mémoire et l'Oubli », juillet-août 2001, T1108, 92-95.
- Versace, R., Nevers, B., & Padovan, C. (2002). La mémoire dans tous ses états. Marseille : Solal
- Viollon, S., & Lavandier, C. (1997) Influence of vision on audition in an urban context. *Proceeding of Internoise 1997*, Budapest, Hungria, 1167-1170.
- Virion D. (2002). In : "L'image numérique", chapitre 1 : la lecture de l'image, École supérieure d'Agriculture d'Angers, France, 4-21.
- Vogel, C. (1999). *Etude sémiotique et acoustique de l'identification des signaux sonores d'avertissement en contexte urbain*. Thèse de Doctorat, non publiée, spécialité acoustique, l'Université Paris VI Paris, France.
- Volz R. (2002) Interaction between picture and sound on the perception of an observer-A video installation. *Congrès Forum Acusticum*, Sevilla 2002.
- Warren, D.H. & McCarthy, T.J. (1983). Discrepancy and non-discrepancy methods of assessing visual-auditory interaction. *Perception and Psychophysics* 1983, 33 (5), 413-419.
- Waterworth, J A., & Waterworth, E L (2003). The Core of Presence: presence as perceptual illusion. *Presence-Connect*, 3 (3).
- Waterworth, J. & Waterworth, E .(2003). The Meaning of Presence. *Presence-Connect*, 3(3).
- Watkins, P.C., Vache, K., Vernay, S.P., & Muller, S. (1996). Unconscious mood-congruent memory biais in depression. *Journal of Abnormal Psychology*, 105, 34-41.

- Whittlesea, B. W. A. (1987). Preservation of specific experiences in the representation of general knowledge. *Journal of experimental psychology : learning, memory, and cognition*, 13(1), 3-17.
- Witmer, B. G., & Singer, M. J., (1998). Measuring presence in virtual environments : a questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.
- Wolpe J (1969). *The Practice of Behavior Therapy*. New York: Pergamon Press.
- Wu, L.L., & Barsalou, L.W. (2001). Grounding Concepts in Perceptual Simulation: *I. Evidence from Property Generation*.
- Yeh, W., & Barsalou, L.W. (2006). The situated nature of concepts. *American Journal of Psychology*, 119, 349-384 .
- Zahorik, P., & Jenison, R.L. (1998). Presence as being-in-the-world. *Presence*, vol. 7, No. 1, February 1998, 78-89.
- Zhao, S. (2003). "Being there" and the role of presence technology. In G. Riva, F. Davide, & W.A. Ijsselstein (Eds.) *Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments* (138-145). *Ios Press*, 2003, Amsterdam, Netherlands.
- Zeltzer, D. (1992). Autonomy, interaction and presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1, 127-132.
- Zhong-Lin L., & Sperling G. (2001). Three-systems theory of human visual motion perception: review and update. *Journal of Optical Society of America*, 18, No.9, September 2001.

Annexes

Annexe A : Consigne pré-test de catégorisation des paysages

Vous allez voir apparaître une image au centre de l'écran. Regardez attentivement cette image.

Une échelle allant de -10 à +10 apparaîtra ensuite au bas de l'image.

Vous devez cliquer avec la souris sur cette échelle afin d'indiquer la nature émotionnelle de l'image (très négative = -10 ; très positive = +10).

Après votre réponse, vous passerez automatiquement à l'essai suivant.

Nous vous demandons de répondre le plus honnêtement, le plus précisément et le plus rapidement possible. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. C'est votre première réaction, votre premier sentiment vis à vis de l'image qui nous intéresse.

Les images seront regroupées en 2 blocs de 110 images séparés par une pause. Il vous suffira d'appuyer sur la barre espace pour lancer le bloc suivant.

(Pour vous familiariser avec la consigne, l'expérience débutera par un bloc de 5 essais dont les résultats ne seront pas enregistrés.)

Veillez appuyer sur la barre d'espace quand vous êtes prêt.

