

Titre: Étude empirique de huit cas d'application de la réalité augmentée spatiale pour la communication événementielle
Title: spatial reality for event communication

Auteur: Olivier Delahousse
Author:

Date: 2014

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Delahousse, O. (2014). Étude empirique de huit cas d'application de la réalité augmentée spatiale pour la communication événementielle [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/1453/>

 Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/1453/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Jean-Marc Robert
Advisors:

Programme: Génie industriel
Program:

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉTUDE EMPIRIQUE DE HUIT CAS D'APPLICATION DE LA RÉALITÉ AUGMENTÉE
SPATIALE POUR LA COMMUNICATION ÉVÉNEMENTIELLE

OLIVIER DELAHOUSSE

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES

(GÉNIE INDUSTRIEL)

JUILLET 2014

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

ÉTUDE EMPIRIQUE DE HUIT CAS D'APPLICATION DE LA RÉALITÉ AUGMENTÉE
SPATIALE POUR LA COMMUNICATION ÉVÉNEMENTIELLE

présenté par : DELAHOUSSE Olivier

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. OZELL Benoît, Ph. D., président

M. ROBERT Jean-Marc, Doct., membre et directeur de recherche

Mme MARCHESCHI Magali, M. Sc. A., membre

DÉDICACE

Pour mon père parti durant cette recherche

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier spécialement Jean-Marc Robert, mon directeur de recherche pour ses qualités humaines et son expertise scientifique, qui m'ont accompagné tout au long de la réalisation de mon mémoire de maîtrise, et le Fond de Recherche Nature et Technologie pour avoir rendu possible ce projet grâce à une bourse en milieu pratique (BMP innovation).

Je souhaite également remercier sincèrement Frédéric Vignat et Jean Laurent Cassier, pour leurs rôles durant mes stages en Thaïlande, et aussi parce qu'ils ont grandement orienté mon parcours scolaire et professionnel. Je remercie Gaëlle Pouliquen et Mahé Aguéra pour leurs conseils et pour m'avoir permis de rencontrer Julien Abril au moment du choix d'une entreprise partenaire. Bien sûr, toute l'équipe de Graphics eMotion et ses associés, en particulier Julien Abril, Hassan Aziz, Nadir Moukheiber, Eliane Ashkar, Noé Sardet, Baptiste de Bailliencourt, David Boué, Ashley Lord, Christophe Deplante, Maïa Pearl Arrobas, Stephano Gemmellaro, François Thomas, Frédéric Trétout, Jonathan Cyr, Jonathan Fouché, Franck Dufaut, Louis Fortin, Benoit Cool et Gino Carrier. Également sans ordre d'importance Xavier Vadboncoeur, Magali Marcheschi et Kary Laroche pour m'avoir ouvert les portes du monde des arts de la scène et m'avoir présenté autant de gens intéressants, tant sur le plan professionnel que personnel. Également beaucoup d'artistes rencontrés sur le chemin, et qui ont fait de mon passage au Québec une expérience très enrichissante : Victor Hacala, Lisandre Bouchard-Lepage, Christian Lamb, Jérémie Arrobas, Marcos Ortega, Romain Strugala, Jason Botkin, Thomas Courboin, Charlie Prince, Marion Cossin, Melissa Yavo, Anne Laudouar et je suis sûr d'en oublier. Aussi, Jeanne Duvallet, qui lors des entretiens pour la sélection des doubles diplômes, a cru en moi et m'a permis de partir faire mes preuves à l'étranger, et Holly Alice qui ont largement influencé la destination de ce double diplôme. Enfin, et surtout, ma famille, pour m'avoir toujours soutenu et encouragé dans mes projets de vie, même quand cela impliquait de ne passer qu'un mois avec eux en trois ans.

RÉSUMÉ

Le secteur des Nouvelles Technologies de l'Information et des Communications (NTIC) a créé de nouvelles attentes chez les consommateurs (mobilité, recherche de lien social, besoin de divertissement...) et a profondément bouleversé les schémas de communication traditionnelle. Pour répondre à ces nouvelles problématiques, de nouvelles approches de médiation ont fait leur apparition au sein des agences de communications. Depuis quelques années, l'usage de la Réalité Augmentée Spatiale (RAS), consistant à faire coexister spatialement et temporellement un monde virtuel avec le monde réel pour l'utilisateur placé dans l'environnement de réalité mixte, a permis aux agences de communication de mettre en place un nouveau modèle d'affaires, misant sur la dimension virale qu'ont les réalisations innovantes sur les réseaux sociaux. Certaines vidéos mettant en scène la dimension spectaculaire de la RAS à des fins publicitaires ont ainsi été partagées et visionnées plusieurs millions de fois, permettant de maximiser la diffusion du message publicitaire à moindre coût, grâce au partage des internautes.

Le problème soulevé par cette recherche est le manque de littérature opérationnelle concernant ces prestations de services émergents. Les tâches de conception sont nombreuses, contextuelles et interconnectées, et impliquent plusieurs corps de métiers. Aussi, il est difficile de spécifier les fonctions d'usages de l'objet à concevoir principalement à cause de l'absence d'objet préexistant ou de client capable de formuler une demande claire. Il s'agit pour les acteurs de ces projets de conception innovante de créer des environnements de réalité mixte dans un environnement non contrôlé.

Dans le cadre d'une communication événementielle nécessitant le développement d'un système de Réalité Augmentée Spatiale (SRAS), cette recherche a pour objectif de répondre aux questions suivantes : quelles sont les tâches à faire, quelle est la démarche à suivre, à quels types de spécialistes faut-il faire appel, quels sont les outils informatiques à utiliser, et quels défis pratiques se posent? Nous espérons ainsi contribuer à l'amélioration des processus de développement et à la gestion de la connaissance associée à un champ d'applications industrielles émergentes.

La méthode retenue pour ce projet de recherche est celle de la Recherche-Action (R-A). Elle a été réalisée dans le cadre d'un partenariat industriel de deux ans avec une agence de communication de nouveaux médias spécialisée dans les installations de projections à grande

échelle et les expériences immersives et interactives. Au cours de ces deux années en milieu pratique, nous avons activement collaboré au développement de huit installations de RAS pour des cas de communication événementielle.

La première contribution de ce mémoire, à travers la présentation de huit cas de projets industriels d'augmentations spatiales, est de permettre la réutilisation des processus opérationnels mis en place et des solutions techniques développées éprouvées par la pratique. Pour chaque cas, nous explicitons le mandat du commanditaire, le concept et le scénario d'augmentation retenu pour répondre aux besoins d'estime et d'usage, et les stratégies employées pour assurer la cohérence spatiale et temporelle de l'augmentation de la réalité. Ces cas permettront ainsi aux concepteurs d'appréhender les propriétés hédoniques et pragmatiques associées à ces produits émergents et représentent autant de pistes pour relever les défis qui se poseront lors de la conception de nouveaux SRAS.

La deuxième contribution de ce mémoire est la proposition d'une démarche de conception et de réalisation dédiée. Pour cela, nous nous sommes basés sur nos expériences pratiques, nos observations et l'analyse du développement de ces huit produits de RAS. Nous explicitons la pluralité des expertises nécessaires, les tâches de conception génériques des différents acteurs et leurs interconnexions. Nous avons formulé des lignes directrices pour les tâches associées à l'augmentation numérique d'un environnement physique en contexte industriel (conception de l'expérience, conception matérielle et logicielle) et pour l'établissement du cadre de référence, permettant de faire le pont entre les dimensions réelle et virtuelle durant le développement.

La troisième contribution de ce mémoire est l'analyse comparative de différents processus opérationnels pour la RAS par projection vidéo et des outils informatiques utilisables. Nous en avons utilisé certains pour des besoins réels de projets d'augmentation, ce qui nous a permis d'identifier leurs limites opérationnelles, de les indexer, et de formuler des conseils concernant leur utilisation contextuelle.

Ce projet de recherche vise ainsi globalement à regrouper et structurer le savoir-faire technique et méthodique d'experts pionniers de l'usage de la RAS en tant que prestation de service de communication.

ABSTRACT

The sector of New Technologies of Information and Communications (NICT) has created new expectations among consumers (mobility, social link seeking, entertainment need...) and profoundly disrupted traditional strategies for communication. To meet these new challenges, new approaches have appeared in communications agencies. In recent years, the use of Spatial Augmented Reality (SAR), consisting in overlaying an object or a physical environment with a digital layer of video, enabled agencies to establish a new business model, focusing on the viral dimension of innovative achievements on social networks. Indeed, some videos featuring the spectacular dimension of SAR for advertising purposes have been shared and viewed millions of times, maximizing the dissemination of the advertisement cost.

The problem raised by this research is the lack of literature on the operational aspects of those emerging services and the design process of Spatial Augmented Reality Systems (SARS). Tasks are numerous, contextual, interconnected and involve several types of expertise. Our study is intended to help the designers of these projects by structuring the technical and methodical know-how. We hope to contribute to improve the development processes and the knowledge management associated with an emerging field of industrial applications.

The method used for this research is Action Research. It was conducted as part of an industrial two-year partnership with a communication agency specializing in new media installations and large-scale projections experiences. During these two years in practice environment, we worked on the development of eight SARS used for event communication cases.

The first contribution of this memoir is to present these eight cases of industrial projects to enable the reuse of processes and technical solutions that were developed. We described the mandate of the sponsor, the concept and scenario retained to meet his needs, and the strategies used to ensure spatial and temporal coherence of the augmentation of the reality for the end user. These cases should allow designers to understand the pragmatic and hedonic properties associated with these emerging products and represent examples for facing their own challenges when designing a specific SARS.

The second contribution of this memoir is to suggest an approach to design SARS, based on our practical experience, our observations and the iterative development of these eight products. We

expose the plurality of expertise that was required, the generic design tasks of the various actors and their interconnections. We have developed guidelines for the design tasks associated with the augmentation of a physical environment in an industrial context (experience design, hardware and software design) and have established a reference framework, building a bridge between the real and virtual dimension during the development of SARS.

The third contribution of this memoir is a comparative analysis of different processes for projection mapping and of different computer tools used to fill the needs of this sector. We used some of them in the eight projects, which allowed us to identify their operational limits and give advice on their contextual uses.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VII
TABLE DES MATIÈRES	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XIV
LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET DÉFINITIONS.....	XVII
1.1 Sigles et abréviations.....	xvii
1.2 Définitions et terminologie.....	xviii
LISTE DES ANNEXES	XXI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte et objet d'étude	1
1.2 Domaine d'application.....	6
1.3 Structure du mémoire	8
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA DÉMARCHE DE CONCEPTION D'APPLICATIONS DE RÉALITÉ AUGMENTÉE SPATIALE EN AGENCE DE COMMUNICATION	9
2.1 La démarche de conception en agence de communication	9
2.1.1 La démarche de conception.....	9
2.1.2 Les phases de la démarche de conception.....	10
2.1.3 Les composantes d'un produit numérique	11
2.1.4 Les acteurs de la conception.....	13

2.2	La réalité augmentée et les taxonomies associées à ses systèmes.....	14
2.2.1	Concepts et définitions	14
2.2.2	Taxonomie fonctionnelle.....	18
2.2.3	Taxonomie technique	19
2.3	Les composantes essentielles de la conception d'un SRA	20
2.3.1	La composante d’affichage	20
2.3.2	La composante d'intelligence	23
2.3.3	La composante de positionnement	28
2.4	La gestion de la connaissance en conception de SRA	30
2.4.1	Les patrons de conception	31
2.4.2	Les environnements logiciels et les protocoles dédiés.....	34
2.4.3	Les méthodes de développement hypermédia.....	37
2.5	Synthèse du chapitre, problématique et but de l'étude	39
2.5.1	Synthèse	39
2.5.2	Problématique.....	39
2.5.3	But	39
CHAPITRE 3 CADRE MÉTHODOLOGIQUE DU PROJET DE RECHERCHE ET PRÉSENTATION DES CAS ÉTUDIÉS		40
3.1	Modalité de la collecte des données	40
3.2	Modalités pour l'élaboration de la démarche.....	43
3.3	Formation technique associée à la R-A.....	44
3.1	Spécificités des experts collaborateurs et du secteur associé	44
3.2	Tâches de travail analysées et réalisées en milieu pratique	45
3.3	Présentation des projets étudiés et des SRAS réalisés	46
3.3.1	Projet 1 : La Soirée Madmen.....	47

3.3.2	Projet 2 : Le défi énergie	51
3.3.3	Projet 3 : Le concert de Cayce	53
3.3.4	Projet 4 : Le concert du Souffleur de sons	55
3.3.5	Projet 5 : Le concert de Paul Oakenfold	59
3.3.6	Projet 6 : Le Terra Karnaval.....	65
3.3.7	Projet 7 : Dérive Magnétique	67
3.3.8	Projet 8 : Unnumbered Sparks	70
3.4	Synthèse du chapitre et de la recherche-action	76
CHAPITRE 4 ENSEIGNEMENTS ISSUS DE L'EMPIRISME ET PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE.....		77
4.1	Les acteurs de la conception et leurs rôles généraux	77
4.2	Aspects organisationnels et logistiques généraux	78
4.3	La phase de divergence créative et études de faisabilité.....	80
4.4	Les tâches de la conception d'un SRAS	81
4.5	Les tâches de la réalisation matérielle d'un SRAS	82
4.5.1	La réalisation du serveur multimédia	83
4.5.2	La réalisation des périphériques d'entrée-sortie	83
4.6	La réalisation de la cohérence temporelle pour la RAS	84
4.7	La réalisation de la cohérence spatiale pour la RASP.....	85
4.7.1	Le type de mise en correspondance entre l'augmentation et son support.....	86
4.7.2	Le type d'habillage d'augmentation.....	86
4.7.3	L'influence des déformations projectives	88
4.7.4	L'intégration des prédéformations projectives dans les visuels	89
4.8	Analyse comparative de processus opérationnels pour la RASP	90
4.8.1	Augmentation avec de l'habillage graphique (2D)	90

4.8.2	Augmentation avec de l’habillage volumique (3D)	91
4.9	Synthèse du chapitre et de l’étude empirique	95
CHAPITRE 5 CONCLUSION		96
5.1	Synthèse, contributions et limites de la recherche	96
5.2	Perspectives sur les applications de la RASP et la RA	98
RÉFÉRENCES.....		101
ANNEXES ..		107

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 : Comparaison des principaux EL distribués en RA (Chouiten, 2013).....	34
Tableau 3-1 : Comparaison des niveaux d'actions, de méthodes et acteurs associés (Tolvanen, 1998).....	43

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Taxonomie des champs associés à la médiation de la réalité (Steve Mann, 2002)	1
Figure 1-2 : Cycle de Gartner de 2013	2
Figure 1-3 : Illustration de la RA (source : layar.com)	3
Figure 1-4 : Exemple d'application de RA mobile sur PDA (source : meilleuragent.com)	3
Figure 1-5 : Exemple d'application de RA sur ordinateur de bureau (source : zugara.com)	4
Figure 1-6 : Illustration de la projection illusionniste (source : projection-mapping.org)	5
Figure 1-7 : Taxonomie du design interactif (Dan Saffer, 2009)	6
Figure 2-1 : Modèle conceptuel de la conception (Ralph et Wand, 2009)	10
Figure 2-2 : Réorganisation du processus de conception (Guerlesquin et Sagot, 2007)	13
Figure 2-3 : Continuum réel/virtuel (Milgram et al., 1994)	15
Figure 2-4 : Classification fonctionnelle des SRA (Fuchs et al., 2010)	18
Figure 2-5 : Catégorisation des SRA (Bimber et al., 2005)	21
Figure 2-6 : Illustration de la chaîne interactive humain-machine (Abel, 2012)	24
Figure 2-7 : Illustration de l'architecture par couche d'une machine interactive (Abel, 2012)	26
Figure 2-8 : Les défis de la composition réel/virtuel en RA (Simon, 2006)	28
Figure 2-9 : Premier SRA et son système d'enregistrement mécanique (Sutherland, 1968)	30
Figure 2-10 : Architecture de référence d'un SRA (MacWilliams et al., 2004)	32
Figure 2-11 : Patrons de conceptions identifiés en RA (MacWilliam et al., 2004)	33
Figure 2-12 : Illustration du système interactif générique pour les SRAS de cette étude	37
Figure 3-1 : Répartition des méthodes de recherche en RA (Kjeldskov, 2003)	42
Figure 3-2 : Préconcept 1 pour la soirée Madmen (courtoisie de GeM)	48
Figure 3-3 : Préconcept 2 pour la soirée Madmen (courtoisie de GeM)	48
Figure 3-4 : Solution logicielle du préconcept 2 (courtoisie de GeM)	50

Figure 3-5 : Extraits de la publicité "Contrexpérience" (source : Youtube.com)	51
Figure 3-6 : Création de l'image de référence et étape de calibration (courtoisie de GeM)	52
Figure 3-7 : Illustration du SRAP pour le Défi énergie (courtoisie de GeM et l'UQUAM)	53
Figure 3-8 : Illustration du SRASP pour Cayce (courtoisie de GeM et Cayce).....	53
Figure 3-9 : Structure, image de référence et test de projection pour Cayce (courtoisie de GeM)	54
Figure 3-10 : Illustration du SRA pour le souffleurs de sons (courtoisie GeM et LSDS)	56
Figure 3-11 : Modélisation de l'installation projective pour LSDS (courtoisie de GeM)	57
Figure 3-12 : Image de référence pour LSDS et sa projection (courtoisie de GeM)	58
Figure 3-13 : Image de référence des prédéformations et sa projection (courtoisie de GeM)	59
Figure 3-14 : Croquis initial et concept retenu (courtoisie de Lamb et GeM)	60
Figure 3-15 : Illustration du SRAS pour Paul Oakenfold (courtoisie de Lamb et GeM)	61
Figure 3-16 : Plan général de la tente Sahara (courtoisie de VSquareLab)	61
Figure 3-17 : Images de référence pour les panneaux LED (courtoisie de VsquareLab)	62
Figure 3-18 : Scène <i>After Effect</i> pour les panneaux LED (courtoisie de GeM).....	62
Figure 3-19 : Image de référence pour la scène du DJ (courtoisie de GeM)	63
Figure 3-20 : Diagramme préliminaire du SRAS pour Paul Oakenfold (courtoisie de GeM).....	64
Figure 3-21 : Illustration du SRASP du Terra Karnaval (courtoisie de GeM)	65
Figure 3-22 : Calibration des surfaces et tour de projection (courtoisie de GeM et de MindLab)	66
Figure 3-23 : Illustration de Dérive magnétique (courtoisie de GeM).....	67
Figure 3-24 : Illustration de la mise en correspondance spatiale (courtoisie de GeM).....	68
Figure 3-25 : Schéma fonctionnel de Dérive magnétique (Courtoisie de GeM)	70
Figure 3-26 : Illustration de Unnumbered Sparks (courtoisie de Google et GeM).....	71
Figure 3-27 : Illustration des boîtes de projection (courtoisie de GeM)	72
Figure 3-28 : Illustration de la mise en correspondance spatiale (courtoisie de Google et GeM) .	74

Figure 3-29 : Illustration de la régie des administrateurs (courtoisie de Google et GeM).....	74
Figure 3-30 : Illustration du scénario d'usage de la structure augmentée (courtoisie de Google).....	75
Figure 4-1 : Démarche de conception générique pour la conception innovante	80
Figure 4-2 : Modélisation des espaces des conceptions, objets à concevoir et leur interactions ...	81
Figure 4-3 : Illustration d'un habillage en 3D (source : VVVV.com).....	87
Figure 4-4 : Illustration de la seconde passe de rendu projective (source : VVVV.com).....	88
Figure 4-5 : Classifications des géométries de surface et prédéformation projective associées...	89
Figure 4-6 : Processus d'augmentation 2D prérendu	90
Figure 4-7 : Processus d'augmentation 2D temps réel.....	91
Figure 4-8 : Processus d'augmentation 3D prérendu	92
Figure 4-9 : Processus d'augmentation 3D temps réel.....	93

LISTE DES SIGLES, ABRÉVIATIONS ET DÉFINITIONS

1.1 Sigles et abréviations

CPU	Computer Processing Unit
DA	Directeur Artistique
DMX	Digital Multiplex
DT	Directeur Technique
EDI	Espace de Développement Intégré
GPU	Graphic Processing Unit
IUG	Interface Utilisateur Graphique
IHM	Interface Humain-Machine
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
NTIC	Nouvelles Technologies de l'Information et des Communications
OSC	Open Sound Control
RA	Réalité Augmentée
R-A	Recherche-Action
RAS	Réalité Augmentée Spatiale
RASP	Réalité Augmentée Spatiale Projective
RM	Réalité Mixte
RV	Réalité Virtuelle
R&D	Recherche et Développement
SRA	Système de Réalité Augmentée
SRAS	Système de Réalité Augmentée Spatiale
SRASP	Système de Réalité Augmentée Projective

1.2 Définitions et terminologie

Nous définissons ici quelques termes clefs de la terminologie de la réalité augmentée et de la création multimédia qui nous semblent nécessaires à la compréhension du mémoire.

- **Affordance** : capacité d'un objet ou système interactif à suggérer sa propre utilisation et fonctionnement.

- **Agence de communication** : les agences de communication sont des entreprises qui prennent en charge l'ensemble des besoins de communication d'un client au travers des cinq principaux pôles du domaine de la communication, à savoir :

- le conseil : audit de la communication avec recommandation d'actions;

- la communication globale : communication commerciale, communication institutionnelle, communication de marque, communication événementielle, communication financière, etc. ;

- la création graphique : création visuelle, effets spéciaux, retouche et traitement de l'image, prise de vue, objet, signalétique, etc. ;

- la création multimédia : e-card, vidéo promotionnelle, DVD, etc.

-la création hypermédia : création de site web, vitrine, e-commerce, réseaux sociaux, applications mobiles, etc.).¹

- **Augmentation** : processus conceptuel consistant à donner à un objet ou environnement une "intelligence désignée" grâce à l'apport d'une technologie permettant la coexistence temporelle et spatiale de mondes virtuel et réel. Nous parlerons d'augmentation dans le cadre général de la RA.

- **Cadre de référence** : ensemble de documents, d'explications et d'images nécessaires à la conception d'une augmentation vidéo spatiale. Les visuels d'augmentation vont alors être créés en fonction de ce cadre de référence.

¹ Tiré de la définition Wikipédia, consulté le 12 mai 2014.

- **Calibration** : étape consistant à s'assurer du bon positionnement du projecteur tangible avec sa surface de projection pour réaliser une augmentation vidéo.
- **Caméra** : dispositif physique qui permet d'enregistrer une succession d'images sous forme d'un fichier vidéo. Les films classiques sont filmés à l'aide d'une telle caméra.
- **Caméra virtuelle** : équivalent virtuel d'une caméra au sein d'un logiciel de modélisation et animation 3D disposant d'un moteur de rendu 3 D. Les films d'animation 3D sont filmés à l'aide d'une telle caméra.
- **Communication événementielle** : la communication événementielle est un outil de communication hors-média, interne ou externe, utilisé par une entreprise ou une institution ou tout autre organisme, consistant à créer un événement, généralement sous la forme de salon, congrès, festival, convention, soirée festive, cocktail, remise de prix ou rallye. Cet événement est souvent conçu et réalisé par une agence de communication spécialisée. L'événement est un vecteur d'image pour les organismes qui utilisent ce concept².
- **Lecteur** : logiciel qui interprète un fichier vidéo (2D) et en affiche les images les unes à la suite des autres à la cadence de lecture.
- **Logiciel de modélisation et animation 3D** : logiciel pour travailler dans un environnement virtuel 3D. Tant que l'on reste dans cet environnement, ce qui est affiché sur l'écran est un rendu 3D temps réel de la scène virtuelle, généré par le GPU. Le fichier vidéo est alors créé lors de l'étape du rendu, lorsqu'une caméra virtuelle enregistre image après image l'animation de la scène virtuelle.
- **Logiciel d'édition et composition vidéo** : logiciel pour travailler avec le médium vidéo (2D).
- **Mise en correspondance** : étape conceptuelle consistant à assurer la cohérence spatiale entre l'augmentation et l'environnement augmenté. La mise en correspondance s'effectue grâce à la production d'un cadre de référence. Nous parlerons également d'enregistrement (registration).

² Tiré de la définition Wikipédia, consulté le 12 juin 2014.

- **Module de déformation vidéo temps réel** : élément logiciel qui permet une mise en correspondance (voir ci-après) en temps réel d'un élément vidéo (2D) selon une surface de déformation éditable. Cette visualisation est générée par le GPU.
- **Moteur de rendu 3D temps réel** : logiciel qui permet de visualiser une scène virtuelle 3D. Les logiciels de modélisation et d'animation 3D intègrent un tel moteur, et c'est ce qui permet de naviguer et visualiser les animations avant de passer à l'étape du rendu.
- **Processus d'augmentation spatiale** : succession d'étapes au cours desquelles une vidéo subit des prédéformations en vue de réaliser une augmentation spatiale par projection.
- **Projecteur** : dispositif physique qui projette de la lumière pour afficher une image ou une succession d'images créant une vidéo.
- **Projecteur virtuel** : équivalent virtuel d'un projecteur au sein d'un logiciel de modélisation et animation 3D. Il permet de projeter une image ou une vidéo sous forme de texture sur une géométrie virtuelle.
- **Projection** : vidéo projetée sur la surface de projection.
- **Scène de déformation dans le logiciel d'édition vidéo** : la plupart des logiciels d'édition vidéo permettent d'appliquer des effets de déformation. Créer une scène de déformation consiste à automatiser le processus de déformation. Une fois la déformation éditée, il suffit d'importer une vidéo dans cette scène pour automatiser la tâche.
- **Serveur multimédia** : combinaison de matériel et de logiciel permettant la diffusion de contenu multimédia et son accès interactif.
- **Surface de projection** : surface sur laquelle le projecteur projette la vidéo.
- **Visuel d'habillage** : élément visuel destiné à être projeté sur un objet ou environnement pour réaliser une augmentation vidéo.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A : IDENTIFICATION DES EXPERTS PRINCIPAUX DE LA R-A.....	107
ANNEXE B : AIDE À LA RÉALISATION DU SERVEUR MULTIMÉDIA.....	109
ANNEXE C : AIDE AU DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME PROJECTIF.....	116
ANNEXE D : AIDE AU CHOIX DU TYPE DE PROJECTEUR	117
ANNEXE E : AIDE AU CHOIX DES CONNECTIQUES VIDÉO	121
ANNEXE F : AIDE À LA GESTION DES CÂBLES	124
ANNEXE G : AIDE AU CHOIX DES CAPTEURS D'INTERACTION	128
ANNEXE H : AIDE AU PASSAGE RÉEL/VIRTUEL	136
ANNEXE I : DOCUMENTS ASSOCIÉS LA CRÉATION VISUELLE.....	137

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Nous définissons dans ce chapitre le contexte de ce projet, l'objet de l'étude et le domaine d'application. Plus précisément, nous y présentons le contexte d'émergence de la conception de Système de Réalité Augmentée Spatiale (SRAS) en agence de communication. Enfin, à la fin du chapitre, nous présenterons la structure du présent mémoire.

1.1 Contexte et objet d'étude

Ce projet s'inscrit dans la continuation de recherches effectuées dans le champ de la réalité médiatisée, qui regroupe de nombreux sous-domaines de recherche, et plus particulièrement dans celui de la Réalité Augmentée (RA). On peut observer sur la figure 1-1 une taxonomie des champs d'études associés à la médiation de la réalité.

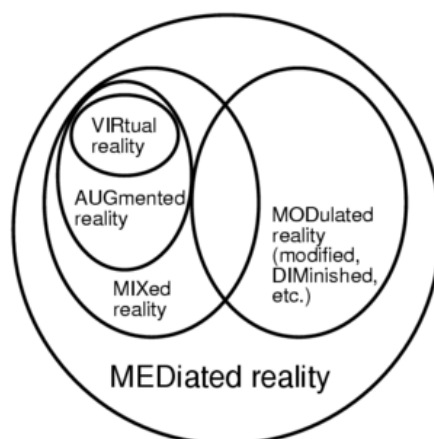


Figure 1-1 : Taxonomie des champs associés à la médiation de la réalité (Steve Mann, 2002)

La médiation désigne dans son sens large l'insertion d'un médium entre la réalité et un humain qui la perçoit. D'après les origines latines du terme, un " médium " est un moyen, un instrument, ou une action qui permet d'intervenir. Ainsi, nous utilisons un médium pour communiquer de l'information à partir du moment où l'on ne se trouve pas directement en personne avec quelqu'un. Le terme " média " est simplement le pluriel contemporain de " médium ".

De façon générale, la RA est un paradigme utilisé pour faciliter les interfaces humain-machine, le but étant de rendre ce dialogue instinctif en copiant les gestes naturels pour les besoins d'interface. Elle est la continuation du paradigme entamé avec l'hypermédia en termes de lien entre les informations numériques et leur accès selon un parcours non linéaire de présentation.

Elle impose toutefois une cohérence spatiale entre l'information numérique et sa présentation sur un support physique. Dans ses tout premiers usages, il y a près de 50 ans, cette technologie était utilisée dans les casques des pilotes de chasse et avait pour but d'augmenter leur rétroaction naturelle avec le monde réel à l'aide d'indices virtuels superposés à leurs perceptions. La RA servait ainsi d'agent médiateur d'aide à la décision.

On peut observer sur le cycle de Gartner 2013 de la figure 1-2 que la RA est à mi-chemin de la pente décroissante du désillusionnement et entre 5 à 10 ans de l'adoption massive. Elle atteignait son pic d'enthousiasme en termes d'attentes vers 2010.

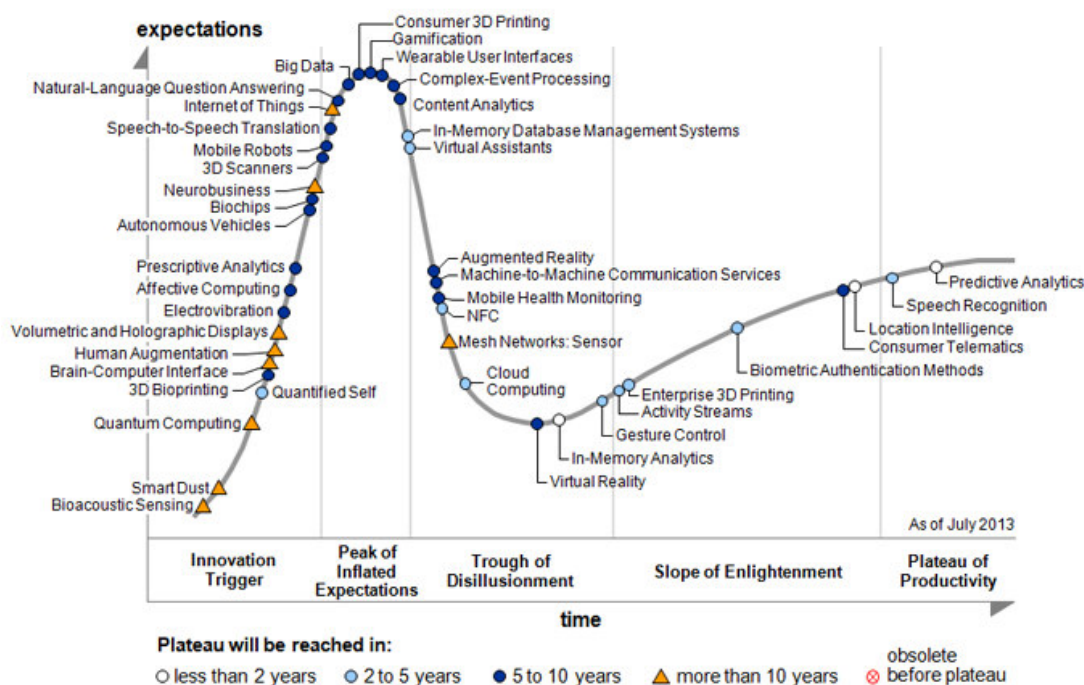


Figure 1-2 : Cycle de Gartner de 2013

Le secteur des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) a créé de nouvelles attentes chez les consommateurs (mobilité, recherche de lien social, besoin de divertissement, ...) et a profondément bouleversé les schémas de communication traditionnels. Pour répondre à ces nouvelles problématiques, des approches de médiation innovantes basées sur la RA ont fait leur apparition au sein des agences de communications. Dans la plupart de ses usages industriels grand public émergents, la RA permet d'enrichir la réalité en affichant des informations uniquement disponibles sur le web, grâce à un dispositif mobile muni d'un capteur optique tel qu'une tablette, un téléphone intelligent ou un ordinateur avec webcam.

Dans le secteur de l'édition et la diffusion de contenu, la RA est généralement utilisée pour augmenter l'interaction et l'engagement entre un utilisateur et de l'information. Ci-dessous est illustrée une expérience de réalité augmentée grand public qu'une application telle que *Layar* permet, le chef de file mondial pour la création de contenu augmenté (voir figure 1-3). À titre indicatif, cette application a été téléchargée 38 millions de fois et plus de 90 000 gestionnaires de contenu, marketeurs, marques de commerce et agences de communication l'ont déjà utilisée³.

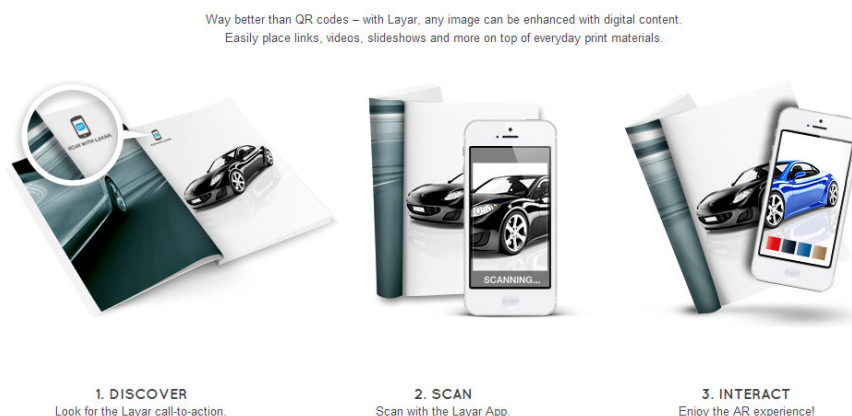


Figure 1-3 : Illustration de la RA (source : layar.com)

Cependant, la RA ne sert pas seulement à augmenter des publicités dans des magazines. Il existe une grande variété de Systèmes de RA (SRA) et de modalités pour lier le contenu numérique, l'environnement physique et la perception de l'utilisateur. Certaines applications de la RA se concentrent sur la dimension mobile offerte par les terminaux tels que les téléphones intelligents. Le scénario d'utilisation d'une telle application est le suivant : l'utilisateur se balade en ville et l'application affiche du contenu informatif normalement caché pour ses sens. Il s'agit donc ici d'une sorte de chasse au trésor dans le monde réel pour découvrir des indications contenues dans un monde virtuel à l'aide de la composante d'affichage du terminal mobile. À titre d'exemple, le site *Meilleurs Agents* propose une application pour téléphone intelligent qui permet d'obtenir en réalité augmentée un prix du m² pour chaque immeuble et maison en Ile-de-France (voir figure 1-4).