Annexe B : Consigne pré-test de catégorisation des mots

Vous allez voir apparaître un mot au centre de l'écran. Lisez attentivement cette image.

Une échelle allant de -10 à +10 apparaîtra ensuite au bas de l'image.

Vous devez cliquer avec la souris sur cette échelle afin d'indiquer la nature émotionnelle du mot (très négative = -10 ; très positive = +10).

Après votre réponse, vous passerez automatiquement à l'essai suivant.

Nous vous demandons de répondre le plus honnêtement, le plus précisément et le plus rapidement possible. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. C'est votre première réaction, votre premier sentiment vis à vis du mot qui nous intéresse.

Les mots seront regroupés en 3 blocs de 87 images séparés par une pause. Il vous suffira d'appuyer sur la barre espace pour lancer le bloc suivant.

Veillez appuyer sur la barre d'espace quand vous êtes prêt.

Annexe C : Liste des mots retenus à la suite du test de classification émotionnelle des mots sémantiquement reliés à la notion d'environnement

MOTS NEGATIFS :

Ghetto, ordure, poubelle, asticot, caniveau, cimetière, décharge, vipère, crevasse, guêpe, poteau, barrière, boue, chiendent, épuration, goudron, trafic, bestiole, camion, dallage, insecte, rat, tunnel, antenne, béton, brique, copeau, pneu, volaille, aride, baignole, bâtiment, brouillard, câble, friche, immeuble, impasse, barrage, bitume, clôture, corbeau, crocodile, frein, givre, ambulance, chaussée, fabrique, métro, requin.

MOTS POSITIFS :

Océan, daim, prairie, érable, fontaine, lac, poirier, chamois, pré, bourgeon, chalet, noisetier, pâturage, bambou, dune, hortensia, parc, pomme, prunier, orangerie, palmeraie, potager, randonnée, renne, sapin, zèbre, dauphin, oranger, villa, cerisier, corail, floraison, îlot, voilier, bananier, plage, verdure, alpin, cocotier, flocon, fraise, hamac, palmier, colombe, écureuil, lagune, papillon.

ANNEXE D : Questionnaire administré aux riverains à leur domicile

Date : ____/____/____

Cod. sujet : ____/____/____

Questionnaire

Quelques consignes :

a) Lors rempli ce questionnaire, il est important d'être spontané et de répondre rapidement.

b) Vous constaterez que nous avons formulé différents types de questions. Certaines sont ouvertes, vous devez répondre par des phrases, pour d'autres vous devez cocher parmi les réponses

040

proposées. Enfin quelques questions sont constituées d'adjectifs appariés. Elles servent à caractériser vos impressions ainsi que la perception que vous avez de votre environnement. Le principe est simple : les adjectifs sont présentés par paires, sur une échelle allant de 0 à 3. Vous devez choisir entre l'adjectif de gauche et celui de droite, et entourer ou cocher la note correspondant à votre réponse. Il est important de lire les deux adjectifs de chaque paire pour choisir le plus approprié. Par conséquent il ne faut écrire qu'une seule réponse par ligne.

Par exemple, je trouve ce lieu très intéressant :

Interessants	3	2	1	0	1	2	3	Ininteressants
--------------	---	---	---	---	---	---	---	----------------

1. Lorsque vous êtes dans votre salon, ou du moins dans la pièce dont la vue donne sur la voie A11, quelles sont vos activités habituelles ?

ou travail, dans le plan intermédiaire

2. Si vous fermez les yeux, pouvez-vous décrire simplement et brièvement le paysage habituel devant chez vous (citez les éléments principaux qui composent le paysage – maison, bouquet, groupe d'arbres, etc...) ?

de haut

Au premier plan, devant

ou fond, en arrière plan

041

042

4. Que pensez-vous du paysage, c'est à dire de la vue que vous avez depuis votre pièce ? Votre diriez qu'il est plutôt ?
 (Une seule réponse par ligne)

Plaisant	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Déplaisant
Parfaitement	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Parfait
très agréable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	très désagréable
Désagréable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Ennuyeux
Agreable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Déplaisant
Très agréable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Très désagréable
Très agréable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Très désagréable

4. Quel niveau d'intégration visuelle attribueriez-vous à la route et ses aménagements ?

Notre appellation « intégration visuelle » l'ensemble des éléments visuels observés à l'échelle d'un paysage.
 En d'autres termes, si vous pensez que la route et ses aménagements sont parfaitement intégrés, l'intégration est « excellente » ou « bonne ». Si au contraire vous trouvez que ces aménagements font visuellement obstacle à l'harmonie du paysage, vous cocheriez « très fort », dans la liste suivante.
 Les termes « faible », « moyen » et « fort » servent à moduler votre jugement.

5. Pouvez-vous qualifier le bruit que vous entendez chez vous en cette saison en remplissant le tableau suivant ?

(Une seule réponse par ligne)

Fort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Très faible
Acceptable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Inacceptable
Permissible	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Intolérable
Élevée	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Low

- Très fort
- Fort
- Moyen
- Faible
- Pas du tout

5. Lorsque vous êtes chez vous et que vous regardez dehors, diriez-vous que la présence de l'autoroute vous gêne :

- Pas du tout
- Légèrement
- Modérément
- Beaucoup
- Extrêmement

7. Lorsqu'en cette saison, le bruit de trafic routier que vous entendez chez vous tout au long de la journée, vous gêne :

- Pas du tout
- Légèrement
- Modérément
- Beaucoup
- Extrêmement

8. Comment qualifieriez vous l'environnement global dans lequel vous vivez ? C'est à dire ce que vous voyez et entendez lorsque vous êtes éveillé à votre domicile ?

(Une seule réponse par ligne)

Agreable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Désagréable
Bon	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Mauvais
Très agréable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Très désagréable
Plaisant	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Déplaisant

ANNEXE E : Cahier des charges de tournage des films paysager avec prise de son

I. Critères de choix des sites de tournage :

Repérage du site, critères de départ :

- Une seule source de nuisance – autoroute
- Présence habitations riveraines – de préférences de même type (dans l'idéal groupe de riverains de 15 à 20 personnes)
- Visibilité de l'autoroute : voie à niveau ou légèrement en remblais
- Présence de végétation éparse, peu dense
- Distance : environ 150 m à 200m (nécessité d'entendre la route)
- Arrière plan vallonné ou verdoyant, moyennement complexe, avec présence de bâtiments ou d'habitations (doit permettre une simulation intéressante)
- Temps de trajet de Bron au site choisi : 1 heure maximum, pour que les participants interrogés à domicile ne trouvent pas trop de contraintes à venir pour la 2ème phase d'expérimentation au LSEE.
- Périmètre de recherche limité tel que suit :
 - Au Nord : Macon sur A6
 - A l'Est : Pont d'Ain – Druillat sur A40, Belmont sur A43, Voiron sur A48
 - Au Sud : Valence Nord sur A7
 - A l'Ouest : Firminy sur A47
- Critères visuels et sonores :
 - Plan visuel :

Le plan visuel doit être assez dégagé pour permettre une prise de vue sous un angle de 40° environ (correspondant à l'angle de restitution visuelle du laboratoire)
 - Plan sonore :

Niveau de bruit minimum : 55dB
 - Critères paysagers :
 - Les différentes habitations doivent être homogènes, quasi similaires
 - Pas de site trop complexe du point de vue paysager
 - 1er plan simple ou moyennement complexe
 - si possible présence de végétation, mais plus grand importance de l'arrière plan, ou des 2ème et 3ème plans
 - Plan intermédiaire : infrastructure de transport
 - Arrière(s) plan(s) : paysage vallonné ou verdoyant, moyennement complexe, présence de bâtiments ou d'habitations. (Doit permettre une simulation intéressante)

II. Réalisation des séquences audiovisuelles :

Au préalable, avant positionnement de la caméra et des micros, vérifier la distance du point de prise de vue à la route.