Figure 1-4 : Exemple d'application de RA mobile sur PDA (source : meilleuragent.com)

³ Tiré de <https://www.layar.com/>, consulté au 3 juin 2014.

Notons également l'apparition d'application de magasin en ligne de vêtement permettant d'essayer virtuellement les vêtements à la maison, grâce à la webcam intégrée à un ordinateur de bureau (voir figure 1-5).

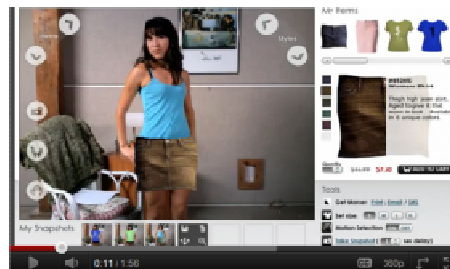


Figure 1-5 : Exemple d'application de RA sur ordinateur de bureau (source : zugara.com)

Les applications industrielles émergentes de la RA tentent ainsi généralement d'optimiser l'expérience utilisateur (UE) de la présentation du produit pour maximiser l'acte de vente. Cependant, l'augmentation de la réalité n'est pas toujours présentée sur des écrans plans et destinée à des utilisateurs uniques. C'est ce qui les différencie des cas étudiés dans ce mémoire, où l'augmentation sort du cadre de l'écran pour venir s'inscrire spatialement dans le monde physique et devient accessible simultanément pour de multiples utilisateurs. On parle dans ce cas d'environnement de Réalité Mixte (RM) et de Réalité Augmentée Spatiale (RAS). Les premiers cas d'environnements de RM en tant que prestation de service ont commencé à émerger dans les agences de communication vers 2012. La multiplication des cas a mené à l'émergence d'une terminologie dédiée.

Ce projet de recherche se concentre ainsi particulièrement sur l'utilisation du médium de communication pour lequel la nomenclature anglaise de "projection mapping" (en France : "mapping vidéo", au Québec : "projection illusionniste") s'est établie au cours de nos deux années de recherche sur le sujet. Selon l'article Wikipédia anglais, consulté le 11 mai 2014 : *"Projection mapping, also known as video mapping and spatial augmented reality, is a projection technology used to turn objects, often irregularly shaped, into a display surface for video projection. These objects may be complex industrial landscapes, such as buildings. By using specialized software, a two- or three-dimensional object is spatially mapped on the virtual program which mimics the real environment it is to be projected on. The software can interact with a projector to fit any desired image onto the surface of that object. This technique is used by artists and advertisers alike who can add extra dimensions, optical illusions, and notions of movement onto previously static objects. The video is commonly combined with, or triggered by, audio to create an audio-visual narrative"*

On peut voir sur la figure 1-6 une illustration de la différence entre le médium de la projection vidéo et celui de la projection illusionniste. La projection illusionniste désigne ainsi le médium de communication basé sur la technologie et les concepts développés dans le domaine de la RAS.



Figure 1-6 : Illustration de la projection illusionniste (source : projection-mapping.org)

Depuis quelques années déjà, l'usage de la projection illusionniste et des Systèmes de RAS (SRAS) a permis aux agences de communications de mettre en place un nouveau modèle d'affaires, misant sur la dimension virale qu'ont les réalisations technologiques innovantes sur les réseaux sociaux. Certaines vidéos mettant en scène sa dimension spectaculaire à des fins publicitaires ont été partagées et visionnées plusieurs millions de fois, permettant de maximiser la diffusion du message publicitaire à moindre coût, en misant sur le partage des internautes.

De grandes marques telles que Nokia, Google, ou encore BMW l'ont utilisée pour leur campagne de publicité à grand déploiement. Aujourd'hui, la RAS représente ainsi un marché en pleine expansion pour les agences de communication, cependant, il y a encore très peu de données disponibles sur la manière dont les SRAS sont développés en agence pour répondre aux besoins de communication d'un commanditaire externe. C'est à ce manque de littérature que ce projet de recherche répond. Au cours de ce projet de recherche de deux ans, nous avons participé au développement de huit SRAS pour des services de communication événementielle. De notre implication dans les projets en ressort une documentation sur l'activité de développement de SRS en contexte réel et des recommandations pour relever les défis pratiques de leur conception.

1.2 Domaine d'application

Ce mémoire s'adresse aux acteurs du champ du design interactif. Le design interactif est l'activité créatrice dédiée à la conception de produits et services numériques⁴. Sa démarche consiste à définir la façon dont les personnes, les produits et les services dialoguent. Ce dialogue s'incarne dans le comportement du produit ou du service, autour d'une interface, d'un objet ou d'un environnement numérique.

Le design interactif est l'agrégation de nombreux autres champs de l'ingénierie cognitive tels que l'ingénierie d'interface utilisateur, l'usabilité, le design de communication, l'architecture d'information, les Interactions Humain-Machine (IHM) et les facteurs humains qui sont les principaux aspects étudiés dans ce mémoire dans le cadre spécifique de la conception des applications de RAS en agence de communication (voir figure 1-7).

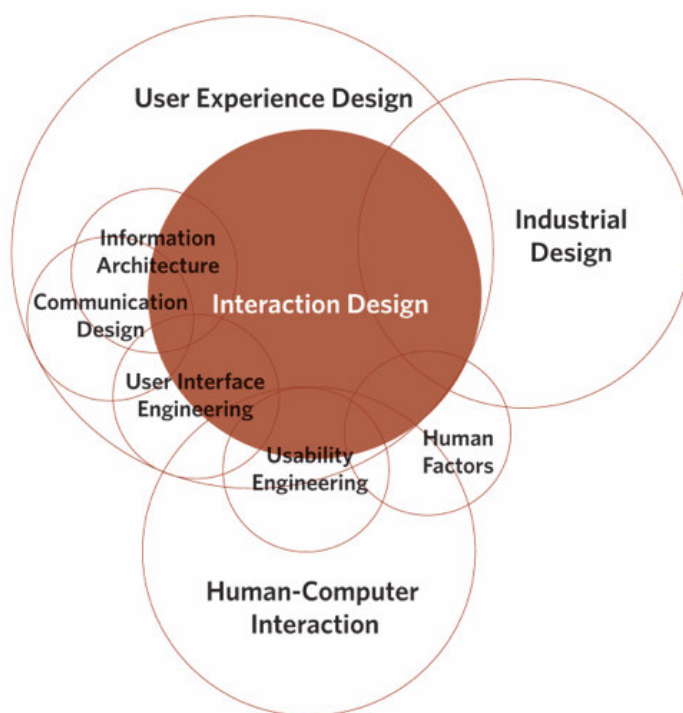


Figure 1-7 : Taxonomie du design interactif (Dan Saffer, 2009)

⁴ Tiré de la définition de www.designersinteractifs.org, consulté le 13 mai 2014.

Notre recherche s'adresse majoritairement aux designers numériques. Le designer numérique est un professionnel qui intervient généralement dans une équipe interdisciplinaire (marketing, responsable éditorial, ingénieur, graphiste, etc.) de manière globale et contextuelle pour transformer une idée originale ou une technologie en un produit. Pour cela, il conçoit le style et l'ossature et prévoit l'utilisation future du produit : ce que cela fait, ce que l'on voit, ce que l'on ressent et la manière dont on l'utilise. Il est l'incarnation de l'acte du design, résultant de l'ingénierie et l'ergonomie, et intervient dans les tâches présentées ci-après⁵.

Analyse de la situation : le design numérique consiste en premier lieu à identifier le contexte et les utilisateurs d'un dispositif numérique. Il s'agit ensuite de définir les architectures et les caractéristiques fonctionnelles du service. Cette complexité est représentée dans des scénarios d'usages illustrés, des cahiers de positionnement, des chartes éditoriales, des chartes de service et des chartes fonctionnelles (illustrations, arborescences, cartes, schémas).

Interaction : le designer intervient ensuite dans la définition et la construction des interactions, c'est-à-dire des relations du service ou du programme avec un utilisateur défini. Celles-ci se construisent par une maîtrise des systèmes cognitifs, des technologies et des syntaxes de l'interactivité et des représentations qui y sont associées (interactivité fonctionnelle, immersive, contextuelle, sensorielle, etc.).

Représentation : le designer crée ensuite les représentations, les formes faisant exister de façon identifiable l'esthétique du programme, du service ou d'un objet interactif connecté. Cette intervention nécessite la transformation de l'ensemble des éléments fonctionnels et des interactions du projet en objet appropriable par un utilisateur. Cette étape incarne l'existence et la raison du projet. Dans un projet numérique, l'interface cristallise le potentiel, l'utilisation et la personnalité du produit, elle est à ce titre un enjeu de création et de différenciation qui est indissociable du produit dans son ensemble. L'interface est consubstantielle au produit numérique et l'aboutissement et l'agrégation du processus de design.

Les champs d'application du design interactif et des applications potentielles de la RAS dans la conception de produits numériques sont très diversifiés. Parmi les domaines dans lesquels des

⁵ Tiré de la fiche métier de Wikipédia, consulté le 9 mai 2014.

enjeux importants ressortent : la mobilité et le transport, la santé, l'énergie, l'éducation, la culture et le divertissement.

En 2012, l'Alliance interactive canadienne a tracé le profil de l'industrie interactive canadienne. Dans ce profil, on estime à 2 900 le nombre d'entreprises œuvrant dans le secteur des médias interactifs au Canada. Ces entreprises génèrent un revenu de 3.8 milliards \$CAN par année.

Enfin, les revenus à l'échelle mondiale générés par l'utilisation de la RA sont passés de 6 millions \$US en 2008 à plus de 350 millions \$US en 2014.⁶

1.3 Structure du mémoire

Le mémoire comprend six chapitres qui sont structurés de la façon suivante. Après cette introduction (chapitre 1), le chapitre 2 présente une revue de littérature sur la démarche de conception de SRAS en agence de communication. À la fin du chapitre, la problématique, le but et la question de ce projet de recherche seront exposés. Le chapitre 3 expose le cadre méthodologique de ce projet et présente la conception des huit SRAS réalisés en milieu pratique durant la phase d'action. Le chapitre 4 fait la synthèse des enseignements pratiques issus de cette phase d'action et de l'empirisme. Dans la conclusion (chapitre 5), nous ferons un retour sur le but de ce projet et ses principaux résultats et contribution. Enfin, nous discuterons des répercussions importantes qui pourraient découler de la démocratisation de la RA et RASP dans la conception de produits numériques.

⁶ Tiré de ABI research study : "Augmented reality: adding information to our view of the world".

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA DÉMARCHE DE CONCEPTION D'APPLICATIONS DE RÉALITÉ AUGMENTÉE SPATIALE EN AGENCE DE COMMUNICATION

La revue de littérature présentée ci-après est composée de trois grandes parties. La première concerne la démarche de conception des produits numériques en agence de communication. La seconde concerne le paradigme de la RA et la conception de ces systèmes. Dans la troisième, nous nous concentrerons spécifiquement sur la RAS et ses défis. Enfin, à la fin de chapitre nous ferons une synthèse avant de présenter la problématique et les objectifs de ce projet de recherche.

2.1 La démarche de conception en agence de communication

Dans cette partie, nous présentons les notions essentielles de la conception, ce qui nous permettra de mettre en place la terminologie utilisée dans le corps du mémoire, les défis généraux de cette activité en agence de communication et ses spécificités en lien avec la conception d'applications de RA. Enfin, elle permettra d'introduire le processus générique à mettre en œuvre lorsqu'il s'agit de répondre aux besoins d'un client externe.

2.1.1 La démarche de conception

D'après l'Office Québécois de la Langue Française (OQLF), une démarche est "une façon d'aborder un problème, une question". Il s'agit donc d'un outil méthodique, un processus adapté à une situation problématique de conception. Une démarche de conception repose autant sur la rigueur et le raisonnement scientifiques que sur l'imagination et la créativité. La créativité est également une notion qu'il est important de définir avant de poursuivre. Nous utiliserons la définition donnée par Ward, qui définit la créativité comme "*The activation and recombination in a new way of previous knowledge elements in order to generate new properties based on the previous one*" (Ward, 1999). Nous verrons par la suite comment est assurée la gestion de la connaissance en RA et les artefacts qui peuvent aider à cette créativité nécessaire à la conception de ces systèmes.

La conception, peu importe le domaine d'application, est un terme difficilement définissable qui a fait l'objet de plusieurs recherches. Dans ce mémoire, nous utiliserons la définition de Ralph

qui définit la conception comme : " *La spécification d'un objet, crée par un agent, dont l'intention est d'accomplir des objectifs dans un environnement particulier, en utilisant un ensemble de composantes primitives, satisfaisant un ensemble de besoins et sujet à des contraintes*" (Ralph, 2009). Cette définition, fondée sur une étude exhaustive des définitions antérieures de la conception, se veut applicable à tous les domaines où le processus de conception a lieu et nous l'utiliserons comme référence dans ce mémoire. Ce modèle conceptuel de la conception est présenté à la figure 2-1.

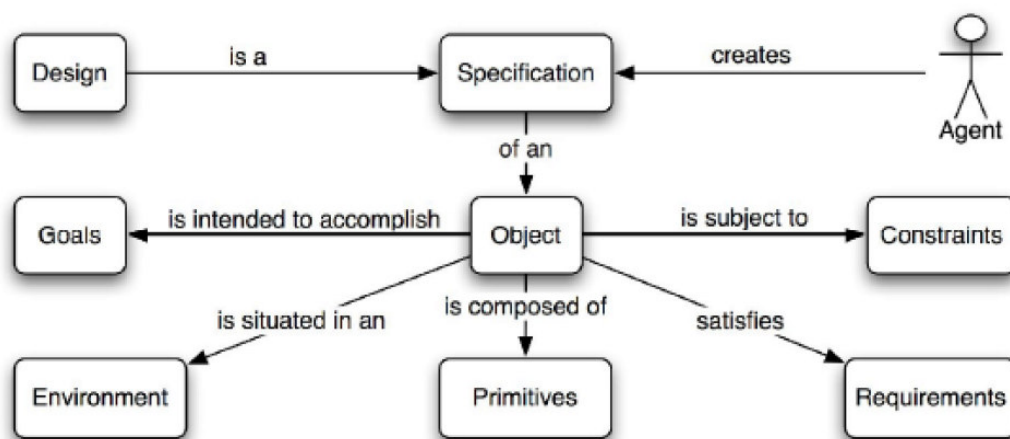


Figure 2-1 : Modèle conceptuel de la conception (Ralph et Wand, 2009)

Nous nous servons de ces composantes pour progresser dans cette revue de littérature. Ci-après nous nous intéressons à l'agent concepteur, qui en agence de conception est composé de différents individus et corps de métier. Dans la partie suivante nous aborderons les objectifs d'un SRA, ses composants essentiels, les contraintes à respecter, et enfin le lien d'un SRA avec son environnement, puisque c'est surtout cela ce qui différencie un SRAS d'un site web.

2.1.2 Les phases de la démarche de conception

Un processus typique de conception comprend généralement cinq phases, et, à l'exception de la phase de planification, les phases sont mises en œuvre de façon itérative. Les décrire ici nous permettra de classer les activités observées durant la phase d'action décrite plus loin dans le mémoire. Ces phases sont expliquées ci-après :

- *Planification* : il s'agit de planifier la mise en œuvre de la démarche de conception. L'équipe du projet doit définir les plans techniques, méthodologiques, et de conduite de projet.

- *Spécification du contexte d'utilisation* : il s'agit de comprendre la population cible et ses caractéristiques, ses buts, ses tâches et ses environnements.
- *Spécification des exigences liées à l'utilisateur et à l'organisation* : il s'agit de prendre en compte les besoins, les objectifs et les attentes de tous les utilisateurs sur le système à concevoir.
- *Conception* : il s'agit d'utiliser les connaissances acquises lors des étapes précédentes pour conceptualiser les solutions au problème à résoudre. Cette phase se traduit par le développement de prototypes que l'on peut visualiser, manipuler et tester. Parmi les éléments du système qui seront développés durant cette phase : l'architecture d'information, les schémas d'interfaces, les fonctionnalités, la navigation, les styles d'interaction, les dispositifs d'entrée/sortie, le soutien à l'utilisateur, etc. Dans la suite du mémoire, nous séparerons cette étape en deux sous-étapes pour la présentation des tâches récurrentes : la conception durant la phase de préproduction, menant au préconcept où le cahier des charges est établi, et la réalisation durant la phase de production, où ce préconcept est alors transformé en prototype fonctionnel à travers un certain nombre de choix technologiques spécifiques (choix d'un logiciel pour le développement, d'une technologie d'affichage, de capteurs, etc.).
- *Évaluation de la ou des solutions conçues* : cette phase vise à évaluer les solutions conçues en fonction des exigences documentées aux étapes précédentes. Dans cette phase, les utilisateurs finaux sont impliqués. L'objectif vise à confirmer que le prototype proposé répond à leurs attentes et à leurs besoins. Sur la base des résultats obtenus, des modifications sont apportées au prototype selon une approche itérative. Dans nos cas, cette phase était réalisée avec un test des aspects critiques en amont, mais principalement lors de l'implémentation du SRAS dans son environnement réel et public. Il n'y avait donc pas vraiment de possibilité d'itération et de "seconde chance", en raison du contexte d'utilisation.

2.1.3 Les composantes d'un produit numérique

Selon Hassenzahl (2013), un produit numérique pourrait être décrit essentiellement par deux grands groupes de propriétés : pragmatiques et hédoniques. Il s'agit des notions d'usage ("usability") et d'estime ("pleasure") décrites par Guerlesquin et Sagot (2009). Nous nous servirons de ces deux notions pour décrire la conception des SRAS dans le corps du mémoire. Ces notions sont expliquées dans les paragraphes suivants.

2.1.3.1 Fonction d'usage et propriétés pragmatiques

Selon Brangier et Barcenilla (2003), la fonction d'usage est " l'ensemble des requis permettant à l'utilisateur d'accomplir un objectif au travers d'une activité réelle dans un contexte donné ". Cette définition s'accorde avec celle de Hassenzahl sur ce qu'il appelle les propriétés pragmatiques, qu'il décrit comme "les propriétés orientées vers la tâche" dans différents articles (Saulnier, 2013). Elles font ainsi référence aux aspects fonctionnels et ergonomiques d'un SRA. Ces propriétés sont le reflet de l'établissement des besoins des utilisateurs. Certains besoins et attentes identifiés lors des phases préliminaires de la démarche de conception deviendront alors des exigences, et ces exigences seront documentées dans le cahier des charges sous forme textuelle et/ou de diagramme de scénario d'utilisation du système à concevoir et réaliser. Dans nos cas de développement de SRA, nous avons deux types d'utilisateurs principaux du système : les utilisateurs experts et les utilisateurs finaux. Les premiers étaient les administrateurs qui assuraient le bon fonctionnement du système, les seconds étaient les apprenants directs de la communication événementielle; l'événement était ensuite médiatisé, servant la troisième fonction du service de communication offert par l'agence, visant un troisième type d'utilisateur du produit/service.

2.1.3.2 Fonction d'estime et qualités hédoniques

Les qualités hédoniques font référence aux aspects liés à l'apparence et aux valeurs que le produit véhicule. D'autres auteurs parlent de la valeur ludique (Jordan, 2000) ou encore de la valeur hédonique (Hassenzahl, 2013). On note dans la littérature un intérêt de plus en plus marqué pour les notions d'esthétique. Pour Quarante (2001), cette notion d'esthétique tire sa popularité croissante du contexte socio-économique actuel : il y a prolifération des produits, d'où la nécessité de les rendre distincts. Dans ce contexte, l'effort d'imagination créative est ainsi aujourd'hui nécessaire, voire indispensable, et le design est l'une des disciplines qui mènent à cette créativité. De nombreux auteurs évoquent la notion de plaisir que dégage un produit et qui s'avère un atout commercial indispensable (Jordan 1998; Norman 2004). De son côté, Couix définit la fonction d'estime comme la "considération affective que l'utilisateur attache au produit lors de son achat ou de son utilisation " (Couix, 2012). Ainsi pourront être considérées comme des fonctions d'estime, les notions telles que la qualité perçue, les modes et tendances, la valeur sentimentale et l'esthétique.

Cette réorganisation du processus de conception autour des fonctions du produit est résumée par la figure 2-2.

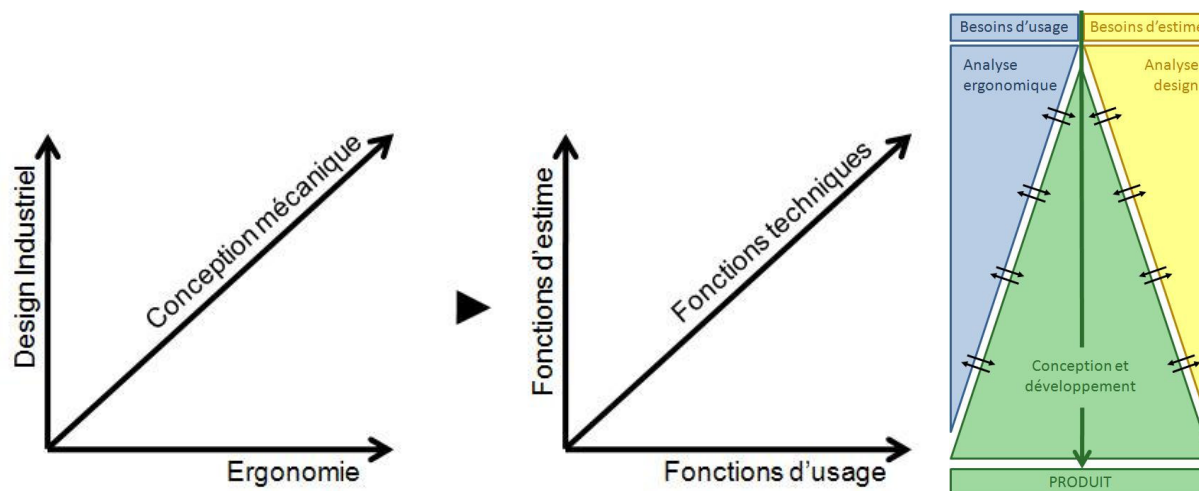


Figure 2-2 : Réorganisation du processus de conception (Guerlesquin et Sagot, 2007)

Comme dans les cas développés le produit/service vendu était principalement la communication et non pas le système technologique qui permettait de la médiatiser, c'était généralement les propriétés hédoniques qui avaient le plus de valeur aux yeux du client, et le but était de minimiser les coûts techniques associés au SRAS et aux fonctions d'usages.

2.1.4 Les acteurs de la conception

Dans le cadre d'une agence réalisant un site web ou un produit applicatif, qui est selon nous le produit/service documenté le plus proche de l'objet étudié, les acteurs et leurs rôles dans la conception préliminaire sont décrits ci-après (Saulnier, 2013). À partir de cette répartition des rôles, nous définirons l'équipe de conception transdisciplinaire générique d'un SRA que nous présenterons dans la synthèse de ce projet, au chapitre 4 :

- Le Directeur Artistique (DA) est principalement (mais non exclusivement) expert des éléments relatifs à la valeur d'estime incluant la cohérence esthétique ainsi que des émotions, plaisirs et qualités perçues par l'utilisateur.
- Le Concepteur Rédacteur (CR) est principalement (mais non exclusivement) expert des éléments relatifs à la sémiotique (le "storytelling"). Dans la suite du mémoire nous appellerons cet acteur le réalisateur, car il s'agit principalement de conception vidéo et non textuelle.

– L'Ergonome des interfaces (EI) est principalement (mais non exclusivement) expert des éléments relatifs à la fonction d'usage du produit (y compris la validation utilisateur). Dans la suite du mémoire, nous appellerons cet acteur le Directeur Technique (DT), car la notion d'interface sort du cadre de l'écran pour venir s'inscrire dans l'espace physique et il s'agit pour lui de concevoir et réaliser un système interactif ayant des dimensions matérielle et logicielle.

Enfin, au niveau organisationnel, c'est la philosophie et les valeurs des méthodes Agile qui sont utilisées dans l'industrie comme standard pour le développement de sites web et produits applicatifs à haute valeur ajoutée (Proulx, 2010; Saulnier, 2013), et cela reste applicable pour le développement des installations de RAS bien qu'il ne s'agisse pas exclusivement de développement logiciel.

Nous allons désormais nous concentrer plus spécifiquement sur la RA et la conception de ses systèmes.

2.2 La réalité augmentée et les taxonomies associées à ses systèmes

Dans cette section, nous proposons un tour d'horizon de la RA sur les plans conceptuel et technique. Cela nous permettra d'introduire les notions essentielles et la terminologie utilisée dans la suite du mémoire, de relever les défis techniques de la conception des SRA issus de la littérature et de pouvoir présenter et inscrire ceux que nous avons développés durant la phase d'action de ce projet de recherche.

2.2.1 Concepts et définitions

À ce jour, la RA n'est pas définie de façon formelle, différents groupes de recherche œuvrant dans ce domaine offrant chacun leur définition de ce concept. Avant de présenter les définitions utilisées dans la communauté scientifique, il est intéressant de définir les termes qui la composent. Pour le Petit Robert, la réalité est le "*caractère de ce qui est réel, de ce qui ne constitue pas seulement un concept, mais une chose, un fait*", et augmenter consiste à "*rendre plus grand, plus considérable, par addition d'une chose de même nature*". Ainsi d'un point de vue étymologique, la RA repose sur des techniques et méthodes permettant d'enrichir la perception du monde réel par les sens.

L'OQLF a adopté en 1998, une définition "officielle" de la RA : *"Technique d'imagerie numérique, issue de la réalité virtuelle, permettant, grâce à un dispositif d'affichage transparent, de superposer à une image réelle des informations provenant d'une source numérique, telles les images de synthèse"*. Nous considérons que cette définition comporte une lacune pour la raison qu'elle limite les Systèmes de RA (SRA) aux systèmes d'affichage optique ou transparent, sans considérer les affichages vidéo qui sont pourtant les plus répandus. De plus, nous croyons que la définition de la RA ne devrait pas inclure de restrictions sur les systèmes d'affichage, car il existe présentement plusieurs systèmes d'affichage permettant de concevoir des applications de RA et le futur en amènera sans doute de nouveau. Considérant cette réflexion, nous pensons que les définitions proposées par les chercheurs du domaine sont plus appropriées et nous les présentons ci-après.

En 1994, Milgram a énoncé une définition simple voulant que la RA soit "le procédé par lequel la réalité physique est augmentée d'objets virtuels" (Milgram, 1994). Malheureusement, cette définition comporte la lacune évidente d'utiliser le terme qu'il définit, soit le mot "augmentée". Ce qui est toutefois remarquable est qu'il situe la RA par rapport à la RV dans le spectre de la réalité mixte (voir figure 2-3).

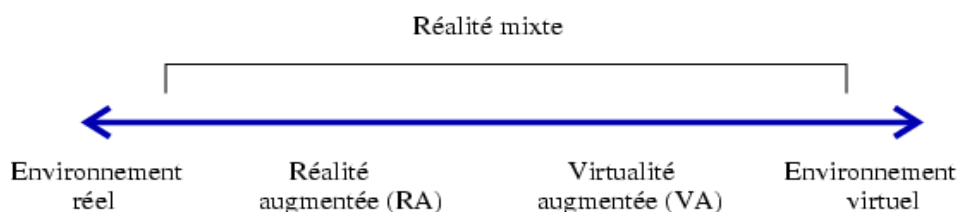


Figure 2-3 : Continuum réel/virtuel (Milgram et al., 1994)

Dans ce continuum de réalité-virtualité, on peut observer que la RA se situe près de l'extrême "environnement réel" alors que la Réalité Virtuelle (RV) se situe à l'autre extrême du spectre sous la désignation "environnement virtuel", souvent employé comme équivalent à la RV. En d'autres termes, ceci indique que la RA implique une forte présence de la réalité physique avec une faible intégration de la réalité virtuelle, au contraire de la réalité virtuelle qui elle fait plutôt une abstraction totale de la réalité physique. Enfin la virtualité augmentée consiste à ajouter des éléments réels dans un environnement virtuel.

La définition qui est généralement utilisée par la communauté est celle d'Azuma et ses collègues de l'Université de Caroline du Nord : *"Augmented Reality is an environment that includes both*

virtual reality and real-world elements" (Azuma et al., 2001). Pour eux, la RA repose sur un système qui complète le monde réel avec des objets virtuels de telle sorte qu'ils semblent coexister dans le même espace-temps que le monde réel pour l'utilisateur. Ils donnent trois exigences pour les SRA basés sur la modalité visuelle : composer le réel et le virtuel, en temps réel, et être enregistré en trois dimensions pour assurer le respect perspectiviste de l'utilisateur. Cette définition exclut donc la composition en postproduction qui n'est pas en temps réel pour l'utilisateur d'un environnement de réalité mixte, mais n'impose aucune contrainte sur le réalisme photométrique des compositions d'augmentation. Ces exigences seront définies et illustrées plus en détail à travers cette revue de littérature, et il s'agit de la définition dont nous nous servirons dans ce mémoire.

Afin d'éclaircir la notion de temps réel en RA, il convient de bien définir cette notion et ses variantes et de positionner sa signification pour nos applications de RAS par rapport à d'autres significations dans la littérature. Il y a trois notions voisines, mais distinctes de la notion de temps réel : le temps réel, au sens disciplinaire, où l'on s'intéresse aux contraintes temporelles des systèmes et où on veut, si on le peut, borner les temps d'exécution des opérations du système afin de garantir que certains événements surviendront; le temps réel de simulation où une seconde passée en simulation est une seconde dans la réalité; l'interaction ou la visualisation en temps réel où l'utilisateur ne doit pas percevoir la latence inhérente du système. En Réalité Mixte (RM) de façon générale, la notion de temps réel se réfère la plupart du temps aux deux dernières descriptions. En RA, c'est le plus souvent la dernière définition qui sied (St Aubin, 2011). Aussi, c'est celle que nous utiliserons dans ce mémoire.

La spécificité des applications de la RAS dans la communication événementielle est que, dans le cadre spécifique d'un concert de musique par exemple, un SRAS est avant tout destiné à être en temps réel avec la performance musicale, et non par interaction directe avec un utilisateur final, la RA servant dans ce cas à augmenter l'engagement du spectateur avec le concert, notion que nous définissons ci-après. En effet, la variété des applications de RA et SRA nécessitent d'avoir des termes pour pouvoir les décrire leur buts, les catégoriser et évaluer les choix de conception que nous avons faits pour les cas développés durant cette étude.

Nous présentons ci-après les termes et notions utilisés par la communauté de la RM. Ces termes étant généralement issus de la RV, après les avoir définis, nous discuterons de leur emploi pour la RA

La présence peut être qualifiée comme le sentiment d'exister à l'intérieur d'une simulation numérique ressentie comme aussi réelle que le monde physique (Morie, 2005). Dans les applications de RV, on cherche notamment à fournir à l'utilisateur un sentiment de présence. La présence est fonction de deux autres phénomènes, l'engagement et l'immersion. Ces trois termes sont fortement liés et souvent confondus (Gaggioli, 2003).

Wittner et Singer ont proposé les définitions suivantes pour les termes d'engagement et d'immersion (Wittner et al. 1998) :

L'Engagement désigne l'état psychologique vécu lorsqu'une personne concentre ses énergies et son attention sur un ensemble cohérent de stimuli.

L'Immersion désigne l'état psychologique caractérisé par la perception de faire partie d'un environnement qui fournit un flux continu de stimuli.

L'engagement peut être considéré de la même façon en RV comme en RA, dans les deux cas on cherche à capter l'attention de l'utilisateur et à susciter son intérêt en utilisant des stimuli virtuels. Il existe tout de même une différence, car en RV les stimuli sont d'origine strictement virtuelle alors qu'en RA, ils proviennent de la RM. Ainsi, l'immersion mérite une évaluation différente dépendamment s'il s'agit de RA ou de RV. En RV on vise à intégrer l'individu à un monde complètement virtuel et ainsi atteindre ce qui est qualifié d'immersion totale. À l'inverse en RA, on vise à intégrer les stimuli virtuels au monde de l'individu de façon à ce que la distinction entre le réel et le virtuel soit impossible. Ainsi, une immersion totale en RA en est une où les éléments virtuels du monde augmenté paraissent comme faisant partie intégrante et naturelle de la réalité perçue par l'utilisateur (St Aubin, 2011). Le niveau d'immersion d'un SRA est fonction d'une variété de facteurs tels que par exemple les méthodes d'interaction, la qualité du système d'affichage, le nombre de sens stimulés, le niveau de détail du monde virtuel présenté, et ce qui est sans doute le facteur le plus important dans le cas des SRAS, la qualité de l'enregistrement du monde virtuel au monde réel. Ces facteurs seront abordés plus en détail dans la partie suivante, où nous présenterons les composantes essentielles d'un SRA. La difficulté de cette terminologie en RA se situe au niveau de la présence. Puisqu'en RA le monde physique n'est pas supprimé, il

est improbable qu'un SRA ne fournisse pas à son utilisateur le sentiment de présence. Celui-ci se sentira à tout moment comme existant dans le monde augmenté vu la présence de repères réels avec lesquels il est familier. Considérant ceci et par souci de simplicité, nous proposons d'utiliser dans le reste du mémoire plutôt le terme "immersion" pour référer au terme "présence".

2.2.2 Taxonomie fonctionnelle

Fuchs (2010) a proposé une taxonomie basée sur les fonctionnalités offertes par les systèmes de RA. Ces fonctionnalités, bien que différentes, peuvent faire appel à des techniques et matériels similaires. Cette catégorisation est découpée de manière hiérarchique à la figure 2-4. On peut observer que les fonctionnalités sont divisées en deux grandes catégories. Nous les décrivons succinctement dans les paragraphes suivants afin de pouvoir positionner les cas réalisés dans ce projet de recherche. Aussi nous illustrerons la différence entre une intégration et une incrustation dans la partie suivante.

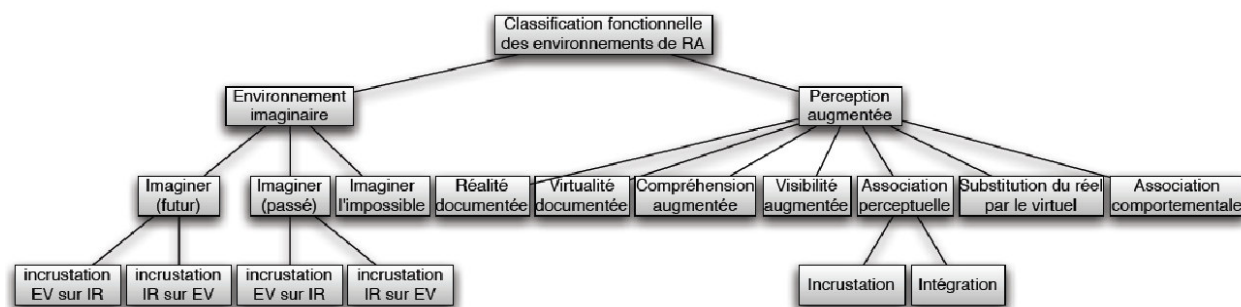


Figure 2-4 : Classification fonctionnelle des SRA (Fuchs et al., 2010)

La perception augmentée du monde réel concerne les systèmes de RA utilisés comme outil d'aide à la décision. Il s'agit notamment d'informations (au sens large : sous formes textuelles, d'objets 3D, d'indicateurs ou même de retour d'effort) permettant d'avoir en temps voulu des éléments supplémentaires entrant en compte dans le processus de prise de décision de l'action à effectuer dans le monde réel.