Conditions de prise de vue :

1) Réalisation par temps clair ciel bleuté, à une heure permettant d'éviter les surexpositions, sous expositions et les contre-jours, ce qui impose des contraintes de tournage pour chaque site :

- Pour « Les Nuguets », soleil de face le matin donc filmer l'après midi.
- Pour « Druillat », soleil de côté sur la gauche et légèrement de côté le matin. Film à réaliser l'après midi.
- Pour « La Ricamarie », soleil de face le soir, donc réaliser film en matinée.
- Pour « Belmont », soleil de côté sur la droite légèrement de face le matin. Prise à faire en début d'après midi.

2) Hauteur caméra : 1m80

Cette hauteur est dépendante de données issues du point de vue où se situe le sujet lors de la reproduction dans le salon expérimental :

- représenter la vue d'une personne assise en un point de la salle expérimentale, hauteur 1.2m et à 2m80 de la fenêtre.
- tenir compte de la distance entre la fenêtre et le premier plan visible à la position du sujet

3) Angle de vue :

L'angle imposé par la fenêtre du LSEE étant de 40° environ, nous avons tout d'abord déterminé les critères suivants :

- 6 mm d'ouverture de focale sur le caméscope du Laboratoire Transports et Environnement (selon les calculs et tests du technicien, visant à déterminer le compromis pour respecter à la fois l'angle de 50° imitant l'angle visuel de l'œil humain et tenir compte de l'angle imposé par la fenêtre du LSEE).

- 50 mm pour un appareil photographique 24*36

Suite aux observations du 13 septembre 2005, nous avons finalement arrêté nos critères d'angle de vue à : Ouverture du diaphragme comprise entre 8 et 11

Longueur de focale comprise entre 50 et 80

4) Durée des séquences : 15 minutes

Conditions de prise de son :

- Réaliser une prise de son stéréophonique adaptée sur la caméra de façon à permettre la synchronisation.
- Réaliser une mesure du niveau de bruit.
- Absence de vent ou au moins inférieur à 10 km/heure : le bruit enregistré doit être celui de l'infrastructure.

Pour répondre à ces différentes contraintes et critères, visuels comme sonores, le tournage doit s'effectuer dans une période comprise entre la fin du printemps et l'été (mois de mai à fin septembre).

ANNEXE F : Questionnaire administré aux riverains au LSEE

Questionnaire administré aux riverains au LSEE

Date : _____ / _____ / _____
 Code sujet : _____ / _____ / _____

Voire grille de données à retourner que vous êtes à votre domicile. Vous devrez essayer de considérer que ce vous allez voir dans la limite de la photo ou vous vous imaginez voir la vue que vous avez dans votre imagination habitant ici.
 Pour remplir ce questionnaire, il est important d'être spontané et de répondre rapidement dès que l'expérimentateur vous en fera la demande.

Consigne générale.

Installez vous dans la pièce à usage vous confère le plus. Vous vous proposez de participer à une expérience de mise en situation. C'est à dire que vous allez voir et entendre des choses que vous vous aide à vous imaginer dans la situation suivante : vous vous trouvez dans votre salon. Vous devez vous trouver à proximité d'une autoroute.

Vous constaterez que nous avons formulé différents types de questions. Certaines sont ouvertes, vous devez répondre par des phrases, pour d'autres, elles sont fermées pour les réponses proposées. Enfin quelques questions sont constituées d'adjectifs opposés. Elles servent à caractériser vos impressions ainsi que la perception que vous avez de votre environnement. Le principe est simple : les adjectifs sont présentés par paires, sur une échelle allant de 0 à 3. Vous devez choisir entre l'adjectif de gauche et celui de droite, et entourer ou marquer le mot correspondant à votre réponse. Il est important de lire les deux adjectifs de chaque paire pour choisir le plus approprié. Par conséquent, il ne faut cocher qu'une case par ligne.