La création d'un environnement imaginaire concerne des applications ayant pour but d'aider, par des augmentations virtuelles, à percevoir et à construire un monde qui n'existe pas dans le réel. Cela peut avoir plusieurs objectifs tels que la visualisation d'un environnement futur

possible résultant de l'ajout/suppression (réalité augmentée/diminuée) d'un objet ou d'une action transformant l'environnement réel.

Tous les cas développés durant cette recherche concernent la catégorie "Imaginer l'impossible", car il s'agissait de traduire les besoins de communication et l'image de marque d'un commanditaire externe en augmentation de la réalité pour des apprenants de la communication. Il s'agissait beaucoup d'illusions d'optique (illusion de mouvement, d'illumination, de réflectivité, de déformation, etc.). Dans la littérature de recherche, c'est principalement Raskar et Bimber qui ont ouvert la voie à cette catégorie d'application de la RAS (cf Raskar et al., 2001, 2003 ; Bimber et al., 2005).

2.2.3 Taxonomie technique

Milgram (1994) a proposé trois axes de classification des SRA concernant leurs dimensions techniques. Ces trois axes sont uniquement utilisés pour catégoriser les systèmes et ne représentent pas forcément des objectifs à maximiser lors de la conception d'un SRA. Ils représentent autant de choix et de compromis à faire en situation réelle de conception et selon la tâche à réaliser, le type d'utilisateur, et les moyens disponibles, il convient de trouver une bonne combinaison permettant d'optimiser la qualité du SRA. Ces trois axes concernent les systèmes utilisant la modalité sensorielle visuelle, qui est celle sur laquelle nous nous concentrerons principalement pour la description de ceux réalisés : le degré de fidélité de reproduction du monde réel; le degré de connaissance du monde réel; et le degré d'immersion de l'utilisateur dans le monde virtuel. Les présenter ici permettra de soulever les interdépendances de ces axes avec les composantes du SRA, l'objet analysé dans la partie suivante.

La fidélité de reproduction représente le réalisme des scènes affichées à l'utilisateur. Elle dépend principalement des caractéristiques techniques du dispositif d'affichage et leur adéquation avec les capacités humaines (stéréoscopie/monoscopie, résolution d'affichage, etc.), de la fidélité d'affichage des modèles géométriques et de l'ensemble des images virtuelles générées (nombre de polygones, utilisation d'ombres, nombre de passe de rendu, qualité des textures, etc.). La contrainte temps réel inhérente aux systèmes de RA impose généralement souvent de trouver un compromis entre les temps de réaction et la fidélité photométrique de représentation. C'est une des raisons pour lesquels dans la majorité des SRAS réalisés, les augmentations étaient préendues en amont à l'aide de moteurs destinés à l'industrie du cinéma afin d'avoir la meilleure

fidélité possible (propriétés hédoniques), puis jouées par un lecteur interactif, simulant la condition temps réel inhérent aux SRA pour la perception de l'utilisateur final dans le cadre d'un événement.

La connaissance du monde réel représente la qualité de la mise en correspondance entre le monde réel et virtuel. La difficulté provient du fait que la génération de la scène à afficher doit tenir compte des caractéristiques géométriques et physiques du monde réel, de la position de la caméra virtuelle et de l'utilisateur afin de pouvoir intégrer la cohérence spatiale et le respect perspectiviste. Selon les applications, il est ainsi nécessaire de disposer d'une connaissance plus ou moins importante du monde réel. C'est autour de cette notion que seront analysés comparativement différents processus de création de contenu pour la RASP dans le corps du mémoire.

Le degré d'immersion de l'utilisateur est dépendant des technologies d'affichages utilisées. Les éléments les plus importants pour l'immersion sont l'intuitivité de l'interaction et le réalisme des images (Chouiten, 2013). Pour l'intuitivité de l'interaction, différents paramètres rentrent en jeu tels que la minimisation des temps de latence, l'utilisation de schèmes comportementaux naturels, l'affordance du système, etc. Le réalisme des images dépend quant à lui des dispositifs et modalités d'affichage. Nous abordons plus en profondeur cette dimension dans la partie suivante lors de la définition des composants essentiels d'un SRA.

2.3 Les composantes essentielles de la conception d'un SRA

Dans cette section, nous présentons les trois composantes de base nécessaires afin de concevoir un SRA fonctionnel vis-à-vis de la modalité visuelle : un système d'affichage (*Display*), un système d'intelligence muni d'une unité de calcul (*CPU*), et un système de positionnement (*Tracking*) pour l'enregistrement (Feiner et al., 1997; Julier et al., 2000, Broll et al., 2004). Ce tour d'horizon nous permettra de définir les notions clefs de la conception de SRA et relever les défis de conception généraux associés.

2.3.1 La composante d'affichage

Les deux grands types de RA acceptés dans la littérature sont la RA traditionnelle et la RA spatiale. La différence entre ces variations de RA se situe au niveau de la disposition du ou des

systèmes d'affichage. De façon générale, le système d'affichage est la composante qui a l'impact le plus important sur l'immersion de l'utilisateur dans son expérience de réalité augmentée. Dans une expérience de RA complètement immersive, le système d'affichage parfait devrait être intuitif dans son utilisation et intégré de façon à ce que celui-ci arrive à en faire l'abstraction totale.

Dans un SRA traditionnel, le système d'affichage est associé à l'utilisateur alors que sur un SRA Spatial (SRAS), les systèmes d'affichage sont inclus au sein de l'espace dans lequel l'utilisateur évolue (Bimber, 2005). Cela offre la possibilité d'utiliser plusieurs dispositifs d'affichage, et permet à de multiples utilisateurs de percevoir la même augmentation de la réalité au sein d'un environnement physique.

Bimber et Raskar (2005) ont défini trois catégories pour classer les SRA, soit les affichages fixés sur la tête de l'utilisateur, ceux tenus à la main et les affichages spatiaux. L'objet d'étude étant la conception de SRAS, nous nous appuyerons sur cette classification dans la suite du mémoire en tant que définition de la RAS vis-à-vis de la RA traditionnelle. On peut observer sur la figure 2-5 cette catégorisation de la RAS en fonction de moyens employés pour accéder à l'augmentation de la réalité. Dans cette classification, on peut observer que les moniteurs vidéo traditionnels sont inclus dans les affichages spatiaux et que les projecteurs en mouvement ne sont pas considérés comme de la RAS.

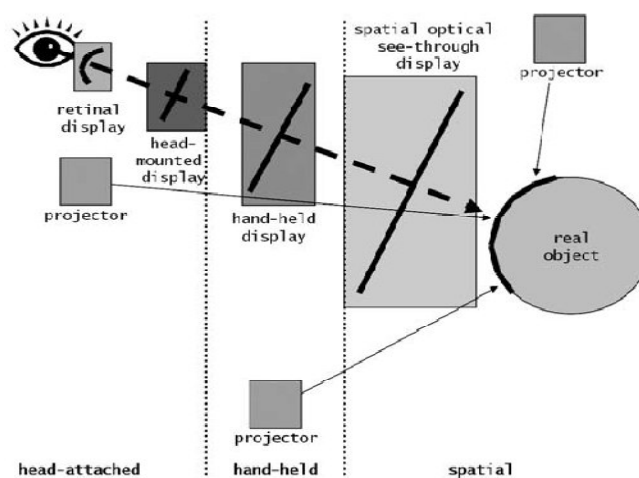


Figure 2-5 : Catégorisation des SRA (Bimber et al., 2005)

L'affichage spatial par vidéo utilise les moniteurs traditionnels. Dans la littérature, ces systèmes sont qualifiés de "fenêtres sur le monde" puisqu'ils permettent d'observer le monde augmenté de

façon externe à celui-ci, sans y prendre part (Feiner 1993, Milgram, 1994). Ce type d'affichage est celui qui est le plus facilement intégrable à la conception d'un SRA, mais qui est le moins immersif de toutes les alternatives possibles. Toutefois, les moniteurs vidéo sont très abordables et permettent à n'importe qui de réaliser sa propre installation de RAS. Dans ce type d'affichage, le processus d'augmentation est relativement simple, à partir d'une vidéo en temps réel ou non, on superpose des informations numériques. Ce type d'affichage se prête bien à des applications où le côté mobile n'est pas essentiel, comme dans nos cas où l'utilisateur est un public entier dont la place est approximée en amont de la création multimédia. Parmi les huit cas de développement analysés par cette étude, deux SRAS peuvent s'inscrire dans cette catégorie.

La deuxième catégorie, les affichages optiques de type transmissifs ("see-through") réfèrent à ce qu'on appelle généralement les "écrans holographiques". Les résultats obtenus grâce à ces affichages occasionnent généralement moins de fatigue pour l'utilisateur d'un SRA et sont plus réalistes, cependant ils ne gèrent pas les occlusions et les considérations optiques de ces affichages peuvent restreindre le nombre d'utilisateurs maximal. Un seul des SRAS que nous avons conçu s'inscrit dans cette catégorie. À cause de l'annulation du client, il n'a pas été réalisé. Nous le présenterons néanmoins pour son intérêt concernant les modalités d'interaction et d'affichage.

Enfin, la troisième catégorie englobe les affichages spatiaux de type projecteur qui reposent sur le concept d'augmentation directe des objets du monde réel. Pour ce faire, un projecteur fixé dans l'environnement est utilisé et projette les informations numériques sur les objets qui doivent être augmentés. Dans ce type d'affichage, la représentation de la profondeur est facilement atteinte puisque les objets augmentés sont physiquement présents dans l'espace. De plus, ces systèmes permettent une mobilité naturelle puisqu'aucun câblage ou autre équipement ne fait obstacle à l'utilisateur. Dans ce cadre spécifique, nous parlerons de RAS Projective (RASP). Ce type d'affichage comporte néanmoins plusieurs désavantages soulevés dans la littérature, à savoir : les utilisateurs peuvent obstruer la projection si le projecteur est positionné derrière eux-ci; si la surface de projection n'est pas plane, les images projetées sont géométriquement déformées et apparaissent déformées à un observateur; si la surface de projection n'est pas blanche, mais a une texture de couleur, la lumière réfléchie sera mélangée avec la couleur des pigments de la surface; la lumière projetée se disperse d'une partie de la surface à une autre et se mélange ainsi avec l'illumination directe; les projecteurs "classiques" (hors projecteurs laser) ont un plan de

convergence donné. Les projections sur des volumes provoquent ainsi des zones avec une variation de netteté; Même si des problèmes précédents peuvent être évités en prédéformant les images avant de les afficher, il reste le problème de la multiprojection (recalage et fusion des bords), qui peut provoquer des artéfacts visuels pour l'utilisateur; Aussi, les multiples projecteurs peuvent avoir des paramètres de chrominance et de luminance variables, qui conduisent à une image non homogène. Enfin si la surface n'est pas lambertienne, c.-à-d. si sa diffusion n'est pas parfaitement homogène, une augmentation "parfaite" est impossible. (Bimber et Raskar, 2005, 2006, 2009; Bandyopadhyay, 2001). Nous illustrerons ces notions problématiques dans une partie suivante dédiée à l'exposition de la composante d'enregistrement pour la RASP ainsi que sur nos cas. Enfin, cinq des huit SRAS développés durant cette R-A s'inscrivent dans cette catégorie.

L'idée d'augmenter directement l'espace plutôt que la perception de l'espace au niveau de l'utilisateur est plutôt récente en RA et donne lieu à des applications intéressantes, particulièrement en ce qui a trait à la collaboration d'une expérience de RA. (Raskar et al., 1998, Bishop et al., 2001; Bimber et al. 2005). À la différence des autres systèmes d'affichage, les affichages spatiaux ne sont pas opérés par l'utilisateur, mais font plutôt partie de l'environnement dans lequel l'utilisateur évolue. Ce sont ces principaux avantages qui les rendent compatibles avec leurs usages industriels émergents étudiés par ce projet, à savoir une installation de SRA dans un but de médiatisation pour de la communication événementielle. Cet objectif de médiatisation est d'ailleurs à rapprocher avec la notion de spectacle, que l'OQLF définit comme une *"Représentation présentée au public et destinée à le divertir"*.

Nous allons désormais nous concentrer sur la composante de l'intelligence : l'unité de calcul. Dans la pratique, la composante d'affichage est rarement spécifiquement conçue et réalisée pour un SRAS. Elle est le plus souvent sélectionnée parmi des modèles existants sur le marché et achetée ou louée. La composante qui demande réellement une conception spécifique pour remplir un mandat est celle de l'intelligence, que nous introduisons ci-après pour la terminologie et concepts clefs.

2.3.2 La composante d'intelligence

L'idée sous-jacente à la conception d'un environnement de RM et d'un SRAS est généralement de donner une "intelligence" aux objets normalement inertes et provoquer un dialogue interactif avec l'être humain. Les objets augmentés au cours de cette recherche-action ont été très

hétéroclites et contingents à la communication du commendataire (un bateau, un immeuble, une tente de camping, un mur d'escalade, etc.), de tailles très variables (de 2 m à plus de 200 m) et pour un nombre d'utilisateurs simultané allant de 50 à 50 000 personnes. Cela implique que les SRAS présentés ne sont pas forcément comparables entre eux. Toutefois, dans la pratique, la RA repose toujours sur l'utilisation d'un système, que l'on peut dans un premier temps appeler "une machine", destinée à augmenter la perception de la réalité d'un utilisateur. Aujourd'hui, l'ordinateur est l'archétype même d'une telle machine, et décrire dans les grandes lignes de son fonctionnement nous permettra d'introduire la terminologie utilisée dans ce document pour décrire la conception d'un SRAS. On peut observer sur la figure 2-6 une illustration de la chaîne interactive entre une machine et un homme qui l'utilise au sein d'un environnement physique. On peut observer que la machine comporte les trois mêmes grandes parties que l'Homme : la captation de phénomènes physiques, les traitements de ces données et l'action sur le monde physique. L'objectif essentiel de la conception d'un SRAS, comparé à celle d'un ordinateur, est de prendre en compte le rôle de cet environnement extérieur dans la conception de l'IHM et de s'en servir de support d'interface, créant une sorte d'ordinateur ubiquitaire semi dans lequel est placé l'utilisateur.

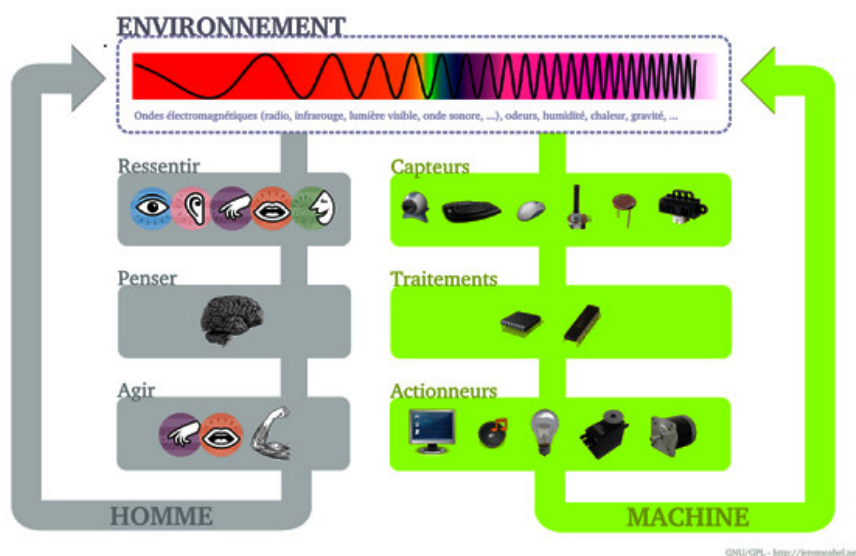


Figure 2-6 : Illustration de la chaîne interactive humain-machine (Abel, 2012)

Le traitement des données est assuré par l'unité de calcul. C'est cette unité qui sert à effectuer le lien entre l'utilisateur et les différentes composantes du système. Dans les SRA développés,

l'unité de calcul était souvent centralisée, contenue dans un ordinateur portable ou de bureaux, que nous appellerons serveur multimédia dans la suite, car un SRA est généralement un système distribué d'une manière ou d'une autre. Nous aborderons plus en détail cette problématique de la distribution dans la suite de cette revue de littérature lors que nous présenterons la gestion de la connaissance utilisée pour la conception de SRA et les méthodes de développement associées.

Dans la conception de nos SRA, les données principales consistaient en des éléments vidéo, stockés sur la mémoire de l'ordinateur. L'objectif était de lier cette vidéo avec l'environnement extérieur afin de permettre une augmentation de l'environnement. La vidéo, en tant que succession d'image, était donc la source de données la plus importante lorsqu'il s'agissait d'identifier les performances de l'unité de calcul du SRAS à concevoir afin d'assurer la dimension temps réel pour l'utilisateur. Au niveau de la chaîne interactive entre l'humain et la machine, on peut alors légitimement se demander quel est le nombre optimal d'images par seconde à afficher pour qu'un utilisateur ait la perception du temps réel. En fait, bien que les standards de cadence vidéo les plus répandus oscillent entre 24 et 30 images par seconde, la fréquence d'images à fournir à l'œil humain pour qu'il n'ait pas de sensation de mouvement saccadé dépend du type d'images et du contexte de visualisation. Plus les variations au sein du flux vidéo sont nombreuses (ex. caméra embarquée sur un véhicule), plus la fréquence de capture exigée est élevée (Choutiem, 2013). Nous n'aborderons donc pas dans ce mémoire le dimensionnement CPU ou GPU, car il s'agit de prendre en compte cet aspect lors de la création du contenu multimédia et de s'assurer par un test réel ou par association technologique que la restitution de la vidéo permet la fluidité désirée et que les temps de latence pour la réaction sont acceptables pour le paradigme applicatif du SRA conçu. De la même manière, la qualité d'une vidéo est un sujet très délicat à évaluer sur le plan cognitif et nous ne donnerons les données quantitatives des SRASP développés (résolution, compression, contraste avec la lumière ambiante, etc.) et l'évaluation qualitative de choix à titre indicatif lorsque c'est vraiment pertinent, les images et vidéos de présentation parlant d'elles même la plupart du temps. Au niveau de la chaîne interactive, un ordinateur communique physiquement avec l'utilisateur via des périphériques d'entrées-sorties telles que le clavier et l'écran, mais ces périphériques n'ont pas "d'intelligence" : les requêtes de l'utilisateur sont comprises d'un point de vue logique par les applications. Comme nous allons beaucoup parler d'application, il s'agit de définir ce terme. L'OQLF définit une

application informatique comme l'"utilisation de moyens informatiques pour répondre à un besoin déterminé et supporter les processus de travail des utilisateurs".

Pour faire cela, les applications mettent à la disposition de l'utilisateur un certain nombre de commandes qu'elles interprètent, et envoient alors la demande de réalisation des tâches au système d'exploitation. Le système d'exploitation gère pour nous un grand nombre de tâches critiques comme la gestion de la mémoire, des fichiers, de l'ordonnancement des processus et la gestion du matériel. Dans la pratique, c'est souvent le système d'exploitation qui est choisi en fonction des applications que l'on souhaite utiliser. Par exemple, *MadMapper* et *Syphon* sont des applications uniquement disponibles sur Mac OS, et dans la moitié des SRAS réalisés, cela a pu justifier l'utilisation d'une unité de calcul spécifique. Le processus concernant l'interaction entre un utilisateur du système et la composante d'intelligence est illustré à la figure 2-7 avec sa nomenclature spécifique.

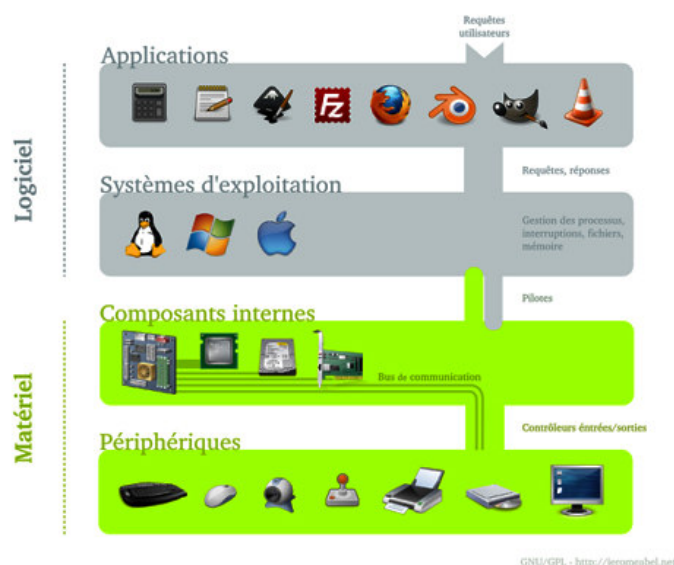


Figure 2-7 : Illustration de l'architecture par couche d'une machine interactive (Abel, 2012)

On peut observer sur cette figure ce qui touche aux dimensions matérielle et logicielle. Nous nous servirons de ces axes pour décrire les SRA développés et les tâches de conception associées. Aussi, nous parlerons parfois également de "conception numérique" pour désigner la conception de ce qui touche à la dimension "données" et son traitement (programmation logicielle et création du contenu virtuel d'augmentation), que nous mettrons en opposition avec la conception physique, pour désigner la mise en place de la dimension matérielle du SRA concernant ses périphériques d'entrée et sortie, qu'ils soient internes ou externes. Cette figure illustre les

principaux éléments à dimensionner/choisir pour réaliser la composante d'intelligence d'un SRAS. Enfin, un des intérêts principaux dans la conception de SRA consiste à fournir à l'utilisateur des méthodes novatrices lui permettant d'interagir avec le monde augmenté. Nous définissons ci-après la terminologie des IHM de la littérature. Les méthodes d'interaction humain-machine qualifiées "d'indirectes" dans la littérature sont celles qui nécessitent l'intervention d'un intermédiaire entre l'utilisateur et le monde augmenté avec lequel celui-ci souhaite interagir (St-Aubin, 2011). Dans cette catégorie s'inscrivent les méthodes traditionnelles d'interaction avec un ordinateur (clavier, souris, boule roulante et bâton de commande) et les appareils de types PDA (téléphones, tablettes, etc.) qui utilisent un écran tactile, servant à la fois de périphérique d'entrée et de présentation. Dans ces deux cas, un utilisateur voulant sélectionner un objet virtuel du monde augmenté ne peut pas le faire directement dans l'espace réel, mais doit utiliser une interface graphique comme agent intermédiaire. En conséquence, ces méthodes impliquent naturellement une certaine distance entre l'utilisateur et le monde augmenté, réduisant ainsi le niveau d'immersion de l'expérience. En contrepartie, ce type d'interaction comporte les avantages indéniables de la simplicité d'utilisation. Les utilisateurs sont généralement familiers avec ces périphériques d'interaction ce qui évite le besoin de formation préalable afin qu'ils soient en mesure de composer avec le comportement interactif du SRA. Des huit SRAS développés, six s'inscrivent dans cette catégorie. Les méthodes d'interaction qualifiées de "directes" dans la littérature sont les méthodes qui ne nécessitent pas l'utilisation d'un intermédiaire entre l'utilisateur et le monde augmenté avec lequel celui-ci souhaite interagir (St-Aubin, 2011). Permettre à l'utilisateur d'interagir directement avec le SRA implique toutefois un lien sémantique explicite ou implicite entre les objets réels et les entités virtuelles d'une part, mais aussi entre les tâches effectuées dans le monde réel et les opérations possibles dans le monde virtuel. Dans la littérature on parle de suggestibilité d'action (affordance). Une fois l'association faite, l'utilisateur pourra alors, selon le type d'application, effectuer un certain nombre de tâches. Ces méthodes nécessitent cependant l'enregistrement du périphérique d'interaction dans l'espace augmenté, mais ne requièrent pas plus de composantes matérielles pour l'utilisateur que celles déjà impliquées dans le SRAS. Deux des huit SRAS développés s'inscrivent dans cette catégorie. Cette notion d'enregistrement est présentée dans la partie suivante, où nous allons nous concentrer sur la dernière composante essentielle à la conception d'un SRA : celle dite "de positionnement".

2.3.3 La composante de positionnement

Pour illustrer la composante de positionnement, ses défis et sa terminologie concernant la modalité visuelle, considérons dans un premier temps une photo représentant la perception d'un utilisateur de la réalité. Il s'agit des défis associés à la composition réel/virtuel en général et les projets décrits ci-après utilisent une telle image comme image dite "de référence", à partir de laquelle les artistes vont combiner réel et virtuel. Qu'il s'agisse d'une captation de la réalité (photo), ou une création la modélisant, plusieurs défis se posent lorsqu'on cherche à insérer des objets virtuels de façon réaliste. Le premier défi consiste à faire correspondre la perspective de l'objet virtuel avec celle de la scène réelle pour l'utilisateur. Il s'agit du problème dit "d'alignement des caméras réelle et virtuelle" dans la littérature. Résoudre ce problème consiste à retrouver les propriétés de la caméra réelle ayant donné lieu à l'observation (réglages internes et point de vue par rapport à la scène), et à calculer les images synthétiques en utilisant une caméra virtuelle reprenant ces propriétés (voir figure 2-8).

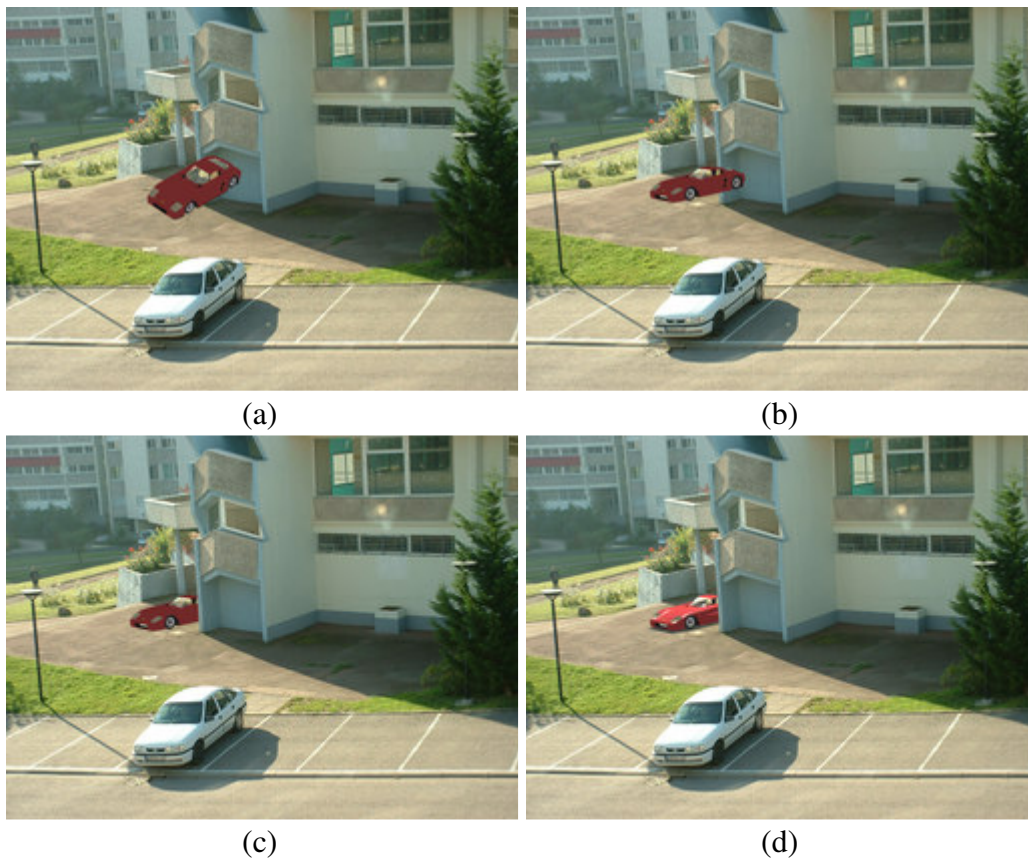


Figure 2-8 : Les défis de la composition réel/virtuel en RA (Simon, 2006)

La figure 2-8 (a) illustre une simple combinaison réel/virtuel. La figure 2-8b (b) montre un exemple de résultat obtenu lorsque l'image de la voiture respecte la perspective réelle de l'utilisateur. On constate toutefois que d'avoir résolu ce problème ne suffit pas à obtenir une image réaliste : la voiture n'est pas correctement éclairée, et la partie arrière du véhicule qui devrait être occultée par le bâtiment photographié est pourtant projetée par-dessus l'édifice. Dans le cas d'une intégration réaliste plaçant l'objet virtuel dans la scène en tenant compte des occultations (ou occlusion), Fuchs parle d'intégration. Dans le cas d'une simple superposition de l'objet à l'image, il parle d'incrustation. Nous garderons sa terminologie dans ce mémoire. La figure 2-8 (c) montre un résultat de composition où la cohérence spatiale est prise en compte. Enfin les défis la cohérence photométrique concerne la prise en compte des interréllections lumineuses (ombres, reflets) entre les scènes réelle et virtuelle. La figure 2-8 (d) montre le résultat obtenu en tenant compte de la cohérence photométrique (Simon, 2006).

Dans un SRAS, il ne s'agit pas de créer une image en postproduction, mais une perception de la réalité physique en temps réel pour l'utilisateur. Au niveau de la création du contenu virtuel, les défis associés à la cohérence spatio-temporelle concernent les déplacements des objets virtuels dans la scène réelle (positionnement relatif, synchronisation temporelle), ainsi que les occultations et interpénétrations qui peuvent se produire entre éléments réels et virtuels.

Afin de permettre à un utilisateur d'observer le monde de réalité mixte, il est nécessaire d'employer un système d'affichage, présenté précédemment, agissant comme intermédiaire entre le monde physique et virtuel. Or comme il n'existe pas de connexion naturelle entre le virtuel et le réel, une méthode dite "d'enregistrement" ("registration") doit être établie entre ces deux mondes. C'est ce qui permet de référencer les informations numériques au monde réel et de les présenter à l'utilisateur de façon à les intégrer naturellement à sa perception de la réalité. Nous parlerons également de mise en correspondance. De façon générale, un système d'enregistrement utilise une technologie dite "de suivi" ("tracking") qui permet d'obtenir la position et l'orientation de l'utilisateur pour ensuite calculer la transformation à appliquer aux données numériques 3D de façon à ce qu'elles soient spatialement cohérentes dans le monde réel, le problème générique de l'alignement des caméras précédemment présenté.. L'enregistrement est un des défis le plus importants des SRA et fait l'objet d'études intensives depuis que l'idée de la RA a été lancée par Sutherland en 1968 (cf. Rolland, 2001, Klein, 2006).

Dans son SRA (voir figure 2-9), Sutherland utilisait un système d'enregistrement mécanique suspendu au plafond au-dessus de l'utilisateur d'une telle envergure qu'il était surnommé "l'épée de Damoclès" (Sutherland, 1968).

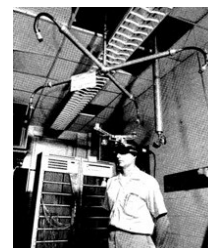


Figure 2-9 : Premier SRA et son système d'enregistrement mécanique (Sutherland, 1968)

Il existe de nos jours une très grande variété de stratégies possibles qui comportent chacune leurs avantages et désavantages. Ce sont surtout ces stratégies qui seront analysées lors de la présentation des cas du chapitre suivant lorsque nous parlerons de la conception de la cohérence spatiale et temporelle pour chacun des SRA. En fait, la particularité des SRAS réalisés durant cette étude est que cet enregistrement n'était pas toujours actualisé en temps réel, pour des raisons contextuelles à l'utilisation de RAS dans les événements. Cependant, de façon générale, on peut dire que la méthode de suivi employée a un impact direct sur la précision de l'enregistrement obtenu. Dans les SRAS présentés, c'est principalement le manque de connaissance du monde qui rendait délicate la conception de la composante de positionnement, l'augmentation ayant lieu dans un environnement non contrôlé dont l'accès n'était pas toujours possible en amont. La réussite du projet reposait donc sur la mise en place d'une stratégie permettant de surmonter les incertitudes dues à cette "non-connaissance du monde" (le cadre de référence) et c'est ce qui rend pertinent leur présentation en tant que résultat d'étude dans le corps du mémoire.

Nous avons pu voir dans les parties précédentes les composantes essentielles à la conception d'un SRA, ses buts et contraintes génériques. Nous allons dans la section suivante observer comment les chercheurs ont mis en place des approches, artéfacts et mécanismes pour ne pas devoir réinventer sans arrêt la roue pour développer de nouveaux SRA.

2.4 La gestion de la connaissance en conception de SRA

De façon générale, la gestion de la connaissance consiste à acquérir, créer, organiser, distribuer et utiliser des ressources intellectuelles (Davenport, 2005). En contexte industriel, cela permet aux entreprises de capitaliser sur les travaux passés plutôt que de les réinventer chaque fois, de façon à permettre de se concentrer sur les aspects novateurs de leur développement de produits numériques. Pour les entreprises dont l'essentiel de l'activité et du patrimoine est immatériel, il s'agit d'une activité fondamentale pour assurer leur compétitivité, et cela permet de remédier en

partie à l'escalade des coûts de développement grâce à la documentation et la réutilisation de conception précédentes (Spool, 2009). Nous allons dans les paragraphes suivants faire un tour rapide des stratégies préconisées par les chercheurs concernant la gestion de la connaissance en conception de SRA, à savoir l'utilisation des patrons de conception, des environnements logiciels et protocoles dédiés, ainsi que des méthodes de développement orientées objet.

2.4.1 Les patrons de conception

En 1977, Alexander, un architecte du monde physique, a présenté dans son principal ouvrage " Un modèle de langue " une méthode pour décrire et catégoriser la conception à un niveau d'abstraction qui capture l'essence des relations contextuelles pertinentes, tout en soutenant la structuration systématique et la créativité : le patron de conception. Selon sa définition, un patron doit décrire un problème qui se manifeste constamment dans notre environnement, et décrire le cœur de la solution à ce problème, d'une façon telle que l'on puisse réutiliser cette solution des millions de fois, sans jamais la faire deux fois de la même manière (Alexander, 1977). Pour Alexander, les patrons ne vivent pas en isolation, ils font partie d'un langage. Il explique qu'un langage de patron donne à chaque personne qui l'utilise le pouvoir de créer une variété infinie de bâtiments nouveaux et uniques, comme son langage ordinaire lui donne le pouvoir de créer une variété infinie de phrases. La générativité d'un langage est selon lui sa qualité la plus importante. Un langage de patron est ainsi un réseau d'interdépendance, formé en une structure cohésive, les patrons de haut niveau fournissant un contexte résolu par des patrons plus détaillés.

Le patron de patron de conception est aujourd'hui reconnu dans la littérature comme l'artéfact adapté à la conception d'environnement de RM, qui doit être conçu de manière à intégrer le rôle de l'environnement extérieur dans l'IHM (Javahery, 2007; Nardi, 1996; Kjeldskov, 2003, Richard, 2011). " *The employment of Alexandrian design patterns in the development of "Being There" exemplifies how the properties and use of physical space can be analysed and described in a form supporting creative interface design for augmented reality. In the specific design case, the methodology of Alexander constituted an appropriate analytical abstraction by describing interface requirement specifications through a series of design patterns, balancing the need for facilitating creativity in new design while approaching the design problem in a systematically and structured way. The identified patterns specifically played a threefold role as design tool, communication tool and structure tool*" (Kjeldskov, 2003, p 81)

En 2004, MacWilliams et ses collègues ont alors construit une architecture générique ayant pour objectif de décomposer n'importe quel SRA en six sous-systèmes principaux (application, interaction, présentation, modèle du monde, contexte et suivi). Cette décomposition de référence d'un SRA et les interactions entre sous-systèmes de RA sont présentées à la figure 2-10. Cette figure est à notre connaissance celle qui offre la représentation la plus générique et complète du système interactif qu'est un SRA sur le plan conceptuel.

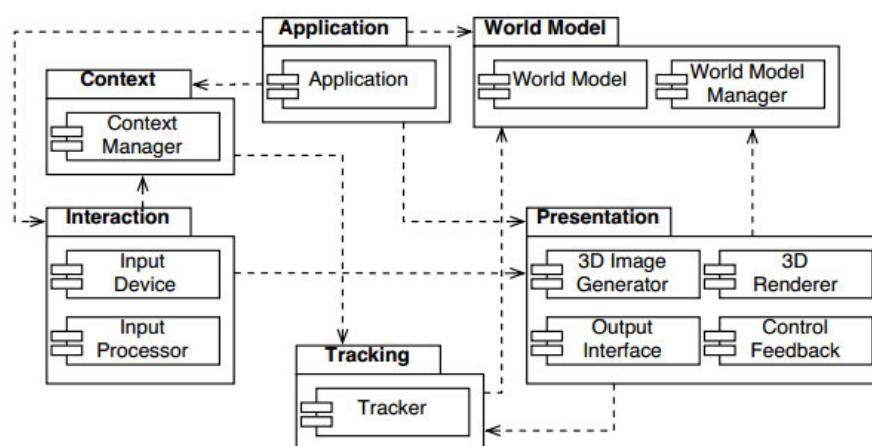


Figure 2-10 : Architecture de référence d'un SRA (MacWilliams et al., 2004)

Mettant à profit les expériences réussies de conception de systèmes de RA, des patrons de conception réutilisables ont été identifiés et décrits. La sélection a été effectuée sur la base des objectifs de conception ainsi que l'indépendance fonctionnelle des patrons de conceptions. Ces patrons ont pour objectifs de décrire un problème de conception pour un sous-système particulier qui apparaît dans un contexte spécifique. Le but d'un patron est ainsi de présenter une solution générique qui permet de résoudre un problème identifié. Cette solution doit faire apparaître les composants impliqués, leurs responsabilités, leurs relations et la façon dont ils interagissent ensemble. Plusieurs patrons pour la RA ont ainsi été élaborés pour chaque sous-système et l'ensemble a été regroupé en un catalogue structuré de patrons de conception dédiés (voir figure 2-11). Cette figure illustre ainsi les problèmes récurrents identifiés pour la conception des SRA et révèle que la complexité de la conception des SRA repose sur l'interconnexion et les dépendances de ces différents problèmes. Bien que nous n'ayons pas eu besoin de les utiliser de par les fonctions d'usages de nos systèmes, ces patrons constituent une aide pour d'autres chercheurs pour la conception de nouveaux SRA.

La documentation des cas du chapitre suivant fournit des solutions originales et spécifiques aux aspects entourés de rouge, sur lesquels nous donnerons notre évaluation qualitative des choix de conception adoptés et sa dimension généralisable. À la fin du chapitre 4, nous nous concentrons particulièrement sur le problème de la mise en correspondance spatiale pour la RASP ("2D/3D mapping"), où nous ferons le lien avec différents processus opérationnels de création multimédia associé ("Multimédia Flow Description"), afin de le prévoir et d'être en mesure de le surmonter de façon systématique en fonction du degré de connaissance du monde. Enfin, cette figure permet également d'illustrer le fait que la mise en place d'une application de RA repose sur le développement d'un système hypermédia, d'une application distribuée d'une manière ou d'une autre, ce qui implique l'utilisation de protocoles spécifiques servant d'intermédiaire entre les différentes couches logicielles et matérielles présentées précédemment. C'est cette problématique que nous introduisons dans la partie suivante.

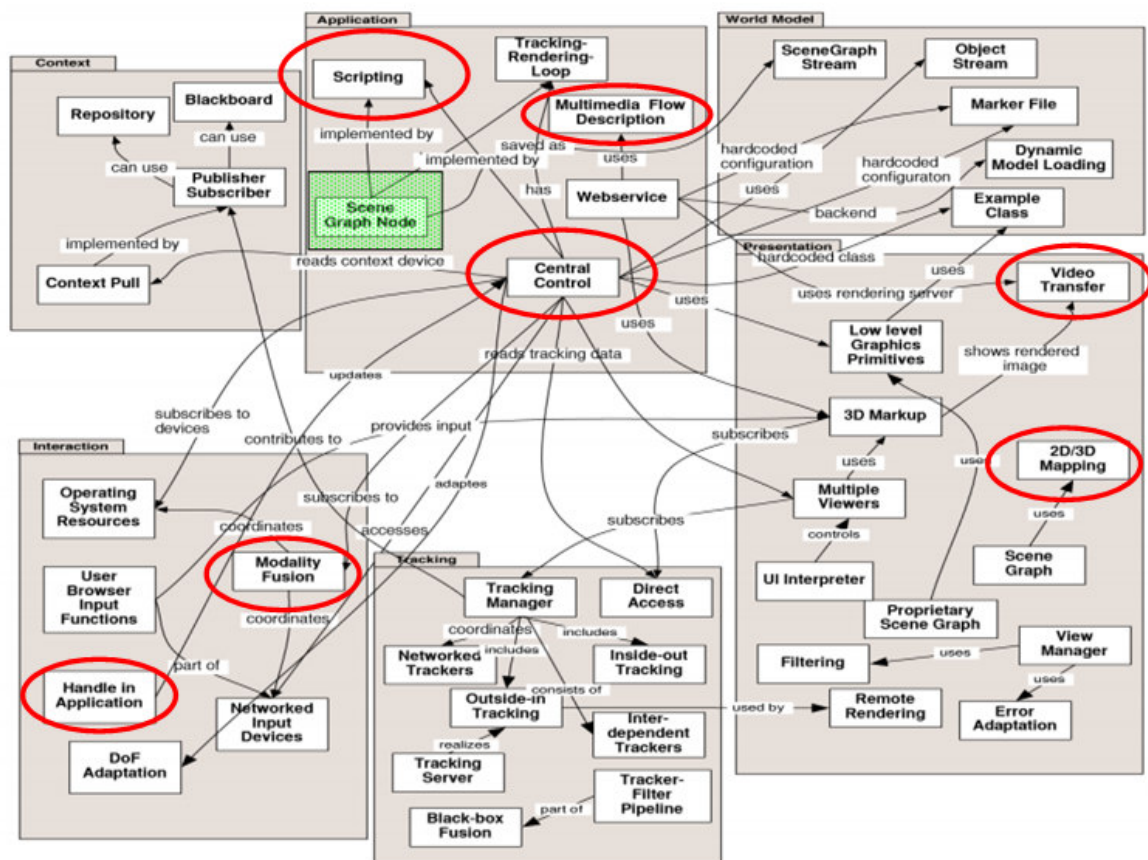


Figure 2-11 : Patrons de conceptions identifiés en RA (MacWilliam et al., 2004)

2.4.2 Les environnements logiciels et les protocoles dédiés

Il existe des Environnements Logiciels (EL) servant de socle à la conception d'application distribuée et des intergiciels spécifiquement dédiés à la RA. Aujourd'hui la recherche académique se concentre beaucoup sur les SRA décentralisés et distribués, car c'est la RA mobile (téléphones, tablettes, ect.) qui connaît la plus forte croissance et des possibilités élargies d'applications par rapport à la RAS. De façon générale, cette capacité de distribution sur les couches internet permet de concevoir des applications avec un périmètre de fonctionnalités plus étendu, une architecture plus ajustable ("scalabilité"), et souvent moins chère étant donné l'accessibilité de la technologie des systèmes utilisant le protocole TCP/IP. En 2013, Chouiten a fait la comparaison des principaux EL issus de la recherche académique utilisés pour créer des applications de RA et leurs avantages spécifiques, résumés dans le tableau 2-1.

Tableau 2-1 : Comparaison des principaux EL distribués en RA (Chouiten, 2013)

Nom de l'EL	Modèle d'application	Facilité de programmation	Mise à l'échelle	Flexibilité et interopérabilité	Architecture réseau
DWARF	Services interdépendants	Outils d'édition et de monitoring, ensemble de modules prédéveloppés	Scalable	Interopérable avec Studierstube, édition à l'exécution	Décentralisée
MORGAN	Composants souscrivant à des périphériques d'entrées	Offre une API pour le prototypage rapide	Scalable	Offre un proxy pour différents protocoles	Dépend de l'application
Studierstube	Application objets, métaphore d'interaction 3D, graphe de scène.	Outils de scénarisation, modèle d'application simple mais fonctionnalités limitées	Scalabilité limitée	Interopérable avec DWARF	Centralisé
Tinmith	Architecture dirigée par les données, modules interdépendants	Modèle d'application simple, outil de débogage	Petit nombre d'utilisateurs sur une zone étendue	Edition en runtime	Client/Serveur
VARU	Trois niveaux d'abstraction pour des objets existants dans trois espaces parallèles	Outils spécifiques aux applications, quelques modules dans l'API (ex. reconnaissance de gestes)	Petit nombre d'utilisateurs	VRPN (interaction standard avec les périphériques)	Client/Serveur

Ces EL constituent autant de bonnes pistes lors de la sélection d'un outil logiciel pour la conception d'un SRA avec une architecture distribuée. Cependant, nous n'avons pas eu à les utiliser dans nos cas. Un des buts de ce projet était en effet de découvrir les outils et méthodes de conception logicielles adaptées aux besoins de l'industrie de la communication événementielle.

Nous verrons dans la suite que dans bon nombre de SRAS, c'est par simple "émulations de commandes MIDI et clavier" que nous avons assuré la dimension inter application et programmé l'intelligence de la dimension interactive des fonctions d'usages. La définition du terme émuler est "chercher à imiter". Il faut voir dans l'émulation une imitation du comportement physique d'un matériel par un logiciel, et ne pas la confondre avec la simulation, laquelle vise à imiter un modèle abstrait. Il est en effet possible d'utiliser une application spécifique, simulant pour une autre application donnée les appuis de touches dans le monde physique. L'objectif de l'émulation dans nos cas était surtout de réduire le coût associé à la dimension matérielle en faisant un routage interne au sein d'un même ordinateur plutôt qu'externe avec plusieurs ordinateurs et des boîtiers d'acquisition pour la sérialisation/désérialisation des flux de communication entre les sous-systèmes de l'unité de calcul globale du SRA.

Nous présentons ci-après succinctement les protocoles de communications que nous avons utilisés et qui sont spécifiques au secteur événementiel, car cela paraît essentiel à la compréhension de la description des cas et des choix de conception adoptés.

MIDI : Même s'il est originellement destiné au développement des instruments de musique numérique, le "Musical Instrument Digital Interface" (MIDI) est le protocole de communication le plus utilisé dans le secteur événementiel pour contrôler des systèmes interactifs. En effet, la plupart des serveurs multimédias du secteur événementiel (arts du spectacle et corporatif) et des EDI dédiés aux installations interactives et immersives intègrent ce protocole, ce qui permet l'échange entre différents logiciels ou tout simplement le transfert entre actions des éléments de contrôle et le système comportemental. Enfin, bon nombre de capteurs utilisés pour les installations interactives interfaces avec ce protocole, facilitant leur intégration avec les logiciels utilisés dans ce milieu. D'un point de vue technique, ce protocole ne permet qu'une liaison unidirectionnelle. Cependant, comme il existe des ports MIDI IN et MIDI OUT sur tous les équipements intégrant ce protocole, les échanges mutuels d'information sont possibles. Enfin, un autre avantage de ce protocole est la possibilité de synchroniser plusieurs ordinateurs entre eux facilement, ce qui est utile pour la mise en place d'une architecture réseau d'ordinateurs synchronisés pour les installations de grandes ampleurs.

DMX : Le DMX 512 ("Digital MultipleXing") est le protocole principalement utilisé pour le contrôle des équipements d'éclairages dynamiques. Le protocole permet de contrôler 512 canaux

en affectant à chacun une valeur comprise entre 0 et 255. La transmission se fait de façon sérialisée, c.-à-d.. en paquet d'informations, et chaque appareil reçoit en même temps l'ensemble des 512 valeurs. La norme prévoit la mise en série d'un maximum de 32 appareils sur une même ligne DMX, et l'utilisation d'un maximum de 16 canaux par appareil. Cependant, dans la pratique certains appareils utilisent plus beaucoup plus de canaux.

Art-net : Art-Net est un protocole basé sur le DMX, mais cette fois sur le réseau TCP/IP, permettant ainsi un câblage moins contraignant au niveau de la longueur maximale des câbles et/ou plus pratique en utilisant des bornes d'accès internet sans fil.

OSC : L'"Open Sound Control" (OSC) est un format de transmission de données entre ordinateurs, synthétiseurs, robots ou tout autre matériel ou logiciel compatible, optimisé pour le contrôle en temps réel via UDP. Il est de plus en plus utilisé dans les systèmes interactifs, car il permet de transmettre des informations plus riches que celles que le protocole MIDI. Une des applications principales est la transmission en temps réel d'informations spatiales sur plusieurs axes, comme la position d'un doigt sur une surface tactile pour le cas 2D. Enfin, cela permet également de se servir de périphériques tels que les téléphones intelligents ou tablettes pour les modalités d'interactions indirectes grâce à une multitude d'applications gratuites utilisant les couches réseau du web, ou encore des capteurs intégrés dans ces dispositifs, comme les gyroscopes ou accéléromètres.

Syphon : Syphon est un intergiciel disponible sur Mac OSX permettant de passer un flux vidéo entre plusieurs applications. Il permet ainsi d'acquérir une source vidéo d'un logiciel de lecture via un routage interne plutôt qu'externe avec un boîtier d'acquisition. Il est souvent utilisé pour la conception d'environnement de RM dans l'industrie et la recherche (cf. Bourke, 2005, 2008)

Le "pixel mapping DMX" : Le "pixel mapping DMX" n'est pas vraiment un protocole, mais cela consiste à convertir les pixels d'une image ou d'une vidéo en information de contrôle DMX. *Madmapper* possède un outil permettant de faciliter cet adressage d'un pixel à un projecteur de lumière. Cela permet de créer facilement une grande variété d'effets et semble particulièrement adapté à l'utilisation de dalles de LED digitales qui à travers le contrôle des 3 couleurs primaires de chaque pixel/LED vont se comporter comme un moniteur vidéo classique.

La figure 2-12 est une illustration d'un certain nombre des périphériques d'entrées-sorties d'un SRAS du domaine événementiel et leurs moyens de communication indicatifs avec le serveur multimédia. Ce sont ceux qui ont été présentés ci-avant et utilisés dans les cas développés durant cette étude.



Figure 2-12 : Illustration du système interactif générique pour les SRAS de cette étude
De façon générale, il s'agit donc de choisir un EL compatible avec les périphériques d'entrée-sortie utilisés et leurs protocoles de communication, imposés par les fabricants des dispositifs en question, et cela était contingent à l'application spécifique des SRAS développé.

2.4.3 Les méthodes de développement hypermédia

Au niveau industriel, l'hypermédia peut être assimilé, suivant le point de vue de l'acteur impliqué dans sa conception et/ou dans sa réalisation, à un logiciel par l'informaticien chargé de le programmer, à un objet (produit) par l'industriel chargé de sa diffusion, ou encore à une création par l'artiste chargé de la charte graphique et de l'esthétique d'une interface.

Cependant, tout système hypermédia, peut se caractériser globalement par trois dimensions (Halin, 2005). Ces dimensions sont explicitées dans les paragraphes suivants, et ce seront les dimensions explicitées dans la suite du mémoire pour décrire les SARS réalisés et leurs applications informatiques.

La dimension informationnelle décrit l'information multimédia qui sera accessible par le système hypermédia, définit sa forme, sa structure et les liens existant entre chaque granularité d'information.

La dimension navigationnelle décrit le potentiel des parcours pertinents qui peuvent être réalisés dans la dimension informationnelle. Ces parcours sont établis grâce aux liens identifiés entre les entités informationnelles identifiées dans la première dimension.

La dimension interactionnelle décrit la mise en scène des parcours destinés aux utilisateurs de l'hypermédia sous la forme d'un enchaînement d'interactions sur l'information multimédia présentée.

Dans la littérature, les méthodes de développement hypermédia préconisant un modèle et une démarche ont fait leur apparition dans les années 90 avec le développement du web. En 1996, Schwabe et al. ont fait la proposition de la méthode OOHDM ("Object-Oriented Hypermedia Design Method"), la première à utiliser les concepts orientés objet, permettant de se détacher d'une technologie spécifique. Depuis, plusieurs autres méthodes orientées objet se sont succédé. Par exemple HFPM ("Hypermedia Flexible Process Modeling") propose un processus d'analyse qui permet de couvrir la totalité du cycle de développement (Olsina, 1998). SOHDM ("Scenario-based Object-Oriented Hypermedia Design Methodology") se base quant à elle sur les scénarios pour établir des diagrammes d'activités déterminant les structures d'accès aux nœuds (Lee et al., 1998). L'approche OO/pattern (Thomson et al., 1998) se distingue des autres méthodes par l'introduction de patrons de conception, qui nous l'avons vu précédemment, est adaptée à la conception des SRA. Aujourd'hui, dans le milieu académique, c'est la méthode générique "Unified Process" qui est évoquée pour le développement d'applications de RA (St-Aubin, 2011). Ces méthodes représentent autant d'outils pouvant aider les chercheurs au développement d'application informatiques de RAS. En tant que chercheur d'action, nous n'avons pas systématiquement suivi de méthodologie particulière pour le développement logiciel, car les fonctions d'usages étaient souvent limitées pour l'utilisateur final, souvent plus spectateur qu'acteur, à la différence d'une vitrine web optimisée pour l'efficacité et l'usabilité (cf. Krug et al., 2000; Preece et al., 2002). Nous allons dans la section suivante présenter une synthèse du chapitre, la problématique, et le but de ce projet de recherche.

2.5 Synthèse du chapitre, problématique et but de l'étude

2.5.1 Synthèse

Dans ce chapitre, nous avons dans un premier temps introduit l'activité de la conception d'un produit hypermédia en agence de communication et la réorganisation de cette activité multidisciplinaire autour de deux composantes : les fonctions d'usages et d'estimes. Nous avons ensuite introduit la RA comme finalité d'un point de vue très général avant de la situer par rapport à sa discipline voisine qu'est la RV. Nous nous sommes intéressés à ses objectifs et aux composants logiciels et matériels d'un SRAS, qui représentent autant de choix et défis à relever pour la conception de nouveaux systèmes. Ces défis introduisant des solutions génériques et réutilisables, nous avons abordé la gestion de la connaissance associée à la RA et les artéfacts spécifiquement adaptés à cette activité de conception qui demande beaucoup de créativité.

2.5.2 Problématique

Le phénomène étant récent, il y a peu de données empiriques sur le processus de développement de SRAS en contexte réel. Les concepteurs des agences disposent de très peu de matériel sur lesquels s'appuyer pour faire face à de nouvelles demandes. On ne sait par exemple pas s'il y a réutilisation des meilleures solutions ou évitement des mêmes erreurs. Nous pensons que ce manque de littérature a des impacts tant sur la qualité des SRAS développés que sur l'efficacité de leur développement, et de façon générale représente un frein à la démocratisation des usages de la RAS dans les NTIC.

2.5.3 But

Dans le cadre d'une communication événementielle nécessitant le développement d'un SRAS, le but de cette recherche est de répondre aux questions suivantes : quelles sont les tâches à faire, quelle est la démarche à suivre, à quels types de spécialistes faut-il faire appel, quels sont les outils informatiques à utiliser, et quels défis pratiques se posent?

Ce projet de recherche vise ainsi globalement à structurer le savoir-faire technique et méthodique d'experts pionniers de la RAS pour la communication événementielle dans l'objectif d'aider les concepteurs numériques dans leurs tâches de développement.

CHAPITRE 3 CADRE MÉTHODOLOGIQUE DU PROJET DE RECHERCHE ET PRÉSENTATION DES CAS ÉTUDIÉS

Dans ce chapitre, nous présentons le cadre méthodologique général de cette étude. Les activités suivantes ont été menées au cours de ce projet de deux ans :

1. La revue de la documentation disponible sur la notion de démarche de conception SRAS en agence de communication, présentée dans le chapitre précédent. Cette première activité nous a permis de faire un état de l'art sur les SRAS et nous a permis de recueillir des données qualitatives sur les processus et bonnes pratiques professionnelles à mettre en œuvre durant la phase d'action.
2. Une collecte/création des données à partir du développement de huit cas d'application de la RAS en agence de communication en tant que chercheur d'action. Les modalités sont présentées dans les paragraphes suivants et ces cas seront présentés dans la suite de ce chapitre.
3. La proposition d'une démarche de conception dédiée, présentée dans le chapitre suivant, basée sur les enseignements pratiques tirés de la phase d'action précédente et l'étude empirique de l'activité de conception en tant que membre d'un groupe. Les modalités pour l'élaboration de cette démarche sont également présentées dans les paragraphes suivants.

Nous allons dans la section suivante faire une brève introduction sur la méthode de la recherche-action et justifier le choix de cette méthodologie générale pour notre sujet, car il n'est pas commun de combiner deux modalités dans une même recherche (recherche-action et étude empirique).

3.1 Modalité de la collecte des données

Notre projet de recherche tente d'aider les designers numériques en répondant au "comment" concevoir et réaliser des applications de RAS, c.-à-d. les aider autant que possible à maîtriser leurs développements en explicitant les tâches de travail à réaliser, les outils à utiliser et les spécialistes à qui faire appel. Cependant, en contexte industriel cela dépend généralement du "pourquoi" (fonction d'estime et d'usage à définir avec le commanditaire externe et les utilisateurs du SRAS), le cadre de la RAS implique également le "où" (connaissance du monde pour la cohérence spatiale de l'interface visuelle et des modalités d'interactions), et le cadre de la

communication événementielle implique enfin le "quand" (processus à mettre en œuvre pour répondre au mandat dans le temps accordé par le client). Pour notre étude, il s'agissait donc d'étudier cette activité de conception et réalisation de SRAS dans un environnement dit "naturel" afin de déterminer dans un premier temps les variables réelles et leurs mécanismes d'influences sur l'activité de conception, cela pour répondre au cycle CDPEM (Comprendre, Décrire, Prédire, Expliquer, Maîtriser) de la construction et évaluation de la connaissance associée à un champ émergent (Magne, 2011). Or, dans cette catégorie, seules les modalités de l'étude de terrain et la Recherche-Action (R-A) permettent l'analyse de la viabilité de processus opérationnels dans des conditions pratiques d'utilisation (Tolvanen, 1998). Les méthodes de développement et outils de support aux tâches de conceptions sont ainsi étudiées dans les organisations réelles et en utilisation réelle, et ces deux méthodes de recherches sont itératives en se concentrant sur les changements à long terme. Cette orientation permet l'amélioration des processus en place et le développement de technologies connexes. En principe, cela forme un cycle sans fin dans lequel l'apprentissage est utilisé dans le cycle conséquent : la gestion de la connaissance explicitée dans la revue de littérature.

Selon Tolvanen, *"The possibility to test and refine principles, tools, techniques, and methods, as well as to address real-world problems, makes the action research method very appropriate for organizational development (van Eynde and Bledsoe 1990) and for IS research (Baskerville and Wood-Harper 1996)."* (Tolvanen, 1998, p 218).

De manière analogue à une étude de terrain, la R-A utilise l'évaluation de sujets particuliers, comme une organisation, un groupe de personnes, ou un système à temps donné. Contrairement à une étude de terrain, dans la R-A le chercheur participe et agit dans le domaine de l'étude et évalue les résultats de cette participation en même temps.

Ce double rôle signifie que les objectifs de la recherche sont de deux ordres : d'une part, le chercheur d'action vise à améliorer la situation dans l'organisation partenaire à la recherche. Ainsi, la R-A ressemble à tout développement organisationnel ou de l'effort de consultation. D'autre part, le chercheur d'action vise à contribuer à la connaissance scientifique en créant des concepts et des théories de la détermination du problème et son comportement généralisable. La généralisation est nécessaire pour de futurs arrangements, et pour les chercheurs afin de construire de meilleures théories (Tolvanen, 1998).

Cette modalité de recherche ne demande pas de formuler des hypothèses à priori et de les vérifier, mais plutôt d'avoir une approche proactive de résolution de problèmes réels en vue d'en dégager de la connaissance. L'étroite interaction entre la théorie et la pratique dans la R-A signifie que pendant le processus de recherche, les rôles d'un sujet de recherche et un chercheur peuvent être inversés (Galliers 1992). Dans cette étude, nous avons aussi été concepteurs dans les développements de SRAS étudiés, et ainsi devenus objet étudié en vue d'analyser les mécanismes généralisables de l'activité de conception. Ce double rôle exige ainsi que les chercheurs d'action soient conscients que leur présence aura une incidence sur la situation dans l'organisation étudiée, cependant la R-A offre la possibilité d'obtenir une meilleure compréhension de première main d'un phénomène complexe, comme dans notre étude la conception et réalisation d'un système de RM en environnement non contrôlé.

Enfin, on peut observer sur la figure 3-1 que la R-A est une méthode utilisée lorsque l'objectif d'un projet de recherche consiste en de l'ingénierie et de l'évaluation d'application de RA. Or il s'agissait de la première étape de notre projet pour la collecte/création des données, servant ensuite de contenu analysé pour l'élaboration de la démarche et des lignes directrices servant à expliciter les tâches à faire en fonction de l'objet à concevoir.

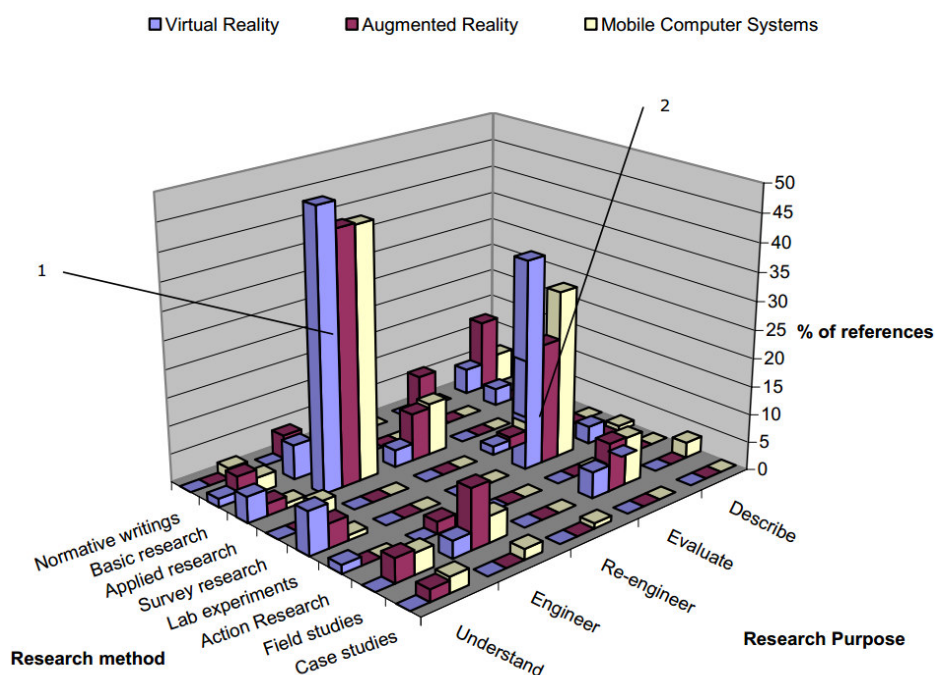


Figure 3-1 : Répartition des méthodes de recherche en RA (Kjeldskov, 2003)

Pour cette étude, la collecte des données s'est faite grâce à un partenariat de deux ans avec l'agence de communication Graphics eMotion (GeM). Cette entreprise montréalaise se spécialise dans les installations de projections à grande échelle et les expériences immersives. Ce partenariat a été mis en place grâce à l'intérêt du chercheur pour ce projet de recherche, à savoir : étudier le processus d'augmentation, apprendre à le réaliser grâce à l'enseignement d'experts puis le tester sur des cas de développement réels; analyser le modèle opérationnel de la conception des SRAS en contexte industriel; identifier les tâches pratiques et les problèmes concrets de sa mise en œuvre; analyser les impacts des choix de conceptions sur le reste des processus organisationnels; observer le travail des différents intervenants experts dans les cas d'augmentation numérique spatiale depuis la demande du client jusqu'au livrable final; et assister aux réunions de production pour les projets servant de contenu analysé pour cette recherche.

3.2 Modalités pour l'élaboration de la démarche

Pour être en mesure d'appréhender, d'analyser et de décrire les principes structurant et généralisable du développement de SRAS en contexte réel, il nous était nécessaire d'étudier dans un premier temps comment les méthodes de conception implicites des experts se sont construites de façon incrémentale (le niveau "ME" pour "Method Engineering") et comment ces méthodes sont appliquées sur des cas de développement de SRAS (le niveau "ISD" pour "Information System Development"). Ce projet nous a ainsi demandé d'être à la fois développeur informatique, ingénieur méthode et chercheur d'action afin d'être en mesure de formuler une démarche de conception. Ces niveaux d'analyse et méthodes associées sont résumés au tableau 3-1.

Tableau 3-1 : Comparaison des niveaux d'actions, de méthodes et acteurs associés (Tolvanen, 1998)

Level of action	Domain studied	Main actor	Method
Research level	Incremental ME	Researcher	Action Research
ME level	ISD method	Method engineer	Incremental ME
ISD level	Application	IS developer	ISD method

Pour cela, la description des cas réalisés durant la R-A se concentre surtout sur le niveau SI et ME de notre travail en tant que membre d'une équipe, et le chapitre suivant se concentre surtout sur le niveau "Incremental ME", dans lequel les enseignements tirés de l'empirisme de nos observations seront analysés.

Enfin, de façon générale l'analyse de l'activité de conception et développement a été effectuée selon un canevas semi déterminé en amont de la recherche en milieu pratique, afin de favoriser la conceptualisation du processus généralisable et de déterminer les tâches récurrentes, leurs interconnexions et influences. Les aspects analysés ont entre autres été : la cause des choix de conceptions à faire; les conséquences des décisions; les correctifs en cas d'impasse; et la réutilisation : les connaissances, concepts et expériences précédentes.

3.3 Formation technique associée à la R-A

Pour les besoins des projets de développement étudiés dans cette recherche, nous nous sommes formés à un certain nombre d'outils informatiques associés à la création de contenu multimédia, à la projection illusionniste et au prototypage de systèmes informatiques délocalisé et immersif, à savoir : logiciel d'édition et de retouche d'image : *Photoshop* (Adobe ©); logiciel de montage vidéo : *Première* (Adobe ©); logiciel de composition et de retouche vidéo : *After Effect* (Adobe ©); logiciel de modélisation et d'animation 3D : *Cinema4D* (Maxxon©), Environnement de Développement Intégré (EDI) avec programmation graphique : *PureData* (libre); *VVVV* (libre) et *Touch Designer* (Derivative©); Lecteur vidéo interactif avec outils de déformations vidéo temps-réel : *Resolume Arena 4* (Resolume©) et *MadMapper* (Madmapper©).

3.1 Spécificités des experts collaborateurs et du secteur associé

Les trois types de professionnels principaux de la phase de conception de SRAS en agence de communications sont le Réalisateur, le DA et le DT. Durant notre intervention en milieu pratique, nous avons collaboré avec des professionnels de chacun de ces profils reconnus comme experts dans l'utilisation de la RAS pour des prestations de services de communication. Les trois principaux collaborateurs sont présentés en annexe A.

Nous avons déjà présenté un certain nombre des spécificités des SRA notamment les buts, les fonctions, les composantes et les protocoles utilisés. Il nous semble cependant nécessaire de mentionner que le secteur événementiel rend la conception des SRAS également spécifique dans le sens où l'implémentation de l'augmentation numérique n'est pas permanente à cause du caractère unique de la communication événementielle. Il existe également de nombreuses incertitudes d'ordres technique et logistique qui doivent être intégrées dans la planification du projet de développement. Le mandat du commanditaire est généralement très flou et nécessite

souvent de proposer de façon proactive des concepts en fonction de l'environnement à augmenter, ainsi qu'un suivi constant pour la dimension sémiotique de l'augmentation. Le produit vendu est principalement la communication, et non pas le système technologique qui permet de la diffuser et médiatiser. C'était donc les propriétés hédoniques qui avaient le plus de valeur aux yeux du client, et le but était toujours de minimiser les coûts techniques associés aux fonctions d'usages. L'objectif principal pour le client était la différenciation et l'image d'innovation. Enfin, comme l'événement était annoncé en amont, un retard de livraison aurait eu des conséquences catastrophiques tant pour le client que pour l'agence de communication.

3.2 Tâches de travail analysées et réalisées en milieu pratique

En milieu pratique, nous avons analysé les tâches génériques identifiées ci-dessous, indexées selon leur dimension logistique dans le développement d'un SRAS. Celles en italique correspondent aux tâches où nous avons eu des responsabilités directes en tant que chercheur d'action et aux cas associés (chiffres entre parenthèses).

Consultation : *consultation à propos des idées et objectifs (1,3,4,5,7); étude des possibilités de réalisation de concepts (1,3,4,5,7);* définition des objectifs à atteindre avec le client.

Élaboration d'un scénario d'augmentation : détermination du concept général de la communication; *personnifier le visuel avec la narration adéquate (4); développer le lien intuitif interactif entre l'utilisateur et l'augmentation numérique (1,7).*

Conception du SRAS : *développement du concept de l'installation (1,3,4,5,7); intégration des spécificités spatiales de l'environnement dans la conception des visuels d'habillages (1,3,4,5,6,7).*

Élaboration de la planche d'inspiration et du scénarimage : *remue-méninge collectif pour déterminer les meilleures idées pour l'adaptation visuelle du scénario (1,3,4,5,6,7); détermination des lignes graphiques et visuelles tout au long de la production (4);* planification de la durée de la production du contenu visuel.