Un exemple de grille de données à retourner :

Intéressant	3	(2)	1	0	1	2	3	Intéressant
-------------	---	-----	---	---	---	---	---	-------------

0	1	2	3	0	1	2	3	Un bruit
---	---	---	---	---	---	---	---	----------

1. Sur le plan visuel, qu'avez vous pensé de la régence que vous venez de voir ? Vous diriez que la scène était :
 Une seule réponse par ligne

1. Que pensez vous du paysage que vous venez de voir ? Vous diriez qu'il est plutôt ?

Une seule réponse par ligne

Pleasant	3	2	1	0	1	2	3	Déplaisant
Perturbant	1	2	3	0	1	2	3	Paisible
Lumineux	1	2	3	0	1	2	3	Sombre
Dégagé	3	2	1	0	1	2	3	Etriqué
Éclairci	3	2	1	0	1	2	3	Assombri
Profond	1	2	3	0	1	2	3	Flat
Appuyant	1	2	3	0	1	2	3	Apaissant
Beau	3	2	1	0	1	2	3	Laid
Terne	3	2	1	0	1	2	3	Coloré
Animé	3	2	1	0	1	2	3	Inanimé

Un bruit	3	2	1	0	1	2	3	Surprenant
Heureux	1	2	3	0	1	2	3	Pas du tout heureux
Coloré	3	2	1	0	1	2	3	Assombri
Éclairci	1	2	3	0	1	2	3	Sombre
Appuyant	3	2	1	0	1	2	3	Flat
De bonne qualité	3	2	1	0	1	2	3	De mauvaise qualité

8. Pour imaginer que vous êtes bien chez vous, et vous projeter dans la soirée, pouvez-vous imaginer des scènes concrètes ?

Répondez en cochant, pour chacune des activités, dans la case correspondant le mieux à ce que vous avez fait.

(Une seule case par ligne)

Vous vous êtes engagé en faveur de ... de façon :	Aucun effort notable	Avec un effort notable	Fort effort	Très à tout
Vous avez travaillé à votre travail				
Vous avez fait du sport				
Vous avez regardé la télévision ou la radio				
Vous avez écrit le soir en regardant la télé				
Vous avez écrit le soir en regardant la radio				
Vous avez écrit le soir en regardant la télévision				
Vous avez écrit le soir en regardant la radio				
Vous avez écrit le soir en regardant la télévision				
Vous avez écrit le soir en regardant la radio				

Choisir les types d'activités pour d'habitude préférer d'autres activités.

10. Si vous n'avez pas bien réussi à vous projeter dans la soirée, pouvez-vous préciser si :

(une seule réponse possible)

Vous avez été gêné par le caractère de la séquence, trop peu réaliste par rapport à votre situation quotidienne

- Dans ce cas :
- c'est l'ambiance sonore qui vous a perturbé(e) car trop persistante
 - c'est l'aspect visuel de la séquence qui n'était pas adapté à la réalité
 - les deux

Vous avez été gêné par le caractère de l'impression, c'est à dire soit par la pièce dans laquelle vous vous trouvez, soit par le fait d'être à l'école, etc.

L'ambiance était trop difficile.

Autre cause (préciser la précision)

(une seule réponse possible)

.....

.....

.....

9. Êtes-vous en accord avec les propositions suivantes ?

(Une seule case par ligne)

	Tout à fait d'accord	Mais pas tout à fait d'accord	Plus du tout d'accord
J'ai bien réussi à me projeter dans la soirée			
J'ai réussi à m'imaginer y être dans le lieu			

11. Quelle note sur 10 attribueriez-vous au niveau de Présence que vous avez ressenti lors de la diffusion de cette séquence, il s'agit de dire combien vous êtes présent dans le moment et dans les sensations spécifiques, 10 que vous vous êtes vraiment senti être dans le lieu

Nous définissons le « sentiment de Présence » par "l'expérience de se sentir être le lieu que vous se projette". On considère aussi qu'il s'agit de ce que l'on ressent lorsque l'on imagine mentalement se projeter quelque part, que l'on a le sentiment d'y être.