Préproduction : création d'un calendrier de production précis, coordination des parties impliquées (clients, fournisseurs, organisateurs, aspects légaux), détermination des dates butoirs et des dates d'échéances pour les livrables; *acquisition de l'expertise nécessaire sur le matériel requis (1,2,3,4,5,6,7,8).*

Production : *construction de l'installation (3,4,5,7,8), création du contenu multimédia (vidéo 3D/2D, Musique, tournages...) (3,4,6,7), réservation/achat des équipements et test (1,3,4,5,7,8).*

Installation et opération : *gestion logistique des ressources humaines (4,5,7), montage de la structure augmenté (3,4,5,7,8), mise en place des équipements audiovisuels immersifs (2,3,4,5,7,8), gestion des flux multimédias de l'augmentation durant l'opération (4,5).*

Démontage : *démontage de l'installation physique et rangement des équipements audiovisuels immersifs (3,4,5).*

3.3 Présentation des projets étudiés et des SRAS réalisés

Dans les pages qui suivent, nous présentons pour chaque cas étudié la demande initiale du client, le contexte de cette demande, le concept retenu pour l'augmentation à travers la description des besoins d'estimes et d'usages généraux, notre implication dans le projet en tant que chercheur d'action, ainsi que les stratégies adoptées lors de la conception pour assurer la cohérence spatiale et temporelle du SRA lors de l'opération. La question financière ne sera pas abordée ni celle de la propriété intellectuelle, car ce ne sont pas les objets centraux de cette étude. Il s'agit bien entendu "d'œuvre originale" au sens artistique et industriel. À titre indicatif, les coûts totaux des campagnes de communication impliquant le développement des SRAS étudiés dans ce mémoire oscillent entre 10 000 \$ et 1 million de \$ pour les commanditaires principaux des événements (incluant le développement du SRAS, la location des espaces, la médiatisation de l'événement, etc.). L'objet étudié étant la conception plutôt que l'objet conçu, nous nous concentrerons principalement à décrire le "comment" ces SRAS ont été conçus et réalisés et expliquer, lorsque c'est non trivial, le "pourquoi" de ces choix (niveau SI et ME). Les données quantitatives sur les performances techniques (résolutions, codecs vidéo, FPS, dimension physiques, matériaux, etc.) ne seront données seulement lorsque c'est vraiment remarquable, constituent de bonnes pratiques ou intègrent des principes généralisables. Ainsi, à part pour le premier cas, nous décrirons ce qui a été retenu et est à retenir de la conception de ces SRAS spécifiques, plutôt que d'être exhaustif sur ce qui n'a pas fonctionné ou aurait été "optimal". Il ne s'agit donc pas d'une évaluation de performance au sens académique : la conception servait avant tout à satisfaire les besoins de communication d'un client, ce qui a été le cas dans tous les projets ayant abouti.

3.3.1 Projet 1 : La Soirée Madmen

Demande initiale du client, contexte et concept retenu : Pour ce projet privé, le mandat donné à GeM était de proposer un habillage intérieur à l'aide de projections immersives et interactives pour une soirée luxueuse au centre PHI de Montréal ayant pour thème la série télévisée "Madmen". Le préconcept imaginé incluait une installation projective qui permettait d'interagir avec les avatars virtuels des personnages de la série télévision éponyme. Ce projet n'a malheureusement pas abouti, car la soirée a été annulée par le client. Nous présentons tout de même ce cas dans le mémoire, car il illustre les essais de prototypage d'un SRA avec une modalité d'interaction naturelle gestuelle pour l'utilisateur final et une composante d'affichage transmissive par projection, le seul cas développé autour de ce type d'interaction et de visualisation. Cela nous permettra de présenter les défis pratiques rencontrés lors de la phase de conception et des pistes intéressantes pour l'architecture logicielle d'une installation de ce type.

Activité du chercheur et défis principaux : Dans ce projet, nous étions le DT et avons étudié la faisabilité technique de deux modalités d'interaction pour le SRAS, présentés ci-après. L'option 2 a été testée avec un prototype fonctionnel et a donné des résultats satisfaisant, l'option 1 n'a pas été testée, mais nous donnons tout de même la solution à laquelle nous avons pensé.

Dans ce projet, il s'agissait de poser un filtre semi-transparent sur la vitre le long d'un couloir de la salle de réception de l'événement adapté à la projection, pour provoquer un effet "holographique". De façon générale, la cohérence spatiale du SRAS devait être assurée par la création multimédia : les personnages de la série devaient avoir une taille humaine et sembler être de l'autre côté du mur vitré de la salle de l'événement. La prédéformation associée par la position du projecteur (au plafond) aurait été assurée par les outils de *Resolume*. Le principal défi technique était surtout de créer l'engagement du SRA avec l'utilisateur en proposant des modalités d'interaction naturelles.

Dans le scénario d'utilisation, un capteur optique (*Kinect*) était utilisé pour le suivi grâce à un élément logiciel de *PureData*. L'objectif était de détecter la position du spectateur dans la salle et de faire apparaître un personnage qui semblait marcher à ses côtés (voir figure 3-2). La position de l'utilisateur dans la zone de suivi était alors associée via OSC au curseur de lecture d'une vidéo dans *Resolume*, mettant en scène un avatar marchant sur toute l'étendue de la zone. De cette façon, la première image et dernière image de la vidéo correspondait aux positions extrêmes de la

zone de suivi. Un masque d'alpha permettait alors de faire un fondu pour permettre une apparition plus progressive de l'avatar virtuel. Toutes ces modalités de contrôle de lecture sont intégrées dans *Resolume* et ne devraient pas poser de difficultés. Il existe également de nombreux exemples de logiciels *Pure Data* utilisant les bibliothèques dédiées au suivi par avec la *Kinect*.



Figure 3-2 : Préconcept 1 pour la soirée Madmen (courtoisie de GeM)

La faisabilité technique que nous avons principalement étudiée par des test concernait la suite du scénario d'utilisation : lorsqu'un utilisateur était détecté par le capteur optique dans la zone d'interaction définie par le champ du capteur optique et "semblait être prêt à interagir", des indications aléatoires projetées sur le mur incitait le spectateur à faire un des gestes prédéfinis, ce qui lançait une vidéo en lien et provoquait l'illusion d'une "interaction sémantique". Par exemple, un geste de bonjour de la main provoquait la réponse du même signe par le personnage, comme illustrée sur la figure 3-3.



Figure 3-3 : Préconcept 2 pour la soirée Madmen (courtoisie de GeM)

Pour être en mesure d'interpréter les gestes de l'utilisateur et les comparer à ceux prédéfinis lors de la conception du SRA, il s'agissait d'affecter un squelette virtuel au spectateur et de suivre la position des joints de son squelette virtuel en temps réel. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel

FAAST que nous recommandons pour sa simplicité d'intégration dans un SRAS. Ce logiciel nous a permis de décomposer des gestes prédéfinis (dire bonjour, tourner le dos, fumer, etc.) en une série de « sous gestes » élémentaires, en décrivant la position et les mouvements des joints du squelette virtuel associés aux gestes à reconnaître. Lorsqu'un geste prédéfini était reconnu, *FAAST* émulait l'appui sur une touche clavier ("key event") pour le transfert inter application, ensuite traité au sein de *Pure Data*, qui servait à programmer "l'intelligence" de l'interaction avec le SRA.

On peut observer sur la figure 3-4 une capture d'écran du logiciel que nous avons programmé dans *Pure Data* pour tester la faisabilité technique de l'option 2. Il s'agit de l'élément donnant le comportement interactif et l'intelligence de l'installation en créant un arbre de scénarios possibles en fonction de réponses gestuelles prédéfinies. Sa présence dans le corps du mémoire permet à la fois d'illustrer ce qu'est la programmation au sein d'un IDE graphique contrairement aux autres langages de programmation de haut niveau (C++, HTML, ect), et de donner dans les grandes lignes l'architecture du logiciel développée et son fonctionnement.

Le cercle vert correspond à la procédure d'initialisation du SRA, afin de se placer dans un mode "attente d'interaction". Le cercle bleu correspond à la partie du logiciel permettant un contrôle interactif à distance du système avec un téléphone intelligent via le protocole OSC. Cette fonction permettait de simuler l'intelligence au cas où il y aurait un problème et lancer les gestes associés par observation directe des utilisateurs lors de l'événement. Le contexte industriel est un cadre où il faut prévoir les problèmes et les régler avant qu'ils se posent, et comme nous l'avons mentionné, la RA repose sur la perception du temps réel. Le cercle rouge correspond à la procédure de sélection d'une vidéo préenregistrée en fonction du geste reconnu par *FAAST*. Il s'agissait d'une simple procédure de reconnaissance de la lettre clavier émulée par *FAAST*. Le cercle jaune correspond à la partie logicielle envoyant les commandes MIDI dans *Resolume* par émulation et routage interne, servant à lancer les vidéos préenregistrées en lien. Enfin, la partie entourée de violet servait de procédure pour assurer la stabilité du système en attendant la fin de la lecture spécifique de la vidéo avant la reconnaissance d'un nouveau geste.

3.3.2 Projet 2 : Le défi énergie

Demande du client, contexte et concept retenu : C'est l'Université du Québec à Montréal (UQAM) qui a approché GeM pour ce projet. Le mandat était de proposer une installation ludique pour inciter les étudiants à utiliser des vélos stationnaires pendant deux minutes, dans le cadre d'une campagne de sensibilisation à l'exercice. L'événement a eu lieu les 8 et 9 janvier 2013, dans l'agora du pavillon Judith-Jasmin de l'UQAM. Le mandat était relativement clair : faire quelque chose qui ressemble à la publicité "Contrexperience", mais qui soit politiquement correct dans une institution éducative. Cette publicité met en scène des femmes incitées à pédaler pour dénuder la figure masculine "projetée" sur l'édifice en face d'elles (voir figure 3-5).



Figure 3-5 : Extraits de la publicité "Contrexperience" (source : Youtube.com)

Bien que la publicité "Contrexperience" soit une composition de postproduction et non une installation réelle, il s'agissait pour GeM de réaliser ce même concept sémiotique et scénario d'utilisation, mais cette fois pour la perception réelle des utilisateurs des vélos et non le public visé à travers la diffusion par la télévision. Le contenu des projections immersives était plutôt en lien avec le côté sain de l'exercice et intégrait le symbole de l'événement : une boule antistress souriante. Une vidéo de présentation de l'installation réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=4gqp9c1yyKE&list=UUcKqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : Pour ce projet, nous apportons une aide technique lors de l'implémentation du SRASP dans son environnement. Nous avons surtout observé les pratiques et posé de nombreuses questions concernant la création du contenu spatiale et l'élaboration du cadre de référence. Bien que nous n'ayons pas été un acteur de la phase de conception, nous présentons ce cas, car il permet d'illustrer le processus d'augmentation par projection employé, aspect qui sera discuté plus en détail dans le chapitre suivant, où nous ferons une analyse comparative des différentes stratégies utilisables

contextuellement pour assurer la cohérence spatiale des SRASP en fonction de la connaissance du monde durant le développement.

La conception de la cohérence spatiale : La solution technique pour la création du contenu a été de mettre la fenêtre *After Effect* en plein écran depuis la position optimale du projecteur, puis de sélectionner visuellement les zones de l'architecture réelle pour la création d'une image de référence. Par optimale, nous entendons ici que le projecteur permettait de couvrir la partie de l'environnement désirée avec le moins de déformation projective. La figure 3-6 illustre la création de l'image de référence à gauche et à droite la calibration du projecteur, positionné au même endroit une fois le visuel d'habillage réalisé.

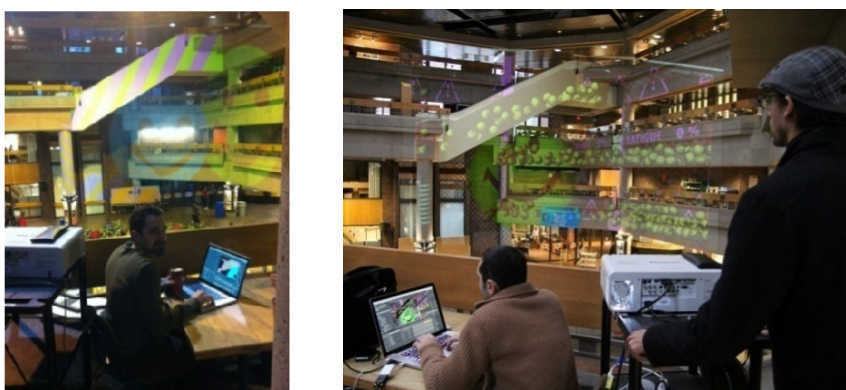


Figure 3-6 : Création de l'image de référence et étape de calibration (courtoisie de GeM)

Cette image de référence, utilisée en tant que fond dans les logiciels de modélisation et animation 3D a permis de composer réel et virtuel en prenant en compte les occultations spatiales. On observe par exemple que les boules virtuelles semblaient être soumises à la gravité et rebondissaient sur les lignes architecturales réelles de l'Agora. Ce processus représente le cas de figure pratique le plus simple au niveau de la connaissance du monde pour la conception, car la position du projecteur était connue, contrôlée et l'installation n'avait qu'un projecteur.

La conception de la cohérence temporelle : Pour ce SRASP, l'augmentation de la réalité n'était pas à proprement parler interactive avec les utilisateurs des vélos stationnaires. Des indications au sol (voir figure 3-7) permettaient toutefois de créer le lien sémiotique entre l'utilisation des vélos et les indicateurs de performance numérique affiché par l'augmentation lorsque ces vélos étaient utilisés durant chaque session de deux minutes. La synchronicité temporelle était assurée par un opérateur en régie, qui coordonnait le lancement de la vidéo préenregistrée de deux minutes avec l'annonce vocale de l'animateur de l'événement, marquant le début de chaque session. Le livrable

pour GeM était ici un fichier vidéo, permettant à l'opérateur non formé de l'UQUAM d'opérer le système grâce un lecteur classique (VLC) et un ordinateur conventionnel.

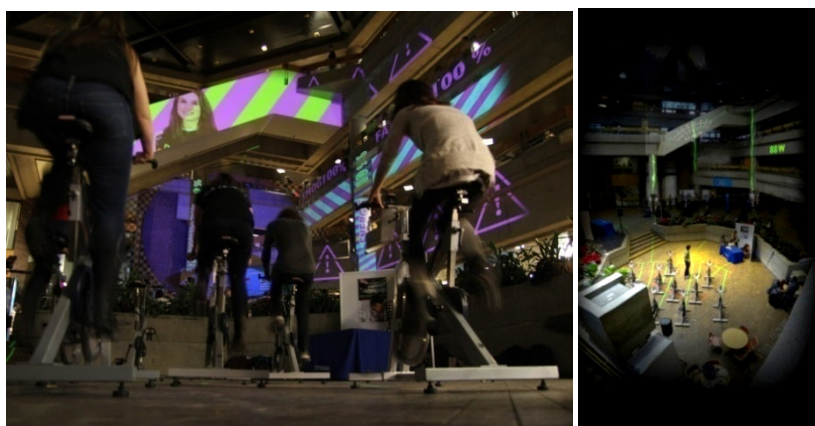


Figure 3-7 : Illustration du SRAP pour le Défi énergie (courtoisie de GeM et l'UQUAM)

3.3.3 Projet 3 : Le concert de Cayce

Demande du client, contexte et concept retenu : Cayce est un artiste de musique électronique à l'univers poétique et spirituel. Il a mandaté GeM de concevoir et réaliser la scénographie de son concert lors d'une soirée de promotion de son label "NoShame" dans une salle new-yorkaise. Le concept retenu consistait à augmenter un élément scénique représentant le logo/symbole de l'artiste. On peut observer sur la figure 3-8 des photos prises durant l'événement qui a eu lieu le 15 avril 2013 au Mercury lounge à New York.



Figure 3-8 : Illustration du SRASP pour Cayce (courtoisie de GeM et Cayce)

Une vidéo de présentation de l'événement réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=XTz63P_4yu8&list=UUcKqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : Pour ce projet, nous étions responsables de la conception et réalisation du serveur multimédia et du système de projection,

ainsi que de l'installation lors de l'événement. Il s'agissait pour nous de communiquer avec l'équipe technique de la salle de spectacle afin d'évaluer la faisabilité de plusieurs alternatives pour le système de projection en fonction de la géométrie de la salle et des possibilités de gréage, car cette fois nous n'y avions pas accès en amont. Enfin, nous avons également créé du visuel d'habillage dans ce projet, ce qui nous a permis d'appréhender les défis pratiques de la composition réel/virtuel pour les boucles vidéo (raccords visuels entre le début et la fin de l'élément).

La conception de la cohérence spatiale : Nous avons pris une photo depuis un point de vue orthogonal à la structure, proche du point de vue qu'aurait le projecteur au moment de l'événement. Des boucles de visuels d'habillages ont alors été créées avec un logiciel d'édition vidéo ou de modélisation et d'animation 3D en se basant sur l'image de référence éditée grâce à cette photo. On peut observer sur la figure 3-9 la photo de la structure, l'image de référence éditée et un test de projection sur la structure.

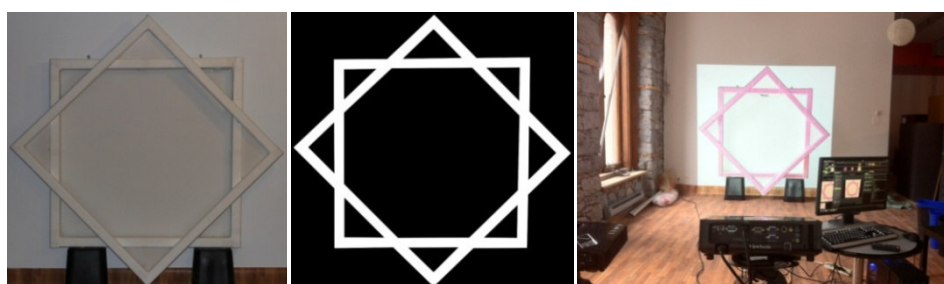


Figure 3-9 : Structure, image de référence et test de projection pour Cayce (courtoisie de GeM)

Lors du spectacle, un projecteur de 12 000 lumens était posé sur la scène, face à la sculpture augmentée. Avec le recul, la puissance du projecteur aurait pu être divisée par deux, mais il s'agissait de s'adapter aux possibilités de location d'équipement. Des prédéformations temps réel ont été réalisées au moment de la calibration sur le lieu de l'événement grâce à l'outil intégré dans *Resolume* qui servait de lecteur interactif. Ces prédéformations visaient à corriger l'homographie générée par la position du projecteur, n'étant parfaitement plus orthogonale à la structure. La fonction "Axis" et "keystone" du projecteur a également permis de corriger une partie de cette déformation de manière optique. Enfin, le matériau utilisé pour la fabrication de la structure avait été choisi pour ses qualités de diffusion homogène et son gain en tant que support de projection. Enfin, le masque d'opacité carré servait à enlever au maximum le ratio 4:3 de la fenêtre de projection résiduelle, associée au médium de la projection vidéo classique.

Conception de la cohérence temporelle : Dans ce projet, le SRA servait principalement à augmenter l'immersion sensorielle du public lors de la performance musicale de Cayce, en offrant au spectateur des stimuli visuels complétant avec une certaine cohérence ceux de l'ouïe. Ainsi, pour cette application, la notion de temps réel était vraiment une question de synchronicité avec la musique. Les boucles des visuels d'habillages étaient opérées durant le concert par un Vidéo-Jockey (VJ) membre du groupe de Cayce, qui se synchronisait avec lui pour le lancement des boucles (improvisation). Notre rôle en tant que DT était donc surtout de créer une machine interactive pour lui, selon ses schèmes comportementaux et ses besoins durant la performance. Son interface de contrôle était un clavier MIDI, périphérique sur lequel les touches et boutons ont été associés à des fonctions de *Resolume* (lancements des boucles, changement de dossier de visuels, vitesse de lecture, effets préenregistrés de traitement vidéo, etc.). Les boucles étaient elles-mêmes synchronisées sur la musique en liant leur durée totale au tempo ("BPM") général. *Resolume* intègre une fonction permettant de se synchroniser de cette manière, et cela permet que même si l'utilisateur appuie un peu avant ou après le temps sur la touche, le logiciel "attend" le prochain temps, pour garder la synchronicité temporelle avec la musique. Ce cas illustre bien la chaîne interactive entre un humain et une machine et la nécessité de minimiser le temps de latence entre l'action (un son venant du performeur audio), et la réaction (l'appui sur une touche pour le performeur vidéo). Pour cela, au niveau technique, tous les cas présentés se servant de *Resolume* comme lecteur utilisent des codecs propriétaires (DVX) optimisés pour ce logiciel et permettant de minimiser les performances nécessaires pour l'unité de calcul (CPU et GPU) afin de réduire les temps de latence.

3.3.4 Projet 4 : Le concert du Souffleur de sons

Demande du client, contexte et concept retenu : Jérémie Arrobase est le cofondateur du groupe "Men without Hats" et principal compositeur du tube "Safety dance", numéro 1 dans une vingtaine de pays en septembre 1983. Après avoir mis sa carrière musicale de côté pendant deux décennies, il a décidé de revenir sur scène avec un concept musical très poétique appelé "Le Souffleur De Sons". Il s'agit de musique électronique sur laquelle il chante les poèmes qu'il compose, susurrés à la manière du souffleur au théâtre caché sous la scène. Le mandat pour GeM consistait à concevoir et réaliser la mise en scène d'un spectacle de 20 minutes dans le cadre du lancement de son album. L'événement a eu lieu le 18 mars 2013 au centre Phi de Montréal. Il

s'agissait d'interpréter visuellement l'univers surréaliste et dadaïste de l'artiste. Le concept retenu a finalement été d'utiliser une tente de camping comme support pour l'augmentation numérique (lien sémantique avec le souffleur au théâtre) et de présenter son lancement d'album dans un musée, détournant un objet classique du quotidien en œuvre d'art, à la manière de Marcel Deschamps avec "l'Urinoir" (lien sémantique avec l'univers de l'artiste). Les fonctions d'usages du SRAS impliquaient le contrôle interactif de deux projecteurs vidéo, une télévision et un projecteur de lumière DMX. Des images sont présentées sur la figure 3-10.

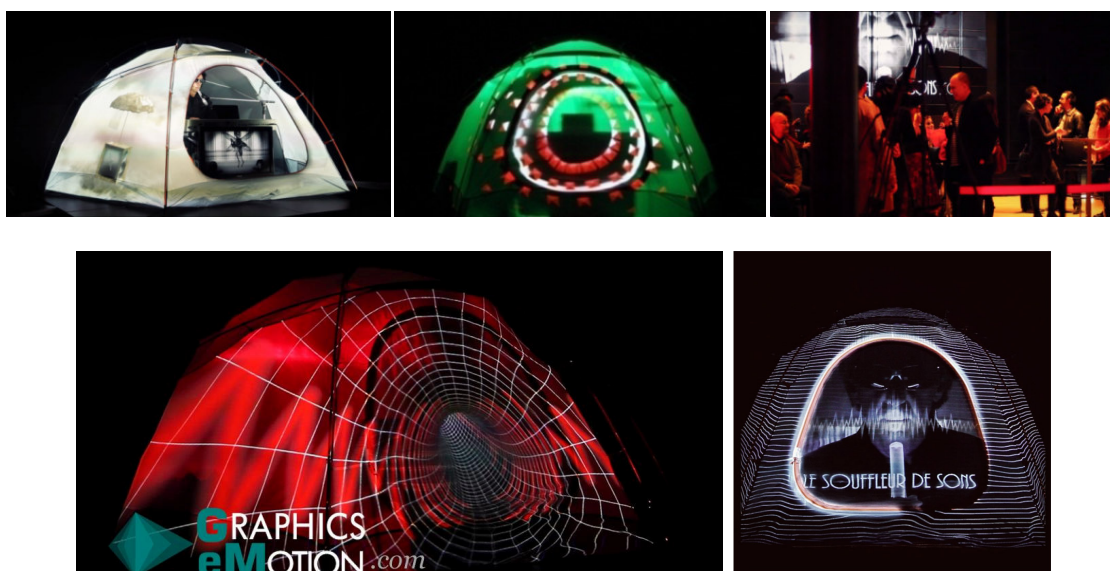


Figure 3-10 : Illustration du SRA pour le souffleurs de sons (courtoisie GeM et LSDS)

Une vidéo de présentation de l'événement réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=-yNE8bTfy8c&list=UUcKqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : C'est sur ce projet que nous avons joué le plus de rôles différents soit aide-réalisateur, DT, opérateur et artiste vidéo. En tant qu'aide-réalisateur, nous avons coécrit avec un expert (Julien Abril) la mise en scène et le scénario général du contenu visuel d'habillage (l'aspect sémiotique et sémantique). Au quotidien, nous étions chargés de faire le suivi avec les autres artistes pour la réalisation du contenu vidéo afin d'assurer la gestion de la production. En tant que DT, nous avons la responsabilité de toute la conception et la réalisation du SRAS sur le plan matériel et logiciel. Nous étions également responsables de l'élaboration du cadre de référence et donc de déterminer la méthode de production des visuels d'habillage la plus pertinente pour le système d'augmentation conçu. En

tant qu'artiste vidéo, nous avons produit l'augmentation d'une des cinq chansons du concert pour l'événement. Il s'agissait ici de créer un clip vidéo synchronisé avec la chanson pour la cohérence temporelle et dont le contenu virtuel intégrait une cohérence spatiale avec géométrie de la tente. Enfin, nous étions responsables de la calibration et de l'opération de l'installation durant l'événement. Dans une certaine mesure, il s'agissait dans ce projet de créer une machine dont nous étions l'utilisateur principal, contrairement aux cas précédents.

La conception de la cohérence temporelle : L'engagement général du SRA était assuré par les répétitions en amont de la performance, la scénographie et la programmation des visuels selon une ligne du temps, sur laquelle se synchronisait le musicien pour chanter durant l'événement. Nous contrôlions le spectacle depuis une régie située à côté de la scène. Les projecteurs et écrans vidéo étaient contrôlés grâce au logiciel *Resolume* avec le clavier et la souris avec un ordinateur de bureau servant de serveur multimédia conçu et réalisé pour ce projet. Le projecteur de lumière était quant à lui contrôlé depuis une console DMX. Sur ce cas, nous allons principalement décrire comment les défis associés à la dimension de l'enregistrement spatial et la méthode de création associée ont été relevés, car c'est ce qui rend ce cas intéressant et permet de soulever des problèmes généralisables de la RASP et leur résolution.

La conception de la cohérence spatiale : Afin d'offrir une bonne immersion, il s'agissait de couvrir toute la surface de la tente visible par le public, c'est-à-dire trois des quatre côtés de la tente. Pour cela, nous avons imaginé le système de diffusion projectif présenté sur la figure 3-11.

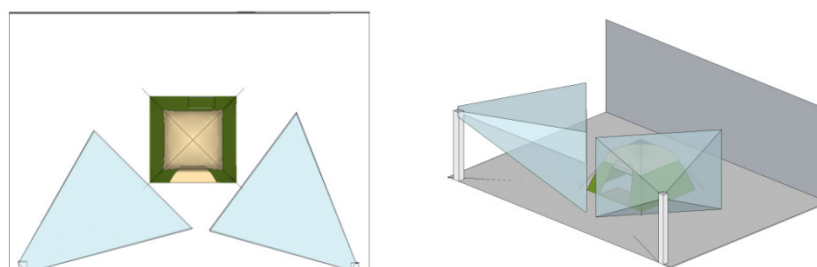


Figure 3-11 : Modélisation de l'installation projective pour LSDS (courtoisie de GeM)

Afin d'obtenir une seule et grande image homogène sur la tente, un recalage et une fusion des bords avant ont été réalisés grâce aux outils intégrés dans *Resolume* sur la face avant. Le fait d'avoir des projecteurs neufs et identiques permettait de s'assurer de l'homogénéité de la luminance et chrominance des projections. Dans la pratique, cette étape de mise en

correspondance a été facilitée par la création d'une grille de calibration spécifique à la géométrie de la surface de projection. La projection du motif carré servait notamment à contrôler les déformations verticale et horizontale associées à la projection et effectuer les prédéformations nécessaires pour la cohérence géométrique du contenu crée. À la différence des projets précédents, une image de référence a été établie à la manière d'une texture plane, ensuite plaquée sur le volume de la tente dans le monde physique. Nous avons édité cette image par observation et prédéformation itérative jusqu'à la mise en correspondance désirée. On peut observer cette image de référence sur la photo de gauche de la figure 3-12 et sa projection sur la tente après que la mise en correspondance spatiale et l'identification des zones aient été réalisées. Avec cette mise en correspondance, on peut observer que toutes les lignes verticales pointaient vers le haut de la tente. Les lignes horizontales, quant à elles, étaient respectées. Cette image était alors utilisée en fond dans les logiciels d'édition photo et vidéo.

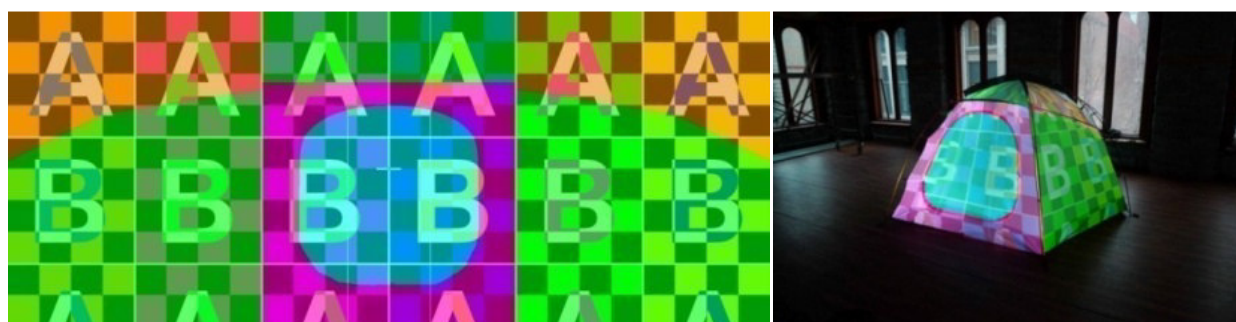


Figure 3-12 : Image de référence pour LSDS et sa projection (courtoisie de GeM)

Cette stratégie d'enregistrement spatiale a été retenue, car la majorité du contenu d'habillage conceptualisé était de type graphique et abstrait, et cette méthode a permis aux artistes de créer leur contenu d'une façon simple et efficace par rapport aux lignes architecturales de la tente. Cependant, le scénario des visuels d'habillages intégrait également certains éléments de type concret, comme un cercle parfait ou un visage, dans une configuration orthoprojetée sur chacune des faces de la tente. Cela nécessitait alors une deuxième mise en correspondance, au moment de la création ou de la restitution.

Une scène de déformation *After Effect* a ainsi été créée permettant de faire automatiquement les prédéformations supplémentaires et les intégrés dans les fichiers vidéo préenregistrés. On peut observer sur les images du haut de la figure 3-14 l'image de référence de cette scène *After Effect*

et les déformations associées. Sur les photos du bas de la figure 3-13, on peut observer l'image de droite ci-dessus projetée sur la tente.

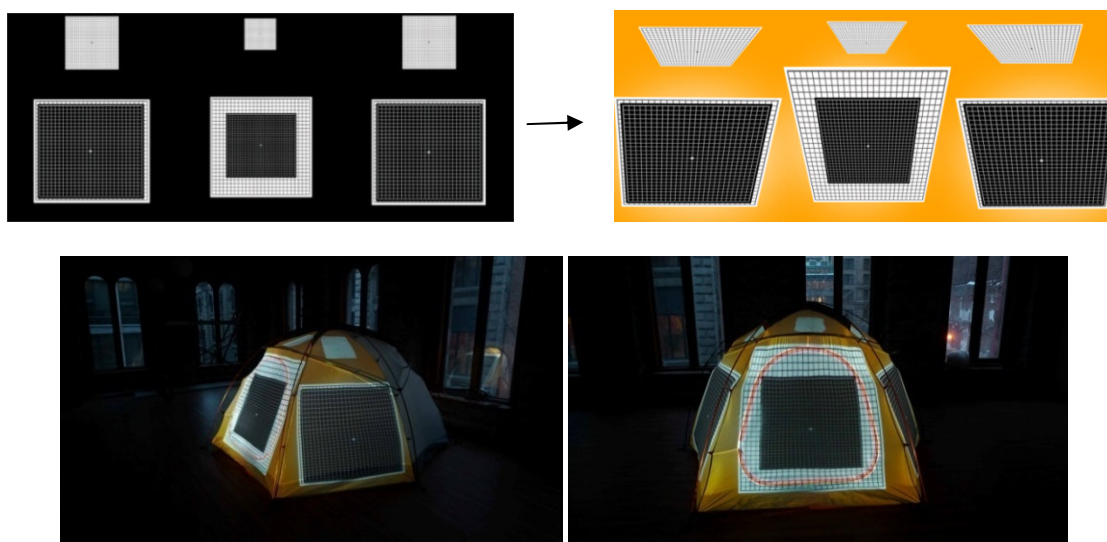


Figure 3-13 : Image de référence des prédéformations et sa projection (courtoisie de GeM)

On constate qu'il faut produire un trapèze pour que sa projection soit un carré pour le public, et c'est donc pour automatiser ce processus que la scène *After Effect* a été élaborée. Les carrés gris correspondaient aux zones optimales où afficher le contenu géométrique et les carrés blancs servaient à indiquer les limites des zones aux artistes. Ce processus et cadre de référence a permis de créer un grand nombre d'effets vidéo facilement et efficacement, tout en n'ayant à effectuer qu'une prédéformation en temps réel durant le processus de restitution de l'augmentation, facilitant la calibration le jour de l'événement. Ce problème est généralisable et se pose avec tous les systèmes de multi projection où l'on souhaite obtenir une seule et même perspective dans une configuration orthoprojetée pour l'utilisateur et nous traiterons plus en détail ce problème dans le chapitre suivant du mémoire.

3.3.5 Projet 5 : Le concert de Paul Oakenfold

Demande du client, contexte et concept retenu : Ce projet a été mandaté par Christian Lamb, le directeur chargé du spectacle de Paul Oakenfold pour Coachella. Lamb est un grand directeur de l'industrie de la musique et des arts visuels. Il travaille en collaboration avec des artistes tels que Madonna, Rihanna, Mariah Carey ou encore Jennifer Lopez. Paul Oakenfold est un producteur de musique de style "Trance". Son travail musical de plus de deux décennies a été récompensé par

deux Grammy. Enfin, Coachella est un des grands festivals d'art et de musique d'Amérique du Nord, avec environ 400 000 participants. Ce festival a eu lieu sur deux fins de semaine du 12 au 14 et 19 au 21 avril 2013 et s'est déroulé au milieu du désert californien. Le concert en question était sous la tente Sahara, pouvant accueillir jusqu'à 50 000 personnes. Le mandat impliquait la conception et la fabrication d'une structure scénique augmentée avec une solution LED interactive intégrée dans laquelle était placé le musicien ("DJ booth"). Il fallait également concevoir et produire des visuels spécifiquement pour une structure composée de panneaux d'affichages LED entourant la scène sous la tente pour la durée totale de la performance d'environ une heure. La principale difficulté du projet était d'ordre logistique, car le temps total offert était d'environ 15 jours. Afin d'accélérer le processus de conception, Lamb a fait un croquis (voir figure 3-14 [a]) de ce qu'il souhaitait pour la scène de DJ. L'équipe de GeM a alors envoyé des vues d'artiste de ce à quoi ressemblerait l'installation multimédia avec le concept proposé et retenu (voir figure 3-15 [b], [c] et [d]).

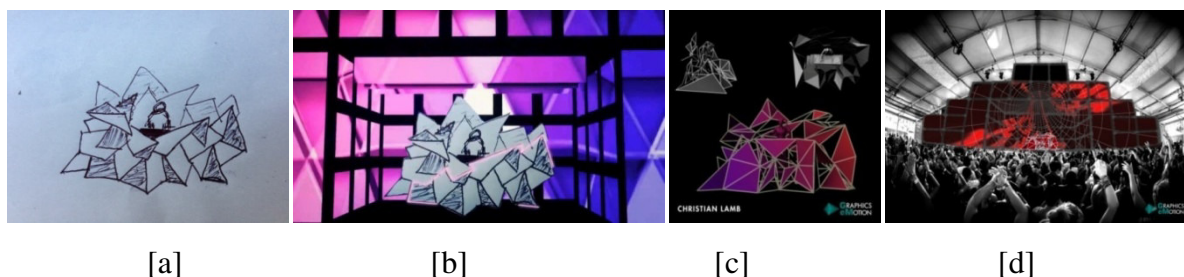


Figure 3-14 : Croquis initial et concept retenu (courtoisie de Lamb et GeM)

Sur les plans pragmatiques et hédoniques, le concept retenu pour la scène du DJ se composait de : 150 m de bande LED digitale de couleurs couvrant toutes les arêtes visibles de la structure. Ces LED étaient contrôlées avec une résolution de trois LED afin de créer des effets scénographiques précis ou pouvoir créer une texture intégrée avec le reste du contenu vidéo des panneaux d'affichage du fond de scène; 30 m de bande LED blanche ultra-lumineuse analogique, doublant certaines arêtes pour former sept triangles contrôlés indépendamment pour créer des effets de flashes; 6 projecteurs de lumière LED diffusant à travers des panneaux semi-transparents intégrés à la structure, pour donner des effets de couleurs en accord avec le reste du concept scénique et des visuels.

Les photos de la figure 3-15 ont été prises pendant le concert, et illustrent la dimension de l'installation immersive entourant la scène et la scène du DJ.



Figure 3-15 : Illustration du SRAS pour Paul Oakenfold (courtoisie de Lamb et GeM)

Une vidéo de présentation de l'événement réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=jfflqilRbuo&list=UUCkqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : En tant que DT de l'aspect multimédia du concert, notre rôle était d'évaluer la faisabilité technique du préconcept général du SRAS, puis de concevoir et réaliser le système interactif sur les plans matériel et logiciel. Nous avons collaboré avec Christophe Deplante pour cela, et la fabrication a été assurée par l'atelier Louis Fortin. Nous étions également impliqués dans la tâche de conception des propriétés hédoniques de la scène du DJ, car c'était le contrôle des LED qui déterminait les possibilités en terme d'effets scénographiques possibles.

La conception de la cohérence spatiale : On peut observer sur la figure 3-16 que l'installation multimédia immersive à opérer comprenait une façade LED autour de la scène, des dalles LED sur les faces intérieures de la scène et son fond ainsi que des dalles LED au plafond formant des cubes. Afin de contrôler ces multiples affichages, l'équipe responsable de la tente Sahara nous a envoyé le cadre de référence dédié aux dalles LED.

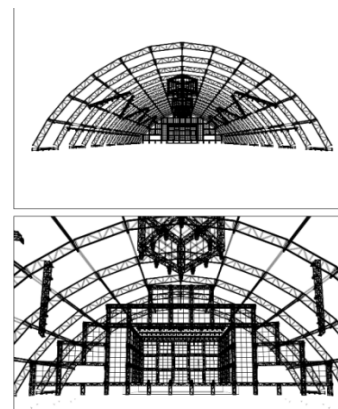


Figure 3-16 : Plan général de la tente Sahara (courtoisie de VSquareLab)

Ces dalles étaient la composante d'affichage vidéo principale du SRAS de ce projet, que la scène du DJ venait compléter comme moniteur spatial supplémentaire. Il s'agissait pour l'équipe de GeM d'envoyer deux flux vidéo dans un second serveur multimédia, le serveur EPIC Mk3 de la

figure 3-20. Ce serveur multimédia avait été réalisé par l'équipe de VSquareLab, qui avait conçu le système d'affiche du cadre de scène. Ce cas permet ainsi d'illustrer comment des équipes peuvent travailler ensemble à distance sur le même SRAS décentralisé, en mettant en place les interfaces des sous-systèmes vis-à-vis des flux vidéo. Le cadre de référence associé intégrait les deux images de la figure 3-17. Pour afficher correctement des vidéos sur la structure LED, il s'agissait de créer des vidéos selon ces images de référence, chacune à la résolution d'un flux vidéo HD1080p. On peut observer sur l'image de droite de la figure 3-17 que les zones rouges correspondent à la façade de scène de la figure 3-18. Les carrés vert et marron correspondent aux murs intérieurs et les bleus clair, rose et jaune correspondent aux cubes du plafond. L'autre flux vidéo était utilisé pour l'autre moitié des dalles LED du fond de scène, dalles spécifiques pouvant afficher une image de meilleure résolution (voir figure 3-15).

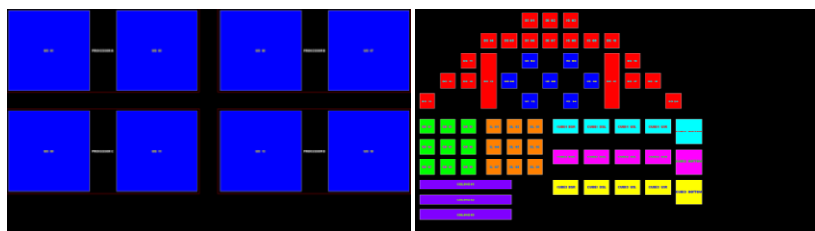


Figure 3-17 : Images de référence pour les panneaux LED (courtoisie de VsquareLab)

Une scène *After Effect* a alors été créée afin d'accélérer la production des vidéos et permettre un enregistrement en 3D du contenu virtuel sur son support d'affichage vidéo spatial. À la figure 3-18, on peut observer cette scène et la visualisation qu'elle permettait d'avoir quant à la création et l'affichage des contenus vidéo.

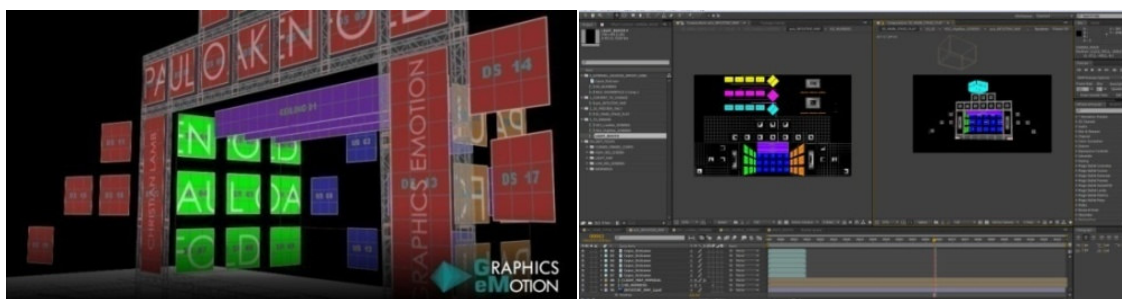


Figure 3-18 : Scène *After Effect* pour les panneaux LED (courtoisie de GeM)

De cette manière, un artiste pouvait répartir une vidéo sur l'ensemble des éléments scéniques, et la scène *After effect* se chargeait de répartir automatiquement les bons éléments aux bons

endroits, assurant la mise en correspondance de l'augmentation une fois passée à travers le serveur de VsquareLab, et optimiser l'efficacité de la création multimédia.

L'image de la figure 3-19 correspond à l'image de référence conçue pour contrôler les LED de la scène du DJ. Les sept triangles du haut correspondent aux rubans LED utilisés pour faire des flashes lumineux et le reste des arêtes vertes correspond au contrôle des LED couvrant toutes les arêtes visibles de la structure. Il s'agit de la vue de face de la scène du DJ, correspondant à la vue du public. Il s'agissait ici de créer un moniteur vidéo tridimensionnel sur mesure, à partir de ruban LED, en mettant en relation monde réel et virtuel pour l'enregistrement spatial.

Ces LED étaient contrôlées grâce à du "pixel mapping DMX" dans *Madmapper* et des vidéos dédiés. Dans ce projet, notre principale difficulté technique a été dans cette mise en correspondance spatiale, qui représentait plus de 1000 bouts de rubans LED contrôlables indépendants à adresser, et de nombreuses sources de problèmes électriques et électroniques à résoudre dans un laps de temps très court. Dans la pratique, les conventions de nommage des différents éléments de la scène du DJ ont joué un rôle essentiel.

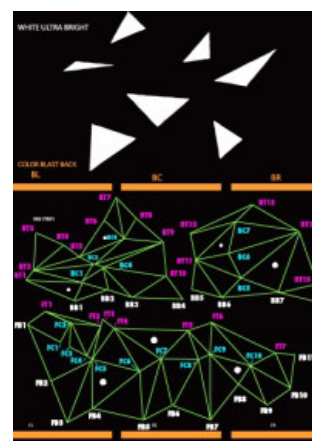


Figure 3-19 : Image de référence pour la scène du DJ (courtoisie de GeM)

La conception de la cohérence temporelle : Nous étions trois personnes à opérer simultanément le système depuis une régie disposée en face de la scène à l'aide de contrôleurs MIDI. Les interfaces de contrôles permettaient le lancement des vidéos préenregistrés sur la structure entourant la scène, sur lesquels une série d'effets préenregistrés étaient applicables, de même que celles contrôlant les LED de la scène du DJ et les projecteurs de lumières. On peut observer sur la figure 3-20 le diagramme initial avec les flux du système que nous avons conçu, basé sur le *MacbookPro Retina 2013*. Cette conception a légèrement été modifiée sur place (convertisseurs de protocoles vidéo et Art-net plutôt que DMX), mais permet d'illustrer le fonctionnement général et l'architecture matérielle et logicielle du SRAS développé. Cette conception permettait d'envoyer les deux flux vidéo pour les écrans LED autour de la scène ainsi qu'un contrôle interactif des LED intégré dans la structure grâce à du "pixel mapping DMX" dans *MadMapper*, contrôlé par des vidéos spécifiques au sein de *Resolume*. Le transfert inter application du flux vidéo était assuré par le protocole *Syphon*. La conversion du "pixel mapping" numérique en

information physique DMX était assurée par le boîtier *Enteccc Datagate Mk2*. Les boîtiers *Black Magic* servaient à acquérir et afficher un flux vidéo de la performance en l'intégrant dans les visuels des panneaux LED. *Resolume* reconnaît directement ce boîtier d'acquisition, ce qui permet de le traiter en temps réel. Les boîtiers EDID sont des modules qui servent à émuler le branchement d'un moniteur vidéo. Cela permet, en cas de débranchement d'un câble ou d'instabilité d'un autre ordinateur du système distribué, de garder en mémoire la dernière image transmise et ne pas provoquer d'instabilité de la part du système d'exploitation (retour au bureau, écran bleu, ect.) pour le mode dégradé.

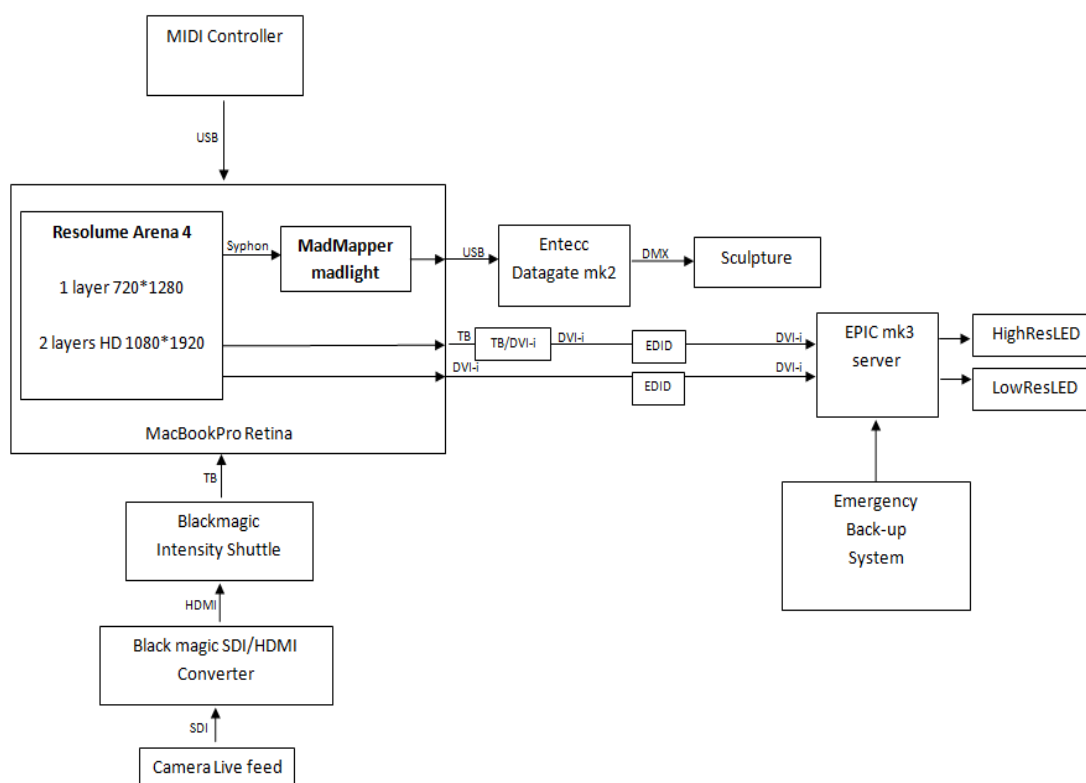


Figure 3-20 : Diagramme préliminaire du SRAS pour Paul Oakenfold (courtoisie de GeM)

Cette figure nous permet d'exposer un autre problème pratique récurrent dans la conception des SRAS, à savoir la multitude des connectiques et protocoles. C'est vraiment cet aspect qui est responsable de la plupart des problèmes techniques en situation réelle et qui peut compromettre la livraison du SRAS pour l'événement. Enfin, une vidéo de présentation réalisée par GeM illustrant le développement de ce projet est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=hD_bmTeHDNw&list=UUcKqRIJWtjgGDglZE_ZhN3g

3.3.6 Projet 6 : Le Terra Karnaval

La demande du client, le contexte et concept retenu : Ce SRAS a été réalisé pour le Terra Karnaval, qui est le volet artistique du festival "Juste pour Rire" ayant lieu tous les ans à Montréal. Ce projet rassemblait environ 1000 participants, qu'il s'agisse de citoyens, de danseurs, d'acrobates, de comédiens ou de chanteurs. Pour l'édition 2013, le spectacle rendait hommage à la vie de Félix Leclerc, mettant en scène sa vie et sa contribution à la musique et la culture québécoise. GeM a été mandaté de concevoir et réaliser le volet multimédia du Terra Karnaval, qui comprenait la création de contenu vidéo immersif projeté sur divers éléments de la Place des Festivals de Montréal pour soutenir le fil narratif du spectacle (bateau, musée d'art contemporain et murs des danseurs) et provoquer un meilleur engagement pour le public d'environ 50 000 personnes (voir figure 3-21).

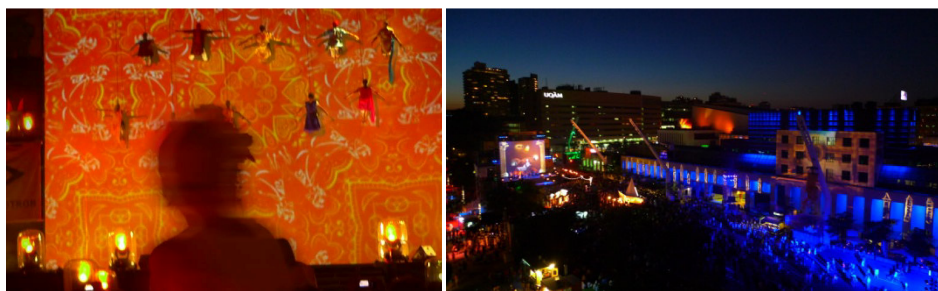


Figure 3-21 : Illustration du SRASP du Terra Karnaval (courtoisie de GeM)

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : Pour ce projet, c'est Franck Dufaux qui assumait la direction technique de l'aspect multimédia, et qui a conçu et réalisé le SRASP sur le plan matériel et logiciel (location d'un serveur multimédia propriétaire *Coolux*, indexé en annexe B). Bien que nous n'étions pas DT, nous avons été acteurs dans la création visuelle de l'augmentation pour ce projet d'envergure, et cela nous a permis d'assister à la production dans son ensemble. Nous ne décrivons ainsi que succinctement la dimension technique de ce cas, sur que ce qui nous semble remarquable dans la conception de la cohérence spatiale et temporelle de ce SRASP.

La conception de la cohérence temporelle : Les visuels d'augmentation étaient conçus et programmés selon une vision de ligne du temps, en accord avec les différentes prestations et performances artistiques du spectacle. L'opérateur attendait alors les indications du régisseur pour le lancement des éléments vidéo d'augmentation associés à la performance. L'aspect

remarquable est surtout dans la performance acrobatique verticale sur un mur au-dessus de la scène centrale (voir figure 3-22). Il s'agissait d'intégrer leur scénographie dans la création des visuels d'augmentations en amont, afin de créer un lien sémantique entre leurs déplacements au sein de l'univers virtuel 3D projeté.

La conception de la cohérence spatiale : Les projections étaient effectuées depuis une seule tour de projection, située de manière optimale, de façon quasi orthogonale aux surfaces planes du mur des danseurs, de la voile du bateau et du musée d'art contemporain. Les légères prédéformations supplémentaires étaient réalisées par les outils de prédéformations vidéo temps réel durant la restitution. On peut observer sur la figure 3-22 de gauche les grilles de calibrations utilisées et la tour de projection. Les projecteurs utilisés étaient tous des 20 000 lumens. Sur le musée et le mur des danseurs, les flux de projections ont été doublés, afin d'augmenter la puissance lumineuse et servir de soutien si un des deux projecteurs tombait en panne. L'autre raison implicite est celle du coût : la location de deux projecteurs puissants est généralement inférieure à celle d'un seul deux fois plus puissant.

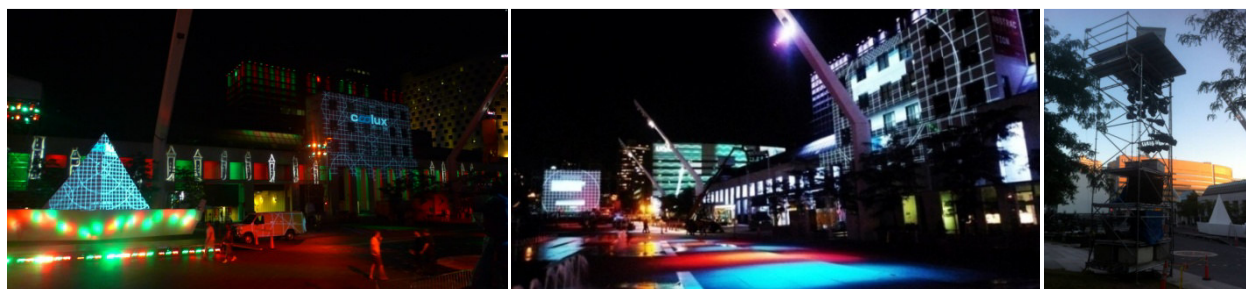


Figure 3-22 : Calibration des surfaces et tour de projection (courtoisie de GeM et de MindLab)

La cohérence spatiale était majoritairement assurée lors de la création du contenu des vidéos, en utilisant une image de référence basée sur les lignes architecturales des surfaces de projections, en vue de face. Il s'agissait ici d'intégrer la géométrie de la place de festival et la position approximée du public dans la création du contenu afin de respecter sa perspective et rendre l'expérience immersive cohérente. Par exemple, le contenu projeté sur le musée s'intégrait sur le bâtiment en compte les occlusions des fenêtres, et des éléments virtuels passaient d'une zone de projection à une autre en respectant la cohérence de l'enregistrement en 3D pour le spectateur. Le meilleur exemple de cet aspect était une scène où un boulet de canon virtuel tiré depuis le mur du musée venait détruire le mur de la scène principal, le tout en conservant l'homogénéité perspectiviste.

3.3.7 Projet 7 : Dérive Magnétique

La demande du client, le contexte et concept retenu : Cette installation a été réalisée pour le "Festival des Lumières" de Québec, qui s'est déroulé durant une semaine à partir du 21 décembre 2013. Ghislain Turcotte, le directeur artistique du festival, a mandaté GeM de proposer une installation interactive pour le "Tracé Boréal". Le site internet du festival décrit ce tracé comme suit : *"Le Tracé boréal s'inspire de la nordicité telle que nous la vivons à Québec. Entre la place D'Youville et la Grande Allée, les promeneurs vivront une expérience lumière ludique et immersive qui imprènera le cœur des petits comme des grands"*. Le concept retenu s'appelait "Dérive magnétique", que le site internet du festival décrit comme suit : *"Une suite d'ondes électromagnétiques se propage librement à travers les 40 cristaux qui semblent dériver doucement le long des fortifications. En circulant dans l'environnement immersif de Dérive magnétique, vous agirez comme un vecteur et provoquerez une réaction électrique plus ou moins intense qui se transmettra directement aux cristaux"*. Des images de l'installation sont disponibles à la figure 3-23.



Figure 3-23 : Illustration de Dérive magnétique (courtoisie de GeM)

Une vidéo de présentation de l'installation réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=drxsqlyMMDM&list=UUcKqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : Nous étions DT sur ce projet. Il s'agissait pour nous de concevoir et réaliser la dimension lumineuse et interactive de l'installation. L'atelier de décors Louis Fortin s'est chargé de la fabrication des 40 cristaux semi-transparents. Nous avons travaillé là-bas, où nous avons programmé l'interactivité d'un prototype, puis implémenté l'installation complète sur le site réel. Parmi les défis spécifiques de la conception de ce SRAS : être adapté aux conditions extrêmes de l'environnement extérieur (-25 degrés Celsius et neige); la distance entre les périphériques d'entrées et sortie (environ 100m); le

système de suivi devait fonctionner dans un environnement avec une grande variation de luminosité ambiante (fin de journée et nuit); fonctionner de façon autonome (sans opérateur) et continuer à opérer en cas de défaillance du suivi (redondance et mode dégradé), etc;

La conception de la cohérence spatiale : Une fois le nombre de cristaux et leurs emplacements sur le chemin définis lors de la conception préliminaire de l'installation, nous avons édité une image de référence intégrant les propriétés spatiales de l'environnement et la position des projecteurs de lumière. Le nombre des cristaux et leurs positions et les modalités d'interaction sont issus d'un compromis afin d'offrir la meilleure immersion et le meilleur engagement possible pour le budget et le temps d'installation donné par le client. Le parcours à l'intérieur du SRAS a été segmenté en 10 zones pour l'enregistrement spatial de la position des utilisateurs. Des vidéos d'effets lumineux spécifiques à chaque zone ont été éditées en amont au sein d'un logiciel d'édition vidéo et des ajustements ont été effectués lors des tests sur place (teintes, vitesse de lecture, etc.). Certains effets lumineux étaient contenus dans une zone, d'autres se propageaient sur le chemin entier en partant de la zone de détection.

L'illustration de ce fonctionnement est donnée à la figure 3-24. On peut y observer en bas l'image de référence utilisée pour la création des effets lumineux interactifs, à droite l'intégration de cette image au sein de l'environnement et en haut un exemple d'effet lumineux pour une zone de détection spécifique (la zone 6). La cohérence spatiale était alors assurée par du "pixel mapping DMX", associant la couleur d'un pixel donné de la vidéo à son projecteur de lumière respectif dans l'espace physique, basé sur l'image de référence (les points blancs).

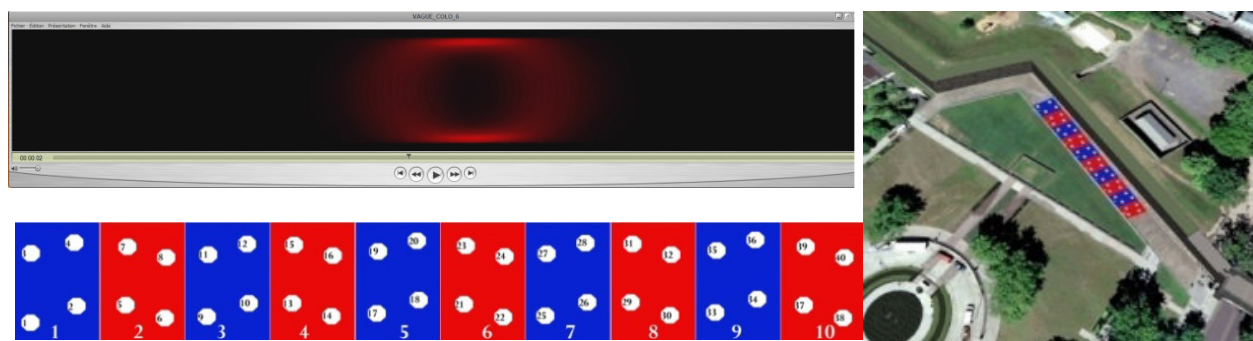


Figure 3-24 : Illustration de la mise en correspondance spatiale (courtoisie de GeM)

La résolution totale des éléments vidéo avait peu d'importance, car il s'agissait de projecteur de lumière DMX, et leurs sources colorimétriques n'étaient que d'un pixel. La réduire au maximum a permis d'alléger les besoins de performance de l'ordinateur utilisé et optimiser les temps de réaction du système. Seul le ratio de l'image devait être cohérent afin de permettre l'enregistrement spatial des capteurs de suivi et l'interaction locale. Il s'agissait donc ici de créer une sorte de moniteur vidéo à l'échelle du chemin.

La conception de la cohérence temporelle : L'aspect ludique de l'interaction naturelle avec l'environnement augmenté était assuré par l'utilisation des capteurs de mouvement infrarouges disposés dans certains cristaux à intervalle régulier (voir figure 3-25). Lorsqu'un utilisateur était détecté au sein d'une zone, un signal électrique était envoyé à un module d'acquisition *Arduino*. Grâce à un programme compilé sur le processeur de l'*Arduino*, ces données analogiques étaient alors converties en signal numérique et échangées en temps réel avec l'ordinateur utilisé comme unité de calcul principale via un branchement de l'*Arduino* en USB. Un élément logiciel développé au sein de *Pure Data* convertissait ce signal électrique en une émulation MIDI. Cette émulation contrôlait le lancement de la vidéo associée à la zone de détection au sein de *Resolume*. Cette vidéo était alors transférée dans *MadMapper* grâce à *Syphon* puis convertie en commande DMX qui contrôlait spatialement les projecteurs de lumières.

Nous avons mis en place six thèmes d'effets lumineux différents afin d'offrir une plus grande richesse d'interaction possible avec l'installation. Un élément du programme implémenté sous *Pure Data* permettait de changer de thème à intervalle régulier en émulant des commandes MIDI au sein de *Resolume*, changeant la colonne de lecture. Même sans interaction, un effet lumineux global de base, placé comme "calque de fond" (lignes) dans *Resolume* permettait le mode dégradé, tandis que les effets lumineux d'interactions venaient se superposer dessus avec un mode de fusion prenant en compte le masque "d'alpha" des fichiers vidéo. Il s'agissait ainsi ici d'une matrice d'éléments vidéo de type boucle, classé par thèmes avec 6 colonnes et par zone interactive avec les 11 lignes.

Enfin, la position et zone des détections des capteurs concernent la redondance de suivi et le fonctionnement symétrique de l'installation, le sens des utilisateurs sur le chemin n'étant pas contrôlé.

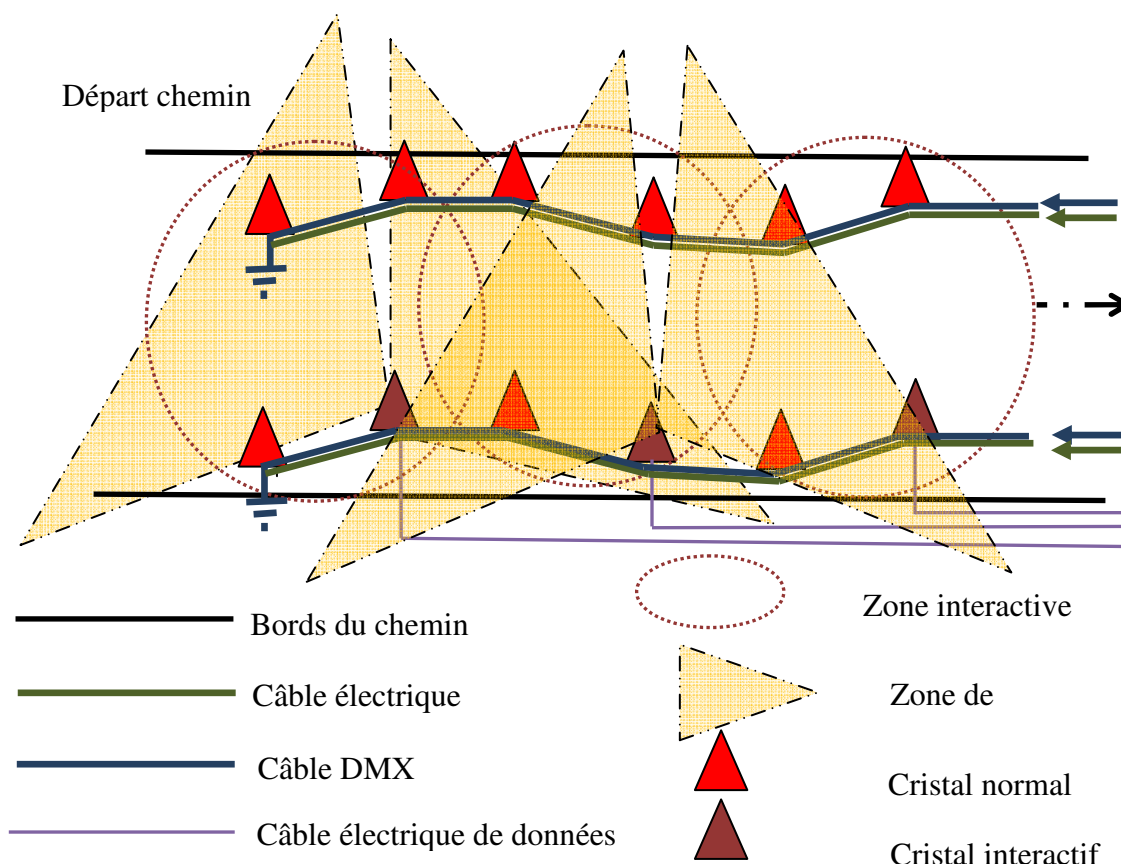


Figure 3-25 : Schéma fonctionnel de Dérive magnétique (Courtoisie de GeM)

3.3.8 Projet 8 : Unnumbered Sparks

Demande du client, contexte et concept retenu : GeM a été mandaté de superviser l'intégration multimédia d'une sculpture aérienne augmentée géante suspendue entre des immeubles du centre des conventions de Vancouver dans le cadre de l'événement des 30 ans de TED (Technology, Entertainment & Design). Il s'agissait de faire le lien entre la partie physique de la sculpture, conçue par Janet Echelman et réalisée par Autodesk et la dimension numérique, conçue par Aaron Koblin et réalisée par Google. L'ouverture de l'installation a eu lieu le 17 avril 2014 parallèlement aux conférences TED et est restée en opération une semaine. Concrètement, le mandat donné à GeM était d'intégrer le contenu multimédia généré par des utilisateurs finaux à travers l'utilisation d'une application mobile et de faire la mise en correspondance spatiale avec la sculpture aérienne. Ce mandat a été réalisé grâce à la conception de boîtes de projections sur mesures, que nous présentons dans la suite. Des images de la sculpture augmentée sont disponibles sur la figure 3-26.

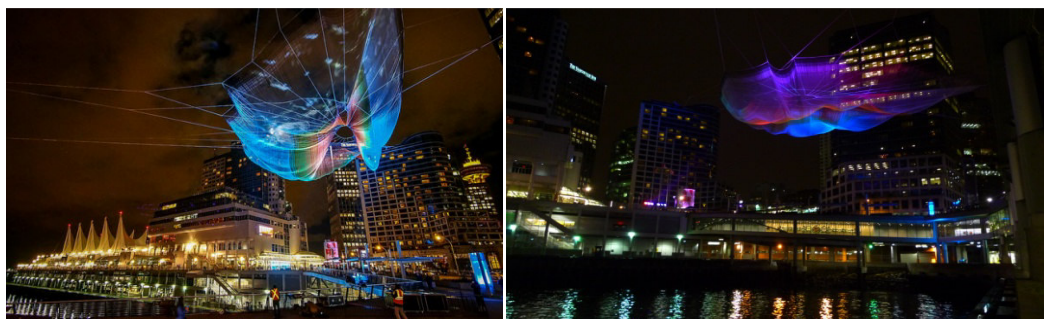


Figure 3-26 : Illustration de Unnumbered Sparks (courtoisie de Google et GeM)

Une vidéo de présentation de l'installation réalisée par GeM est disponible à l'URL :

https://www.youtube.com/watch?v=dAGjPQE1nhI&list=UUCkqRIJWtjgGDg1ZE_ZhN3g

Enfin, un site complet de présentation du SRASP, réalisé par Google Creative Lab, est disponible à l'URL <http://www.unnumberedsparks.com/>. Ce site identifie les acteurs de son développement et documente en détail la dimension technique de ce SRASP vis-à-vis de l'application mobile de Google. Nous nous concentrons donc seulement à décrire la partie de GeM, dans laquelle nous avons été impliqués comme chercheur d'action, et ce qui n'est pas disponible dans le site où les vidéos de présentation concernant l'architecture et le fonctionnement global du SRASP.

Activités du chercheur, défis principaux et aspects remarquables : C'était Frank Dufaux qui assumait la direction technique du volet multimédia et qui a imaginé le système de multiprojection qui nécessitait les boîtes. Notre tâche spécifique était d'assurer la conception et la réalisation des boîtes. Ces boîtes ont été fabriquées dans le Studio Louis Fortin grâce à la location d'un projecteur de même modèle pour les tests. Il s'agissait d'une tâche critique, car les incertitudes concernant la composante de positionnement étaient nombreuses et il s'agissait de les intégrer dans la conception des boîtes. Une omission dans cette conception compromettrait la réalisation du projet, et la dimension de la sculpture (>200 m) et le contexte urbain du projet laissaient prévoir de nombreux problèmes à résoudre durant l'implémentation de la sculpture. De telles boîtes n'existent pas sur le marché, bien que le besoin se fasse de plus en plus ressentir dans les projets de projection illusionniste de grandes ampleur, à cause des contraintes associées aux projecteurs très lourds utilisés (> 100 kg) et ne permettant pas d'être inclinés (<15 degrés) sous peine d'arrêt de prévention de surchauffe (lampe de 6 KW).