..... / 10 *(un chiffre après la virgule)*

12. Avec vous en le sentiment d'être comme chez vous, c'est à dire que vous avez retrouvé le même environnement et les mêmes sensations ?

- Pas du tout
- Un peu
- Moyennement
- Beaucoup
- Tout à fait

Merci d'attribuer une note sur 10 à cette impression :

_____ /10 (sans chiffre après la virgule)

13. Si vous viviez dans l'environnement qui vous a été suggéré par la séquence, comment le qualifieriez d'un point de vue global ? C'est-à-dire ce que vous entendriez et verriez de chez vous dans ces conditions ? :

Une réponse par ligne

Agréable	3	2	1	0	1	2	3	Désagréable
Bruyant	3	2	1	0	1	2	3	Calme
Insatisfaisant	3	2	1	0	1	2	3	Satisfaisant
Paisible	3	2	1	0	1	2	3	Stressant

ANNEXE G : Description du scénario de visite des maisons virtuelles

Le parcours commence, le personnage est dans l'entrée de la maison. Il y a une petite console et deux étagères. Au dessus de la console un miroir est accroché au mur.

Un des objets à chercher dans la maison (un ours) est posé sur entre deux étagères.

Il y a un escalier dans l'entrée mais le personnage ne l'emprunte pas tout de suite, il visite tout d'abord le rez-de-chaussée.

Le personnage entre au salon salle à manger. Selon les maisons, la pièce est meublée avec une table basse, un canapé et deux fauteuils, un bar avec trois chaises hautes, ainsi qu'une télévision sur un meuble TV, un aquarium. Il y a deux bibliothèques contre un mur chargées des livres et des bibelots sur quatre étagères. Sur un autre mur il y a un grand tableau. Il y a un une plante verte, type arbuste, en pot est posée dans un coin de la pièce, ainsi qu'un grand lampadaire. Le sujet doit faire tout le tour de la pièce pour trouver 2 ou 3 versions de l'objet à rechercher. La moitié de la pièce est aménagée en salle à manger. De là, le sujet entre ensuite à la cuisine. La cuisine est équipée et

meublée. Il y a une table ovale avec quatre chaises, une chaise haute pour bébé ou une liseuse.

Le parcours continu en ressortant de la cuisine ; le sujet repasse par l'entrée la traverse pour visiter deux nouvelles pièces : les toilettes et le garage. Dans l'une des deux maisons une armoire de chambre se trouve dans les toilettes. Ensuite, le sujet se dirige vers la seconde porte qui mène au garage. Ce dernier est aménagé avec des étagères en bois et un établi. On trouve des rangements; un tricycle et une mobylette. Dans un coin, on peut voir des outils de jardinage, tels qu'un râteau, une tondeuse, un sécateur ou une pelle.

Enfin le sujet emprunte l'escalier pour monter à l'étage. Le palier est aménagé comme une mezzanine : un petit canapé, une télé avec une chaîne hi fi, deux ou trois fauteuils et un petit bureau sur lequel un ordinateur est installé, et un piano.

Autour de ce pallier trois pièces sont organisées : 2 chambres et une salle de bain.

La première chambre est une chambre d'adulte avec un grand lit. Il y deux tables de nuit, avec une petite lampe sur chacune, une armoire, une coiffeuse et un coffre. Après avoir fait le tour de cette pièce le personnage retourne sur le pallier, le traverse, pour atteindre la deuxième chambre : un chambre d'enfant.

Cette chambre est meublée avec un lit pour enfant une place. Il y a beaucoup de jouets et de peluches, une petite table avec deux petites chaises, une petite armoire et une commode enfant.

Pour finir le sujet se rend dans la dernière pièce de l'étage : la salle de bain. Le mobilier se compose d'une baignoire, un paravent et de quelques meubles à persienne. Il y a aussi un lavabo une vasque avec meuble sous évier, une tablette et un miroir. Derrière le paravent on trouve des toilettes.