On peut observer des rendus que nous avons réalisés lors de la conception préliminaire et les photos des boîtes après fabrication sur la figure 3-27. Ce cas illustre à quel point la RV peut être utile à la conception en RA, la réussite de tels projets reposant surtout sur de la prévention de problèmes pratiques.

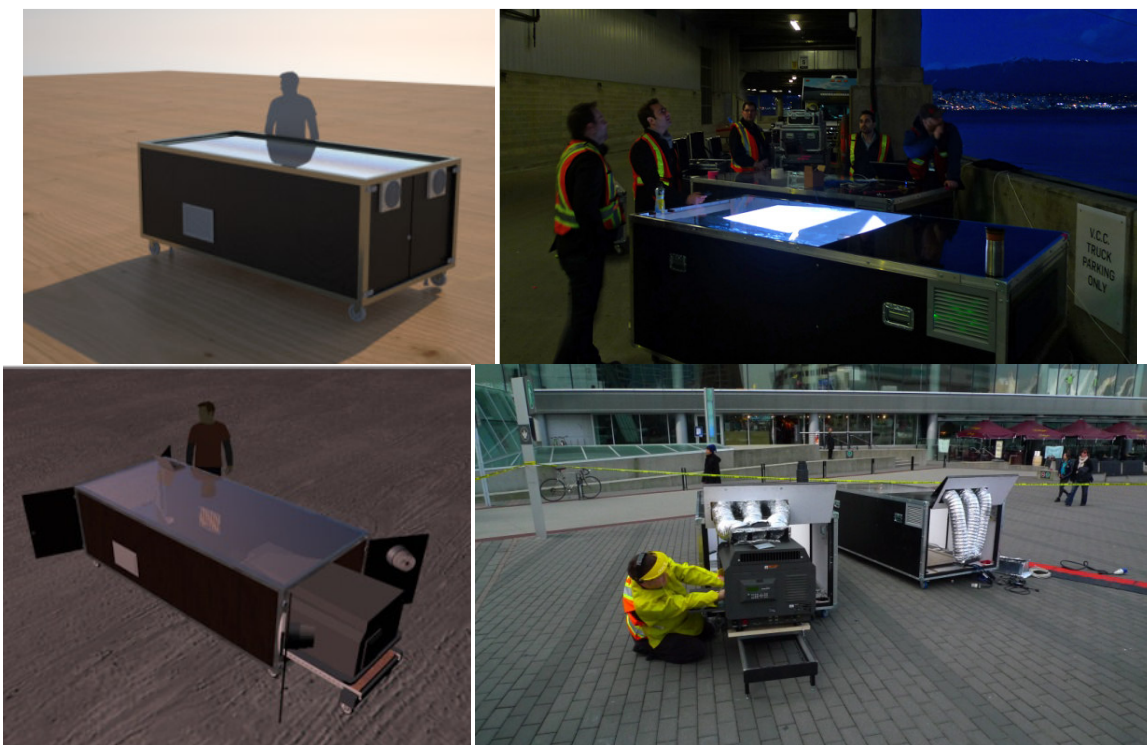


Figure 3-27 : Illustration des boîtes de projection (courtoisie de GeM)

Parmi les fonctions spécifiques que nous devons intégrer dans la conception : permettre le chargement et le déplacement des projecteurs; rester parfaitement immobile une fois la calibration effectuée (problème des vibrations de la projection avec cette distance); rendre l'accès à l'intérieur accessible seulement pour les utilisateurs experts; permettre une mise en correspondance spatiale à la fois vaste, mais très précise lors de la calibration; être étanche à l'eau mais laisser la chaleur s'évacuer et la contrôler; permettre l'ajustement de lentille sans bouger le projecteur vis-à-vis de son miroir calibré; ne pas créer d'artéfacts visuels dans la projection; être esthétique et/ou discret afin de cacher le fonctionnement, etc.

Ce qui est notable dans ce SARSP que la sculpture flottait dans le vent. Il s'agissait d'intégrer cette considération dans la création du contenu virtuel et du type de mise en correspondance spatiale. Les visuels étaient ainsi abstraits afin que l'utilisateur ne perçoive pas de "déformation", l'enregistrement n'étant pas asservi en temps réel. Enfin, le défi principal du projet était associé à

sa dimension publique et son envergure : autorisations légales pour le contrôle de l'éclairage ambiant de la place, pour projeter de la lumière dans l'espace aérien proche d'un aéroport, accès à des zones internationales pour l'équipement, blocages de la circulation pour l'installation, livraisons internationales des équipements à cause de leur rareté, etc.

Tant de considérations spécifiques à avoir en amont pour ne pas compromettre tout le projet.

La conception de la cohérence spatiale : L'augmentation lumineuse de la structure était assurée par deux couches de lumière se complétant : cinq projecteurs vidéo très puissants (35 000 lumens) pour l'aspect interactif "actif" et une vingtaine de projecteurs de lumière contrôlés par du "pixel mapping DMX" pour le mode "passif" (voir figure 3-26). Le contenu d'augmentation "actif" était une page internet dont les visuels étaient générés en temps réels par les utilisateurs finaux grâce à une application sur un réseau sans fil local mis en place par l'équipe de Google. Le défi pour GeM était de projeter cette page sur la sculpture aérienne afin d'assurer la cohérence spatiale ortho projeté pour un utilisateur situé en dessous. La page était découpée en cinq flux vidéo et répartie sur leurs projecteurs respectifs à leur résolution native. La sculpture avait une forme allongée et trois projecteurs ont été placés d'un côté et deux de l'autre. Les projections ont été calibrées sur la sculpture à l'aide d'un miroir mobile fixé sur un support de télescope motorisé intégré dans les boîtes de projection conçues. Ce support de télescope a permis de créer un système de multiprojection sans fusion des bords, en recalant les fenêtres au pixel près sur la sculpture à l'aide des miroirs mobiles contrôlables selon deux axes de rotation par télécommande et les outils de prédéformations de la partie logicielle des projecteurs. Dans la pratique, cette étape a été facilitée à l'aide de jumelles. Enfin, les projecteurs avaient des lentilles avec des longueurs focales différentes pour assurer que la projection soit nette sur la grande variation de profondeur que l'installation représentait.

Ces étapes sont illustrées sur la figure 3-28. En haut à gauche, on peut observer la projection virtuelle de la page web sur la sculpture, à droite la répartition de cette page sur plusieurs projecteurs, et en bas la calibration des projecteurs depuis leurs boîtes et la projection calibrée sur la sculpture.

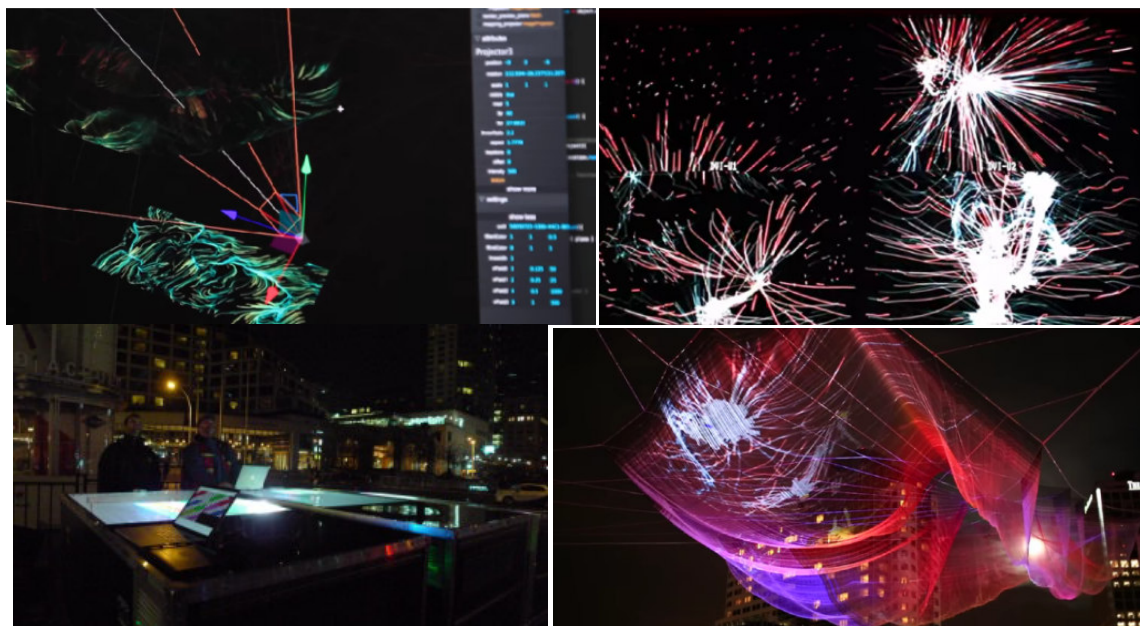


Figure 3-28 : Illustration de la mise en correspondance spatiale (courtoisie de Google et GeM)

La conception de la cohérence temporelle : Le serveur multimédia et les utilisateurs experts du système étaient installés dans un véhicule utilitaire de vacances servant de régie sécurisée. Ce local permettait de superviser le fonctionnement du système ("monitoring") tout en ayant une vision directe sur la sculpture. L'objectif était ici de cacher le fonctionnement de l'augmentation aux utilisateurs finaux pour "la magie du spectacle", l'immersion et l'engagement. On peut observer l'extérieur et l'intérieur de cette régie sur la figure 3-29. On y observe que les interfaces des administrateurs pour contrôle de la structure augmentée étaient principalement des ordinateurs, le système étant distribué et composé de différentes couches matérielles et logiciels interagissant ensemble.

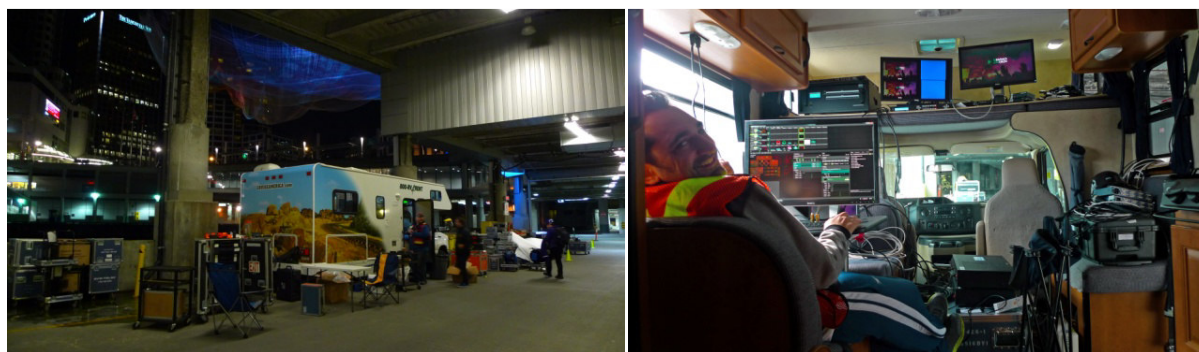


Figure 3-29 : Illustration de la régie des administrateurs (courtoisie de Google et GeM)

Un serveur était dédié à l'application de Google, dont la sortie était la page web présentée précédemment. Un serveur était spécifiquement dédié aux éclairages dynamiques, prenant en entrée cette page web et donnait en sortie les informations de contrôle DMX via du "pixel mapping" dans *Madmapper* de façon similaire cas précédent. Cette séparation matérielle de l'unité de calcul servait à avoir un mode de fonctionnement dégradé en cas de défaut des projecteurs vidéo. Ainsi, même si le circuit vidéo était coupé, l'éclairage des projecteurs de lumière continuait à fonctionner. Enfin, le serveur vidéo de GeM servait de pont entre les deux autres, en assurant la répartition des flux vidéo dans leurs projecteurs et moniteurs de contrôle respectifs, ainsi que dans celui destiné aux éclairages DMX. Enfin dans ce projet, les utilisateurs finaux pouvaient interagir avec la sculpture en y peignant de la peinture virtuelle grâce à une application développée par l'équipe de Google. Bien qu'il s'agisse d'une modalité d'interaction indirecte, on peut observer sur la figure 3-30 le scénario d'utilisation maximisant l'affordance du SRASP et permettant l'engagement avec l'utilisateur. Les figures du haut illustrent le lancement de l'application, servant à créer le lien sémantique spatiale pour l'interaction avec l'objet augmenté. Une fois la structure représentée à l'écran, les utilisateurs pouvaient alors y peindre de la peinture virtuelle à distance. Il était possible de choisir sa couleur, ce qui permettait de reconnaître plus facilement son interaction avec la structure aérienne parmi la centaine d'utilisateurs simultanés.

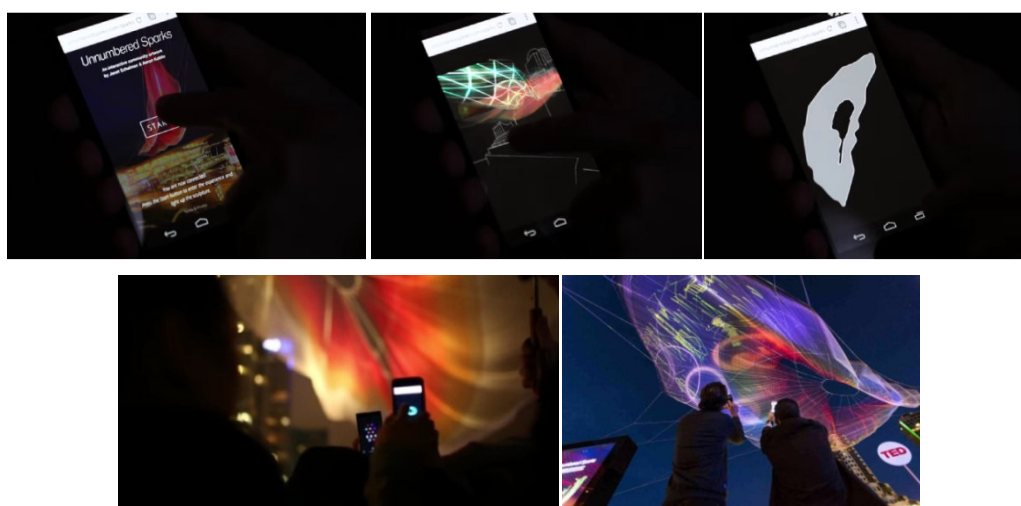


Figure 3-30 : Illustration du scénario d'usage de la structure augmentée (courtoisie de Google)

Nous allons dans la section suivante faire une synthèse de ce chapitre et de la phase d'action de cette recherche.

3.4 Synthèse du chapitre et de la recherche-action

Dans ce chapitre, nous avons dans un premier temps justifié le cadre méthodologique général de ce projet et sa double modalité pour la collecte/création des données concernant l'activité de conception de SRAS en contexte réel, afin d'être en mesure de l'observer et l'analyser.

Pour chacun des cas, nous avons explicité notre implication dans ces projets afin d'indiquer ce qui relevait de la recherche-action ou de l'étude empirique. L'autre objectif était d'explicitier une partie des données collectées pour répondre à nos questions de recherche. Pour cela, nous avons documenté les aspects clefs SRAS, les bonnes pratiques professionnelles, les outils informatiques utilisés, les défis pratiques et des processus opérationnels en les inscrivant dans leurs objectifs spécifiques associés. Enfin, les liens vers les vidéos permettaient d'obtenir, outre une compréhension étendue du fonctionnement du SRAS en opération, la liste des acteurs et leurs rôles indicatifs, cela afin d'offrir plus d'informations sur le nombre d'acteurs et expertises associés aux SRA présentés.

De façon générale, deux aspects distinguent vraiment ces SRAS de ceux de la littérature issue de la recherche académique : leur dimension fonctionnelle (imaginer l'impossible plutôt que la perception augmentée pour l'aide à la décision), ce qui impliquait des fonctions d'usages particulières et de la composition réel/ virtuel généralement en amont plutôt qu'en temps réel; l'autre aspect est bien sûr la taille des environnements de RM réalisés, qui les place entre la RAS et la RA mobile au niveau de l'architecture des systèmes à développer, des considérations à avoir et les protocoles de communication utilisés. Comme la création de contenu d'augmentation avait lieu en amont, c'est de la conception du cadre de référence que découlaient quasi toutes les tâches de travail de réalisation subséquentes et il s'agissait ici de documenter cet aspect clef qu'il n'est pas possible d'appréhender avec le visionnement de SRAS en opération.

Dans le chapitre suivant, en nous appuyant sur nos observations empiriques du développement de ces SRS, nous donnons notre analyse de ce qui est généralisable concernant les acteurs, les tâches, les outils et les méthodes à utiliser pour concevoir et réaliser un SRAS en contexte réel. Cette analyse est structurée sous la forme d'une démarche et emprunte le langage cohésif des patrons de conception, renvoyant vers les cas précédemment documentés ou les annexes, afin de constituer un environnement de support aux tâches de conception et réalisation.

CHAPITRE 4 ENSEIGNEMENTS ISSUS DE L'EMPIRISME ET PROPOSITION D'UNE DÉMARCHE

Dans ce chapitre nous faisons l'analyse des enseignements tirés de l'itération du développement des SRAS présentés dans le chapitre précédent. Dans un premier temps, nous analysons la phase de divergence créative, où il s'agit d'imaginer la raison d'être du SRAS et son utilisation pour répondre au besoin de communication d'un commanditaire externe. Les phases subséquentes concernent la convergence, dite de réalisation dans ce mémoire et s'inscrivant dans la phase de production. Ces parties sont principalement structurées selon leur dimension logicielle ou matérielle, introduite précédemment.

4.1 Les acteurs de la conception et leurs rôles généraux

Dans cette section, nous présentons notre analyse des rôles et des expertises des acteurs de la conception multidisciplinaire, voire transdisciplinaire, d'un SRAS en agence de communication à partir des rôles présentés dans la revue concernant la création d'un produit web ou applicatif.

On trouve généralement la hiérarchie suivante : un commanditaire rentre en contact avec un Réalisateur (R). Ce R coordonne alors le travail du directeur technique (DT) et du directeur artistique (DA). Durant le développement du SRAS, les rôles sont alors les suivants :

- **le Réalisateur** est principalement l'acteur de la dimension sémiotique et sémantique de la communication, qu'il mettra ensuite en forme avec le DA et le DT pour la rendre réalisable. En d'autres termes, c'est lui qui imagine l'augmentation de la réalité et sa fonction communicative. Il doit posséder une culture générale très étendue afin de concevoir une communication dans un cadre où la notion d'interface visuelle n'est plus celle de la fenêtre rectangulaire d'un écran, mais l'environnement lui-même. C'est à lui de faire parler les objets augmentés et de les personnifier. Il crée le fil conducteur de l'augmentation, le développement de l'histoire à raconter. Il doit créer le lien avec l'apprenant de la communication, l'affordance du système et est le responsable de l'engagement de l'utilisateur avec le SRA. Enfin, étant donné la diversité des acteurs pouvant participer au développement d'un SRAS et leurs niveaux de compétence très différents, c'est le rôle du réalisateur d'encadrer les séances collectives de conception pour faciliter la communication, arbitrer les conflits, gérer les discussions et la progression du travail. Il est donc le garant du bon déroulement de la production dans son ensemble.

- **le DA** est principalement l'expert des éléments relatifs au besoin d'estime du commanditaire de la communication, qu'il transfère lors de la conception dans les propriétés hédoniques du SRAS. Il s'assure de la cohérence esthétique du visuel d'augmentation. Il est le garant des émotions, plaisirs et qualités perçus par les utilisateurs visés par la communication. Il doit connaître toutes les méthodes de création graphique et d'animation à disposition pour répondre à l'adaptation visuelle de la communication sémiotique conçue par le R. Le DA supervise alors les artistes qui vont suivre ses directives durant phase de réalisation.

– **le DT** est principalement l'expert des éléments relatifs aux fonctions d'usages du SRAS à concevoir. Il doit concevoir un système de diffusion et d'interaction technologiquement compatible avec la communication conçue par le Réalisateur et les méthodes de création du contenu définies par le DA. Son objectif est d'imaginer un processus d'augmentation permettant l'élaboration d'un cadre de référence intuitif pour les artistes et qui permet la production efficace des visuels. Le DT supervise alors les ingénieurs et techniciens qui vont suivre ses directives durant la phase de réalisation.

4.2 Aspects organisationnels et logistiques généraux

Dans cette partie, nous donnons les étapes observées dans les projets auxquels nous avons participé, et ce qui nous a semblé être généralisable. Nous les explicitons ici, puis dans la partie suivante nous décrirons plus en détail les tâches spécifiques à la conception et réalisation du SRAS. Décrire les tâches ainsi que les acteurs qui y sont associés permettra de donner une vue d'ensemble de la gestion de ces projets et leurs fonctionnements organisationnels.

La phase de divergence créative et études de faisabilité (logistique, technique, artistique et financière) : Il s'agit d'analyser l'intérêt de la demande de communication d'un client pour l'entreprise et d'étudier sa faisabilité préliminaire selon différents aspects. C'est à cette étape qu'est intégrée la dimension sémiotique de la communication. Les acteurs impliqués dans ces étapes sont le R, le DA et le DT. Cette étape est analysée plus en profondeur dans la suite

Préproduction : si l'étude du mandat est concluante, le projet peut alors commencer. Il s'agit alors de conceptualiser la communication, puis de rendre possible sa réalisation. Au sein d'un studio, on appelle cette phase la préproduction.

Conception du SRA : Il s'agit de concevoir un SRAS répondant à un mandat spécifique et capable de satisfaire ses contraintes sur le plan technique et logistique. Cette étape est assurée par le DT, le DA et le R. C'est durant cette phase que sont intégrées les propriétés pragmatiques dans le SRAS. À la fin de cette étape, le préconcept est établi. Cette étape est analysée en détail dans la suite.

Élaboration du cadre de référence pour les artistes : en fonction du SRAS conçu, le DT et le DA doivent communiquer ensemble et élaborer un cadre de référence qui permettra aux artistes de comprendre comment créer leur contenu vidéo en fonction de son affichage spatial au sein de l'environnement à augmenter. Il est ainsi important de créer un cadre où les informations relatives au positionnement du contenu sur son support sont disponibles pour permettre un enregistrement en 3D. Les cas décrits précédemment fournissent de nombreux exemples de cadre de référence. Une fois que le cadre de référence est produit, il est important de le tester, car les artistes vont se baser sur ce document pour faire leur contenu vidéo. Or ce contenu risque d'être inutilisable si une erreur a été faite dans le cadre de référence. Ce test peut se faire grâce à une maquette ou directement sur la surface réelle quand cela est possible. L'annexe H fournit des pistes pour assurer cette étape.

Conception du contenu : C'est à cette étape que sont intégrées les propriétés hédoniques dans le produit. Les acteurs impliqués dans ces étapes sont le R, le DA et le DT. Bien que cela soit contingent à la conception faite par le DT, c'est principalement le DA qui a la responsabilité de cette étape. Au cours de cette étape est réalisé le "moodboard", donnant l'esthétique générale de la communication, voire un scénario s'il y'a une trame narrative à l'expérience immersive. Des exemples sont donnés en annexe I. Le contenu est alors découpé en éléments vidéo indépendants pour être réparti entre les artistes en fonction de leurs expertises. Les artistes vont alors produire des "story-boards" des visuels d'augmentations qu'ils vont produire, décrivant en images leur contenu, le mode de création et la durée de leurs productions. Les artistes doivent alors communiquer avec le DA, qui fait le lien avec le réalisateur pour vérifier que la qualité et le temps nécessaire à la production de ces vidéos sont en accord avec les délais et le budget de la production. Il est important que la cohérence spatiale entre le contenu d'augmentation et l'objet augmenté soit clairement mise en évidence dans ces documents de conception des visuels d'habillages. L'annexe I fournit des exemples pour cela. Le réalisateur fait alors valider le tout avec le client avant la débiter la production.

Production : une fois le SRA conçu et le cahier des charges établis, sa réalisation peut commencer. Dans le secteur événementiel, cette phase est appelée la production.

Réalisation du contenu : c'est sous la direction du DA que les artistes vont créer les visuels en se basant sur le "story-board" précédemment réalisé. Un suivi est effectué au moyen des outils communs de gestion de projet en arts visuels. La littérature est exhaustive à ce sujet.

Réalisation du SRA : en parallèle de la production du contenu vidéo, le DT s'assure de la réalisation technique du SRA. Au niveau organisationnel, cette étape peut être réalisée à l'externe en louant un serveur multimédia commercial ou à l'interne en développant une solution sur mesure. Cette étape est analysée plus en détail dans la suite.

Opération : lorsque la production est finie, il s'agit d'implémenter le SRAS dans son environnement et de l'utiliser pour la communication événementielle. On appelle cette étape "l'opération".

4.3 La phase de divergence créative et études de faisabilité

Les activités de cette phase sont très variables et dépendent beaucoup du mandat. Le cadre de la RASP en agence de communication implique que les propriétés pragmatiques et hédoniques du produit/service/expérience à concevoir soient contingentées par des propriétés spatiales de l'objet ou l'environnement à augmenter et les besoins de communications du commanditaire. Il s'agit donc d'intégrer le rôle sémantique de l'environnement ou l'objet physique dans le design de l'interface visuelle, des modalités d'interactions, des propriétés pragmatiques et hédoniques du produit. Ci-dessous est illustrée la démarche générique afin de déterminer un préconcept d'augmentation innovant offrant la meilleure expérience utilisateur possible, mais réalisable et remplissant les objectifs définis.

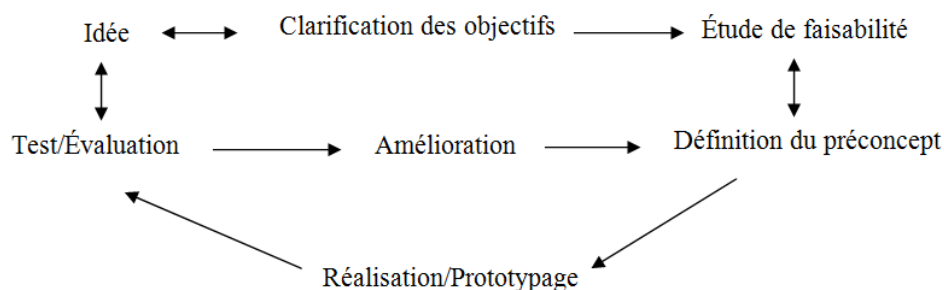


Figure 4-1 : Démarche de conception générique pour la conception innovante

Nous avons modélisé à la figure 4-2 les relations entre les différents espaces de conceptions conceptuels utilisés dans la phase de divergence créative de la conception d'un SRAS. Cette modélisation permet de mettre en évidence l'interdépendance de la conception des propriétés hédoniques et pragmatiques de ces produits numériques lors de la phase de divergence créative transdisciplinaire. En effet, certains aspects liés à la dimension sémiotique peuvent être résolus à partir de stratégies mises en place dans le monde physique ou dans le monde numérique. Un tel exemple est la possibilité de déplacer le projecteur dans la scène réelle, en opposition avec la possibilité de le déplacer dans la scène virtuelle. Il est donc nécessaire que ces séances soient collectives, mais pas seulement multi disciplinaires, et que ce soit le réalisateur qui ait l'autorité durant cette phase de divergence créative afin de créer une synergie des expertises, le DA et le DT étant là pour s'assurer de la faisabilité des préconcepts d'expériences imaginées par le R.

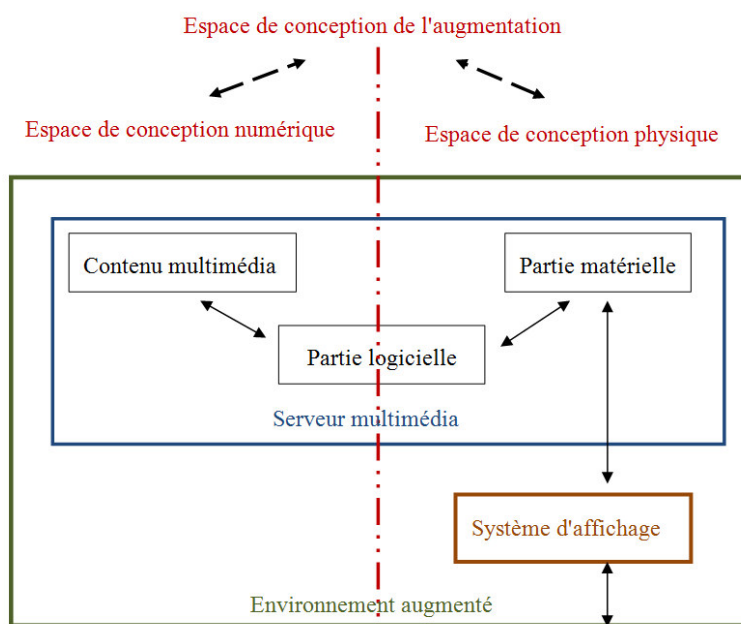


Figure 4-2 : Modélisation des espaces des conceptions, objets à concevoir et leur interactions

4.4 Les tâches de la conception d'un SRAS

Dans cette section, nous exposons les tâches génériques de la conception d'un SRAS à travers des lignes directrices, puis nous donnerons des recommandations plus spécifiques de support sur certaines tâches de réalisation. Les acteurs impliqués dans cette phase sont le R et le DT. Les tâches génériques s'articulent autour de deux pôles : la conception de l'unité de calcul (le serveur

multimédia) et celle des périphériques d'entrées-sorties. Les tâches génériques correspondantes sont listées ci-après. Nous détaillerons leur réalisation dans la partie suivante.

Pour la conception des périphériques d'entrée-sortie, il faut :

- spécifier les besoins d'interactivité avec des différents utilisateurs avec le SRAS (modalité d'interactions, nombre d'utilisateurs et type d'utilisateurs), principalement contingentés par les fonctions d'usages;
- spécifier les besoins de la composante d'affichage, contingentée par les fonctions d'estime et d'usage, ainsi que les propriétés de l'environnement (géométrie de l'espace et éclairage ambiant).
- déterminer les modalités de positionnement en fonction de différents scénarios de système d'affichage, contingentés par les propriétés spatiales de l'environnement à augmenter, la position de(s) utilisateur(s) et leur mobilité dans l'environnement augmenté.
- mesurer les distances entre le serveur multimédia et les périphériques d'entrée-sorties.
- déterminer la procédure d'implémentation de la composante d'affichage (nombre de projecteurs/moniteurs, leurs positions, la procédure de calibration, etc.), contingentée par les propriétés spatiales de l'environnement à augmenter et la dimension logistique de son accès;

Pour la conception du serveur multimédia, il faut :

- dimensionner les besoins de performances CPU et GPU pour l'unité de calcul, contingentée par les fonctions d'usages du SRAS (nombre de projecteurs, modalités de restitutions et traitement du flux vidéo, résolution des textures animées, cadence et codecs de compression);
- choisir un outil logiciel permettant la réalisation de l'aspect interactif et permettant d'assurer la mise en correspondance spatiale des visuels d'habillage;
- spécifier le fonctionnement du système hypermédia sur les plans interactionnel, informationnel et navigationnel, contingenté par les fonctions d'usages et d'estime;

4.5 Les tâches de la réalisation matérielle d'un SRAS

Lors de la phase de réalisation, il s'agit de faire un certain nombre de choix technologiques pour transformer le préconcept en un système fonctionnel. Nous donnons dans les paragraphes suivants les tâches récurrentes et généralisables.

4.5.1 La réalisation du serveur multimédia

Dans la pratique, deux cas de figure se présentent pour réaliser l'unité de calcul d'un SRAS, souvent liés au nombre de dispositifs d'affichage utilisés : utiliser un ordinateur seul ou un réseau d'ordinateurs. Si un seul ordinateur possède les performances CPU requises pour assurer le traitement des données dans son ensemble, alors il suffit parfois de rajouter des cartes graphiques, ce qui permet d'utiliser un seul ordinateur avec un grand nombre de périphériques d'affichage. Les paramètres intégrés des systèmes d'exploitation reconnaissent alors directement les autres écrans branchés à l'ordinateur. En nous basant sur nos tests réalisés pour les besoins des projets, les performances actuelles des ordinateurs portables puissants grand public (orientés jeux vidéo ou montage vidéo) limitent généralement une telle architecture à neuf projecteurs/moniteurs vidéo pour une qualité acceptable de compression vidéo, c'est-à-dire une configuration avec trois cartes graphiques externes à trois sorties, branchées sur les trois sorties d'une carte graphique performante récente. Si les performances CPU d'un seul ordinateur ne sont pas suffisantes, il est alors nécessaire de concevoir une architecture avec plusieurs ordinateurs synchronisés entre eux (architecture en parallèle). Avec ce type d'architecture, la lecture et le traitement du contenu multimédia total sont répartis entre les ordinateurs. La synchronisation est alors assurée au sein d'un EDI ou EL à l'aide de fonctions spécifiques. Touch Designer088 intègre par exemple de telles fonctions utilisant le protocole MIDI.

4.5.2 La réalisation des périphériques d'entrée-sortie

Il s'agit ici de déterminer le type de dispositifs d'affichage pour le SRAS (projecteur ou moniteur), la technologie associée (DLP, LED, etc.), les caractéristiques (résolution, puissance lumineuse, etc.) et les capteurs pour le contrôle et l'enregistrement de l'utilisateur dans l'espace. D'un point de vue pratique, il est important de vérifier que la longueur entre les actionneurs n'excède pas la limite donnée par les normes des protocoles et connectiques vidéo utilisés et que la bande passante est suffisante pour l'application de RA à réaliser. Un support à ces tâches est donné dans les annexes C, D, E, F et G.

Nous allons maintenant nous concentrer sur les tâches de réalisation du monde numérique pour de la cohérence spatio-temporelle des SRAS du secteur événementiel.

4.6 La réalisation de la cohérence temporelle pour la RAS

Il s'agit ici de déterminer un outil logiciel pour la réalisation du SRAS. Le choix d'un logiciel est principalement déterminé par les stratégies pour la mise en place de la cohérence temporelle et spatiale. Les stratégies pour assurer la cohérence spatiale de la RASP feront l'objet d'une analyse plus détaillée dans la section suivante. Concernant la cohérence temporelle, nous avons distingué trois catégories de besoins qui influencent largement le choix d'un EL pour un SRAS dans le secteur de la communication événementielle. Ces catégories sont :

- La programmation temporelle : Parfois, et particulièrement dans le domaine des arts de la scène, on désire seulement programmer l'alternance de différents visuels d'habillages préenregistrés au cours du temps, car ils servent à supporter une performance humaine et un opérateur assure la dimension temps réelle de l'augmentation de la réalité des spectateurs. Si les besoins le justifient, l'utilisation d'un serveur multimédia du secteur événementiel corporatif peut être envisagée. Ce secteur propose des solutions clé en main (logiciel et matériel) pour les projets d'envergure qui demandent des performances GPU et CPU élevés, et qui intègrent des modules d'aides à la fusion des bords et au recalage pour les affichages vidéo ainsi que le contrôle DMX. Une liste indicative ainsi qu'un lien internet vers un tableau de comparaison technique sont donnés dans l'annexe B1. Il est également possible d'utiliser un ordinateur classique et le transformer en serveur en lui installant seulement la partie logicielle. Dans les deux cas, l'interface de ces logiciels se concentre sur une vision ligne du temps ("time-line"). Les médias sont généralement contenus et classés au sein d'un même dossier. Enfin, ce type de logiciel permet d'associer des commandes MIDI, DMX ou OSC aux fonctionnalités (lecture, pause, sélection de clips, lancement d'effet vidéo préenregistré, etc.) afin d'utiliser des périphériques d'entrées conventionnels pour le contrôle par un administrateur. C'est cette approche qui a notamment été utilisée dans les projets 2, 4 et 6.

-La programmation combinatoire : Parfois, le paradigme applicatif du SRA consiste en un contrôle combinatoire de boucles de visuels d'habillages préenregistrés et non cohérentes entre elles sur l'aspect temporel. Dans ce cadre, nous préconisons l'utilisation d'un logiciel orienté "performance de Vidéo Jockey". Une liste indicative est également donnée à l'annexe B2. Ces logiciels intègrent des modules d'aide à la fusion des bords et au recalage. Ce type de logiciel permet également d'associer des commandes MIDI ou OSC aux fonctionnalités du logiciel

(lecture, pause, sélection de clips, lancement d'effet vidéo préenregistré, etc.). L'interface de ces logiciels se concentre cette fois sur une vision par dossier, organisé par thème d'habillages ("deck") et calques ("layers") avec des modalités avancées de fusions de calques vidéo. Les fichiers vidéo sont contenus et classés au sein de différents dossiers par thèmes et leur accès est structuré. C'est cette approche qui a notamment été utilisée dans les projets 3 et 5. Dans cette catégorie, les conventions de nommage sémantique des dossiers et fichiers sont très importantes, afin qu'un opérateur puisse retrouver facilement le visuel recherché en temps voulu.

-La programmation procédurale : s'il s'agit d'un comportement interactif plus complexe et destiné à des utilisateurs non experts, il est possible de programmer toute l'architecture du SRA, son comportement, l'interface visuelle pour les différents types d'utilisateurs et les prédéformations vidéo au sein d'un environnement de développement intégré (EDI). Dans ce type d'environnement de programmation, il est également possible de générer les visuels de façon procédurale. Comme nous l'avons illustré précédemment, la programmation au sein des EDI graphiques se fait à l'aide d'éléments ("blocs") ayant des fonctions propres, reliés entre eux. Cette approche permet une rapidité de prototypage intéressante et une plus grande flexibilité quant à l'intégration des dernières technologies. Ces EDI ont une communauté qui partage généralement leurs programmes autour de l'augmentation par projection vidéo. Une liste indicative de tels outils est également donnée à l'annexe B3. C'est cette approche qui a été utilisée dans les projets 1, 7 et 8. Le choix d'un outil dans cette catégorie est surtout associé aux bibliothèques de fonctions disponibles et aux procédures pour l'enregistrement en 3D supportées par l'environnement.

4.7 La réalisation de la cohérence spatiale pour la RASP

Nous avons pu observer dans la présentation des cas qu'il existait différents processus opérationnels pour assurer la mise en correspondance spatiale par projection vidéo. Le choix du processus dépend surtout de la connaissance du monde lors de la conception et réalisation du contenu d'augmentation. La difficulté de la conception des SRASP, par rapport aux SRAS, est dans la gestion de l'enregistrement 3D du contenu virtuel, les étapes de mise en correspondance spatiale pouvant avoir lieu au sein du monde physique ou numérique. Certains processus nécessitent l'utilisation de technologies spécifiques et un flux de restitution plus complexe, mais permettent d'offrir une souplesse pour la calibration parfois indispensable en situation réelle.

Aussi, cela dépend beaucoup du contenu visuel de l'augmentation, sa fonction et de la géométrie de la surface de projection. Il s'agira le plus souvent de concevoir un processus mixte à partir des quatre processus génériques détaillés dans la suite. Cependant, avant de les comparer, nous allons présenter les variables appréhendées durant la R-A qui, selon nous, influencent le choix ou la conception du processus, et que nous avons retenues pour les indexer et formuler des recommandations concernant leurs utilisations contextuelles.

4.7.1 Le type de mise en correspondance entre l'augmentation et son support

De façon générale, pour être en mesure de créer du contenu intégrant une cohérence spatiale avec le support pour la perception d'un utilisateur placé dans un environnement de RM, on désire se retrouver dans une des deux, ou les deux, configurations suivantes :

Mise en correspondance orthogonale aux éléments de surface : Il s'agit de la mise en correspondance préconisée pour changer l'apparence d'un objet en changeant sa texture virtuelle.

Mise en correspondance orthoprojetée sur la surface : Il s'agit de la mise en correspondance préconisée pour transformer le "volume" d'un objet tridimensionnel utilisé comme surface de projection afin de l'utiliser comme "écran plan". Cette configuration implique cependant de prendre en compte le point de vue de l'utilisateur dans la création du contenu pour le respect perspectiviste et les prédéformations associées à la projection du plan de l'image sur le volume.

4.7.2 Le type d'habillage d'augmentation

Habillage 2D (graphique) : Nous parlerons d'habillage 2D lorsque le contenu vidéo de l'augmentation est créé dans un logiciel d'édition et de composition vidéo puis habillé sur un volume dans le monde réel. La mise en correspondance se fait par observation directe et prédéformations itératives jusqu'à la cohérence spatiale recherchée. Ce type d'habillage vise généralement à modifier la texture de l'objet avec une mise en correspondance orthogonale aux surfaces. Ces processus n'utilisent pas de réplique virtuelle de la surface à augmenter.

Habillage 3D (volumique) : Nous parlerons d'habillage 3D lorsque la création du contenu de l'augmentation se fait dans un logiciel de modélisation et animation 3D. Ces processus requièrent de travailler avec une réplique virtuelle 3D de la surface de projection pour créer les visuels d'augmentation. Pour obtenir cette réplique, il est possible de faire une numérisation 3D de la

surface de projection ou encore de s'assurer par la métrologie que la modélisation de la réplique est aux bonnes dimensions. Selon le type d'augmentation vidéo recherché, une mise en correspondance de type orthoprojetée ou orthogonale aux surfaces est réalisée sur la réplique virtuelle de la surface de projection au sein d'un logiciel de modélisation et d'animation 3D. Ces logiciels ont des modules destinés à faciliter cette tâche, voire à la rendre automatique. Ces textures sont alors éditées au sein d'un logiciel photo, ou vidéo s'il s'agit de texture animée. La mise en correspondance ne se fait ainsi plus par observation directe dans le monde physique, mais virtuellement. Ces habillages visent généralement à provoquer des illusions de transformation de la géométrie de l'objet augmenté. Cependant, avoir recours à un espace virtuel 3D pour la création de contenu d'un environnement de RM soulève d'autres considérations que nous relevons ci-après. Les images explicatives d'illustration sont tirées d'une documentation associée au "Projector Node" de VVVV, référencé en annexe B.

De façon générale, le seul moyen d'obtenir un habillage 3D spatialement cohérent sur un objet volumique consiste à envoyer une image au projecteur représentant la vue qu'aurait ce projecteur dans la scène virtuelle. En d'autres termes, il s'agit de considérer le projecteur comme étant une caméra dans l'espace virtuel, regardant une réplique virtuelle de la surface de projection cible. Ce principe est illustré sur les images de la figure 4-3.



Figure 4-3 : Illustration d'un habillage en 3D (source : VVVV.com)

Aussi, l'utilisation de contenu perspectiviste projeté sur une surface volumique quelconque implique de prendre en considération le point de vue du spectateur vis-à-vis de la perspective du contenu vidéo de l'augmentation. Cette remarque implique en théorie que toute vidéo intégrant du contenu avec une perspective doit être vue depuis un point précis dans l'espace pour que l'illusion perspectiviste fonctionne. Si par exemple des effets d'extrusion sont utilisés sur le

modèle 3D, ils ne provoqueront l'illusion que depuis le point de vue du projecteur. Cette remarque est illustrée sur les deux images de la figure 4-4.

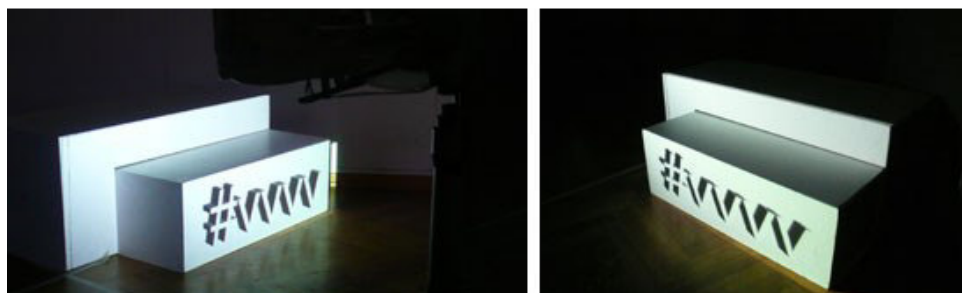


Figure 4-4 : Illustration de la seconde passe de rendu projective (source : VVVV.com)

Dans la pratique, on désire souvent que la position de l'utilisateur final/public soit différente de celle du projecteur, et/ou avoir plusieurs projecteurs partageant la même perspective virtuelle. Cela implique de rajouter une passe de rendu au processus de restitution de l'augmentation vidéo : la première passe fait le rendu de la scène du point de vue du public, afin de donner la bonne perspective aux effets de transformation de la géométrie. La seconde passe fait alors le rendu de la scène virtuelle du point de vue des projecteurs réels tandis que le résultat de la première passe est projeté sur le modèle 3D par un projecteur virtuel depuis l'emplacement de la première caméra, c.-à-d. la vue du public. Il s'agit ici du problème rencontré dans le projet 4.

4.7.3 L'influence des déformations projectives

C'est principalement la géométrie de la surface de projection qui influence le choix du logiciel et la stratégie à adopter pour l'enregistrement en 3D. Certains logiciels intègrent des modules destinés à faciliter certains types de prédéformations et paradigmes applicatifs de SRAS, comme par exemple les dômes immersifs ou les CAVE ("Cave Automatic Virtual Environnement"). On peut observer sur la figure 4-5 une classification des géométries de surfaces que l'on peut rencontrer en situation d'augmentation et le type de déformations projectives qu'elles imposent. Nous nous servirons de cette classification pour faire des recommandations dans la partie suivante.

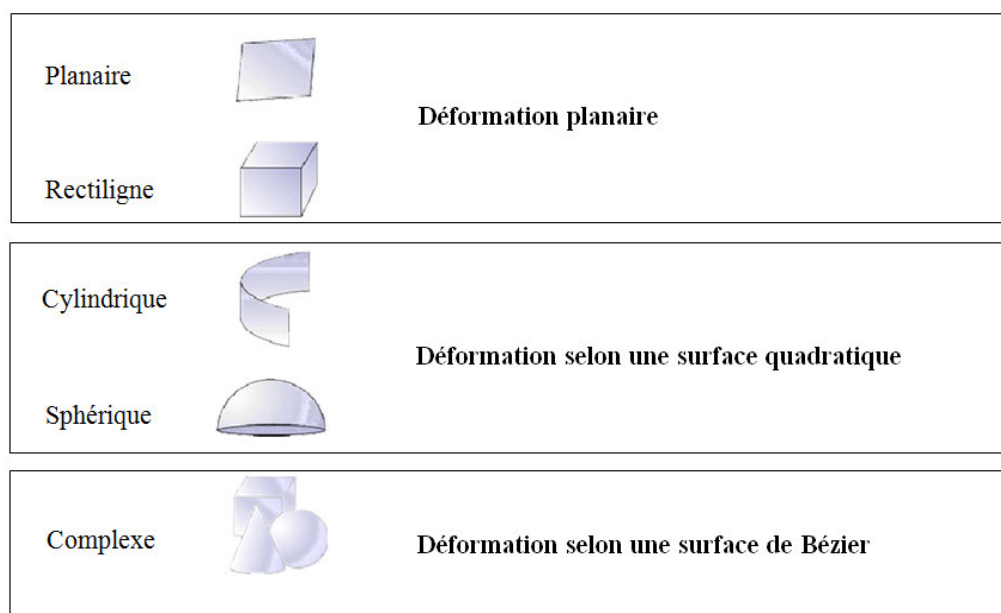


Figure 4-5 : Classifications des géométries de surface et prédéformation projective associées

4.7.4 L'intégration des prédéformations projectives dans les visuels

Dans les SARS réalisés, le visuel d'augmentation était généralement préenregistré puis lu par un lecteur interactif. Il est important de réaliser que si la prédéformation du flux vidéo pour la mise en correspondance spatiale est réalisée au moment de la création, cela implique que les outils de prédéformation seront ceux de l'environnement dans lequel a été créé le contenu. On parlera dans ce cadre de processus prérendu. Si les prédéformations sont appliquées durant le processus de restitution du contenu, les outils de mise en correspondance disponible seront ceux de la partie logicielle du serveur multimédia ou du projecteur. L'augmentation numérique requiert dans ce cas une technologie spécifique et la projection est alors une visualisation en temps réel d'une vidéo préenregistrée appliquée sur une surface déformable. On parlera dans ce cadre de processus temps réel.

Ces variables d'indexation présentées, nous allons faire l'analyse comparative de différents processus permettant d'assurer l'enregistrement en 3D entre l'environnement, le visuel d'augmentation et l'utilisateur dans un SRASP.

4.8 Analyse comparative de processus opérationnels pour la RASP

Ce qui est analysé dans cette section est l'intégration de l'étape de la mise en correspondance spatiale dans le processus de réalisation et restitution du visuel d'augmentation par projection. Cette étape est en rouge sur les diagrammes présentés ci-après. Cette analyse nous permettra d'explicitier les problèmes pratiques associés à la création plane de visuels destinés à être diffusés spatialement et le problème de la connaissance du monde pour la RASP.

4.8.1 Augmentation avec de l'habillage graphique (2D)

4.8.1.1 Le processus d'augmentation 2D prérendu

Ce processus est présenté à la figure 4-6.

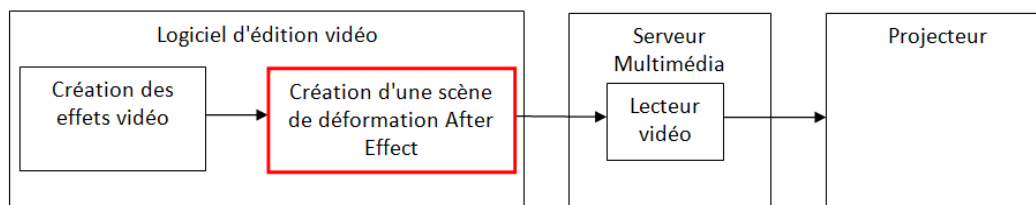


Figure 4-6 : Processus d'augmentation 2D prérendu

Avec ce processus, la mise en correspondance se fait au sein du logiciel d'édition vidéo lors de la création. Les outils d'éditeurs vidéo tels qu'*After Effect* ne permettent de réaliser facilement que des prédéformations planes et quadratiques. L'expertise requise est ici une connaissance du logiciel d'édition vidéo, car cette approche n'utilise pas de technologie particulière. Un ordinateur capable de lire une vidéo en plein écran peut ensuite être utilisé, ce qui permet généralement de minimiser les coûts techniques du projet. Cependant, ce processus prérendu nécessite un accès à l'environnement à augmenter avant le début de la création du visuel d'habillage pour établir une image de référence et surtout la certitude que le projecteur et la surface de projection resteront dans une configuration identique. Il s'agit du processus le moins polyvalent pour la calibration et le contenu sera inutilisable autrement puisque les prédéformations associées à la projection sont intégrées au fichier vidéo. Cependant, il est simple pour les artistes de comprendre comment créer leur contenu pour sa diffusion spatiale, car l'image de référence est dans ce cas la vue du projecteur de la scène réelle. C'est cette approche qui a été utilisée pour le projet 2, dont la documentation illustre la mise en œuvre.

4.8.1.2 Le processus d'augmentation 2D temps réel

Ce processus est présenté à la figure 4-7.

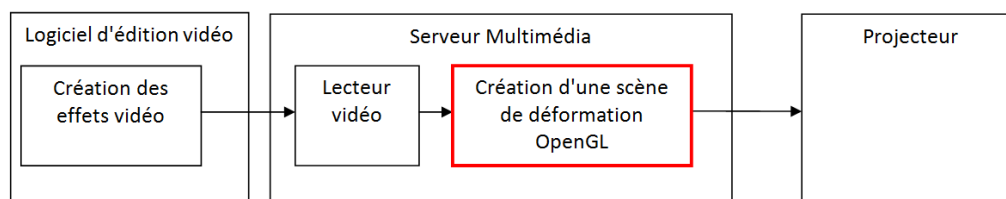


Figure 4-7 : Processus d'augmentation 2D temps réel

Dans ce processus, la mise en correspondance se fait également de façon visuelle, en comparant image projetée et projection au moment de la calibration. Cependant, cette prédéformation est générée en temps réel par le GPU alors que le fichier vidéo a été créé à plat comme dans le projet 4. D'un point de vue pratique et logistique, l'avantage de cette technique par rapport à la précédente est que les prédéformations liées à la projection ne sont plus dans le fichier vidéo lui-même. Cela permet de créer des visuels pour une installation où la position relative des projecteurs par rapport à la surface de projections peut changer légèrement, comme c'est souvent le cas dans la communication événementielle où la connaissance du monde est très faible. Cependant cela implique que les artistes doivent comprendre comment créer leur contenu "à plat" pour son intégration future en trois dimensions. La création d'une image de référence intuitive est alors essentielle. Des outils de déformations intégrés aux logiciels tels que *Resolume* ou *Madmapper* permettent de réaliser facilement des prédéformations planes, quadratiques et selon une surface de Bézier afin d'assurer cette mise en correspondance lors de l'étape de la calibration. Nous allons examiner les processus pour de l'habillage volumique, nécessaires pour les effets de transformation de la géométrie des objets, illusion d'optique souvent utilisé dans le secteur événementiel.

4.8.2 Augmentation avec de l'habillage volumique (3D)

4.8.2.1 Le processus d'augmentation 3D vidéo prérendu

Ce processus est représenté à la figure 4-8.

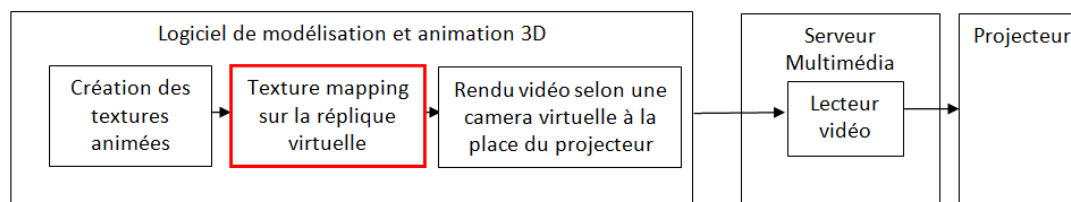


Figure 4-8 : Processus d'augmentation 3D prérendu

Comme pour le processus 2D prérendu, la cohérence spatiale de l'augmentation vidéo repose ici sur une expertise de création, mais cette fois au sein d'un logiciel de modélisation et d'animation 3D. Comme ces logiciels ont des modules d'aide à l'application de texture virtuelle, les méthodes 3D peuvent s'utiliser avec toutes les géométries de surface de projections et sont particulièrement adaptées aux géométries complexes. Cependant, bien que ce processus fonctionne en théorie, dans la pratique, il est difficile de faire correspondre les scènes virtuelle et réelle, car les distances et angles entre les objets sont mesurables avec une certaine incertitude. Faire une calibration dans un monde tridimensionnel revient à trouver la matrice de transformation associée selon les 3 degrés de liberté. Les projecteurs vidéo étant généralement lourds et encombrants, une position et un réglage précis selon les six axes de liberté nous apparaissent très complexes à mettre en œuvre. Aussi, imposer une position spécifique des projecteurs est incompatible avec la réalité logistique et technique d'un cas d'augmentation dans le secteur événementiel. Si au moment de placer les projecteurs et de calibrer l'installation, on se rend compte que l'on ne peut pas positionner un projecteur physique à la position de la caméra de rendu dans la scène virtuelle, on ne pourra pas corriger ce problème avec un module de déformation temps réel 2D, car faire une translation dans le monde réel d'un rendu vidéo filmé par une caméra virtuelle à une position donnée n'est pas équivalent à faire une translation de la caméra virtuelle dans la scène virtuelle. Dans la pratique, cette technique de type 3D prérendu est ainsi quasi impossible à mettre en œuvre s'il ne s'agit pas d'une installation fixe où la création de la scène virtuelle de référence a été établie par observation directe, ou d'un objet majoritairement plan, comme dans les projets 2 et 6.

4.8.2.2 Le processus d'augmentation vidéo 3D temps réel

Ce processus est représenté la figure 4-9.

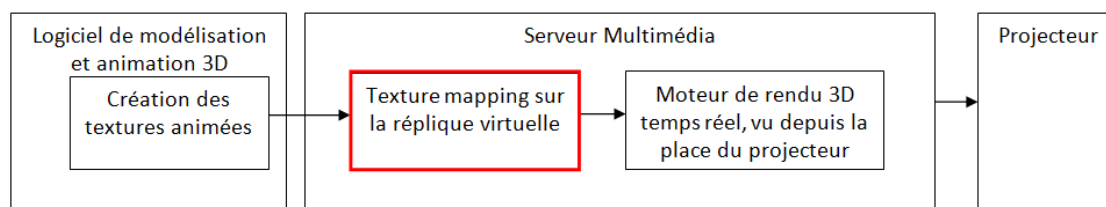


Figure 4-9 : Processus d'augmentation 3D temps réel

Avec ce processus, la création du contenu se fait toujours au sein d'un logiciel de modélisation et animation 3D, mais cette fois la vidéo envoyée au projecteur est générée en temps réel grâce à un moteur de rendu 3D temps réel intégré au serveur multimédia. Cela permet notamment de faire la seconde passe du rendu introduite précédemment, nécessaire au respect perspectiviste dans le cas d'un système de multiprojection avec une configuration orthoprojetée. C'est l'approche la plus polyvalente dans le sens où les prédéformations n'ont pas été figées par une étape de rendu vidéo, si ce n'est sous forme d'une texture animée, habillée sur la réplique virtuelle de l'objet à augmenter. C'est donc cette approche qu'il faut utiliser pour l'habillage 2D ou 3D lorsqu'on souhaite s'affranchir des limites pratiques soulevées dans les autres processus vis-à-vis de la connaissance du monde. Pour assurer la correspondance entre la caméra virtuelle et le projecteur réel à l'étape de la calibration sur le site de l'augmentation, il y a alors quatre procédures de calibration envisageables contextuellement :

- **Procédure automatique par vision assistée par ordinateur** : si l'environnement lumineux est contrôlable alors un système par boucle optique est envisageable. Cette procédure est généralement utilisée pour les dômes immersifs et des outils intégrés sur les solutions clé en main du secteur événementiel peuvent aider. Cela permet de réaliser automatiquement le recalage et la fusion des bords dans le cas d'un système de multiprojection. Enfin, cela permet aussi de limiter les artéfacts visuels générés par des projecteurs ayant des puissances lumineuses (luminance) et des spectres de couleurs (chrominance) différents.

- **Procédure automatique avec capteurs photosensibles** : si la surface de projection permet l'implantation de capteurs, alors la méthode de calibration automatique initialement développée par Lee en 2005 est envisageable (cf. Lee, 2005). La procédure consiste à projeter des motifs de

lumière structurée afin de déterminer la position des capteurs dans l'espace et effectuer la mise en correspondance caméra virtuelle/projecteur de façon automatique. Cette méthode implique que la réplique virtuelle soit une copie parfaite de la géométrie réelle, mais le processus est très rapide et permet à la projection de rester calibrée sur une surface en mouvement.

- **Procédure semi-automatique de mise en correspondance des sommets** : si la surface ne permet pas d'intégrer des capteurs alors il est possible d'utiliser la méthode implémentée initialement dans *Mapamok* par MacDonald en 2011 (voir annexe B). Elle est basée sur un algorithme permettant de trouver les inconnues de la matrice de correspondance entre le projecteur et la caméra virtuelle. La procédure consiste à sélectionner six points sur le modèle virtuel, et avec le pointeur de la souris visible sur la surface de projection, donner la position de ces six points sur la surface de projection réelle. L'algorithme effectue alors automatiquement la calibration de la projection sur sa surface. Cette méthode implique également que la réplique virtuelle soit une copie parfaite de la géométrie réelle.

- **Procédure manuelle de mise en correspondance des sommets** : si la surface et sa réplique virtuelle ne sont pas exactement identiques, il existe une autre méthode qui permet de faire des ajustements. Il s'agit de la méthode développée initialement dans *Mesh Warp Server* par Frolich en 2010 (voir annexe B). La procédure consiste à importer la réplique virtuelle de la surface de projection, à faire correspondre le plus possible la position de la caméra virtuelle avec celle du projecteur réel, puis à déplacer en temps réel les sommets de la réplique virtuelle de la surface de projection pour faire les ajustements afin de les faire correspondre avec la géométrie de la surface de projection réelle.

Depuis septembre 2013, ces deux dernières procédures de calibration sont disponibles dans des outils libres dédiés à la RASP de Touch Designer⁸⁸, sous les dénominations respectives de CamShnaps, Vertpusher indexés en annexe B. Cet EDI nous apparaît comme un excellent outil logiciel libre pour le développement d'applications complexes de RAS et RASP et est utilisé par de nombreuses agences chef de file en expériences immersives et projection illusionniste (Moment Factory, Digital Obscura, VsquareLab, etc). Si nous devions aujourd'hui refaire seul tous les SRASP de ce mémoire sans contraintes de temps, c'est probablement cet EDI et les outils associés présentés en annexe B que nous utiliserions, et le processus 3D temps réel proposé initialement avec *Mesh Warp Server*.

4.9 Synthèse du chapitre et de l'étude empirique

À travers ce chapitre, nous avons synthétisé nos observations sur ce qui est nécessaire au bon déroulement d'un projet de développement de SRAS vis-à-vis des professionnels à qui faire appel, les stratégies et outils informatiques utilisables contextuellement pour assurer la cohérence spatio-temporelle, les défis pratiques généralisables qui se posent, et comment relever la plupart de ces derniers de façon systématique. La dernière partie du chapitre portait spécifiquement sur le problème de la connaissance du monde soulevé dans la revue de littérature, dont nous avons donné ci-avant les informations essentielles nécessaires pour être capable de le prévoir et le surmonter pour l'utilisation de la RASP en environnement non contrôlé, tout en donnant le processus opérationnel associé. Il ne s'agit pas d'un patron de conception en tant que tel, à cause de son mode de présentation, mais cette indexation des processus et analyse d'utilisation contextuelles n'aurait pu émerger autrement qu'avec l'itération de la conception des SRASP.

Par restriction de l'étude, nous n'avons pas traité la modalité sensorielle de l'ouïe dans ce mémoire, bien qu'elle ait également été au cœur de la conception des SRAS réalisés. En effet, il s'agissait toujours d'offrir l'expérience immersive la plus complète possible, et qu'il s'agisse de la RA ou RV, la spatialisation du son est un facteur très important pour l'immersion de l'utilisateur. Il existe également de nombreuses stratégies pour assurer la cohérence spatiale d'une source sonore en lien avec les stimuli visuels associés. Le son, de par sa nature ondulatoire, à de nombreuses analogies avec la lumière vis-à-vis des stratégies pour la RA et terminologie de ses effecteurs (projection directe, indirecte, simulée, holophonie, etc.). Le lecteur intéressé trouvera une présentation *Prezi* que nous avons réalisée durant notre maîtrise sur cette dimension au lien suivant : http://prezi.com/c1qlgkarb0_x/spatialisation-sonore/. Elle synthétise les processus utilisables contextuellement pour être capable de créer un environnement sonore virtuel spatialement cohérent avec un environnement de réalité mixte, à travers un arbre des possibles en fonction des modalités de la captation/création du son et des actionneurs utilisés pour sa diffusion.

CHAPITRE 5 CONCLUSION

Dans ce dernier chapitre, nous faisons une synthèse de ce projet de recherche et ses principaux résultats et contributions. Enfin nous concluons ce mémoire en présentant quelques perspectives d'avenir concernant la RASP et les applications industrielles de la RA.

5.1 Synthèse, contributions et limites de la recherche

Le but de ce projet était de répondre aux questions suivantes : dans le cadre d'une communication événementielle nécessitant la conception d'un SRAS, quelles sont les tâches à faire, quelle est la démarche à suivre, à quels types de spécialistes faut-il faire appel, quels sont les outils informatiques à utiliser, et quels défis pratiques se posent?

Dans un premier temps, nous nous sommes mis en situation pratique afin de comprendre les défis réels des équipes de développement et la dimension généralisable de la conception d'un SRAS en agence de communication. À travers le développement itératif des SRAS, nous avons été confrontés à beaucoup de problèmes, et ce, pour tous les types d'acteurs (DA, DT, R). Le fait d'avoir réalisé les tâches de ces différents professionnels nous a grandement aidés dans la recherche de solutions et permis d'avoir une vue d'ensemble sur l'activité de conception d'expériences immersives du secteur événementiel. Nous avons présenté les huit SRAS réalisés durant la R-A pour documenter comment les défis de la cohérence spatio-temporelle peuvent être résolus spécifiquement en fonction du paradigme applicatif et offrir la possibilité de réutiliser ces solutions éprouvées par la pratique. Nous espérons que cela permettra également aux concepteurs d'appréhender les fonctions d'usages et d'estime essentielles de ces produits émergents et qu'ils pourront s'en servir comme support pour développer de nouvelles formes, par association technologique lors de la phase de création. Nous avons aussi explicité les raisons de certains choix de conception non triviaux, tout en donnant des recommandations concernant les outils logiciels et les processus opérationnels à utiliser contextuellement. La formulation de la démarche, comme outil méthodique pour attaquer un problème de conception, visait à aider à la création de nouvelles formes de SRAS, en structurant autant que possible les tâches récurrentes, leurs buts et défis spécifiques. Enfin, nous avons documenté plus en détails certains des choix généralisables à faire en situation de conception réelle de SRAS dans les annexes.

Au niveau organisationnel, ce projet a permis de réaliser un processus incrémental de gestion de la connaissance. La réutilisation des processus opérationnels et des solutions développées s'est produite dans trois projets au minimum, ce qui nous a permis de confirmer que le cycle observation/conceptualisation/capture/capitalisation était possible pour l'utilisation de la projection illusionniste en agence de communication même si les mandats et SRAS sont à première vue très différents les uns des autres.

Aussi, ce projet a été financé par un fond de recherche pour soutenir et développer l'innovation dans l'industrie au Québec, et au vu des projets réalisés et de notre implication directe comme acteur, nous pensons avoir rempli les objectifs attendus par l'organisme de financement concernant le développement organisationnel et technologique.

Dans un cadre plus large que celui de l'organisation partenaire, l'utilité réelle de la documentation sur les cas étudiés et de la démarche en tant que support à l'activité de conception de SRAS n'a pas pu être évaluée pour des raisons de temps et de ressources. Cette évaluation pourrait cependant consister en un autre projet de recherche, de même que l'étude de nouveaux cas.

Afin de diminuer les biais pouvant être causés par notre participation en tant qu'acteur de la conception, nous avons appliqué le principe de "conscience de sa participation" souvent utilisé en enquête de terrain et R-A lors de la rédaction. Il y a deux risques découlant du fait de faire partie des acteurs et d'utiliser le principe de "conscience de sa participation" que nous devons soulever. Le premier risque vient du fait qu'à trop vouloir être conscient de sa participation, le chercheur bascule dans un rejet de sa propre expertise, ce qui aurait comme résultat de mettre l'objet à distance afin de le voir de l'extérieur et non comme un acteur du système à étudier. Or dans cette recherche, l'objet d'étude était la conception plus que l'objet conçu. L'autre risque est le manque d'objectivité, dans le cas où le chercheur ne prendrait pas conscience de sa participation, l'amenant ainsi à ne voir qu'un point de vue, donc à avoir une sorte de "parti pris" vis-à-vis de son objet d'étude. De l'autre côté, nous pensons que le fait d'avoir été chercheur et acteur nous a permis de contourner la problématique des chercheurs externes qui sont des étrangers observant des étrangers pour en rendre compte à d'autres étrangers (Coulon, 1992).

Nous nous sommes ainsi efforcés d'expliquer et de documenter ce qui nous apparaît comme les principaux obstacles réels et pratiques de l'usage de la RAS dans les NTIC et ce qui différencie un SRAS d'un site web pour le développement.

Vis à vis des stratégies pour assurer la mise en correspondance spatio-temporelle, les projets étudiés ont été documentés et éprouvés en situation réelle par la pratique, ce qui donnent des résultats scientifiques tangibles et réutilisables par d'autres chercheurs et professionnels. Il est toutefois important de garder à l'esprit que les conceptions sont le reflet de leurs concepteurs, de leurs expériences empiriques et visent à remplir des objectifs spécifiques.

Au niveau de la méthode de développement en général, cette recherche ne s'appuie que sur une seule entreprise et huit cas pratiques. Le niveau d'abstraction retenu provient du fait qu'il s'agira pour les concepteurs de s'adapter aux variables de leurs problèmes de conception pour un mandat donné. L'objectif était ici de guider au moyen d'une démarche plutôt que de donner une méthode rigide, afin de permettre la créativité nécessaire à l'activité de conception d'expériences immersives de RM. Enfin, c'est l'évaluation qualitative, et donc subjective, des processus opérationnels mis en œuvre et des solutions techniques employées qui a permis l'indexation des processus et la formulation des recommandations d'usages contextuels. L'objectif était ici d'explicitier différentes approches et leurs limites pratiques, afin que d'autres n'aient pas à les découvrir en situation critique de développement.

Ce qui est important est que cette recherche nous a permis d'établir qu'il existait désormais des outils logiciels intuitifs et ergonomiques (voir annexe B) et des processus opérationnels utilisables pour toutes les situations contextuelles auxquelles nous pouvons penser (présentés et indexés dans ce mémoire). La RASP ayant ainsi atteint une certaine maturité technologique, nous espérons que cette analyse technique et opérationnelle et la documentation des cas permettront au médium de se développer davantage dans les NTIC.

5.2 Perspectives sur les applications de la RASP et la RA

Depuis le début de cette recherche, la projection illusionniste s'est beaucoup développée tant dans l'industrie événementielle que dans la recherche académique. Au moment du choix du sujet, la nomenclature n'était pas bien établie alors que la RAS est maintenant devenue un "buzz word". Pour se différencier, certaines agences de communication commencent même à parler de "4D projection mapping" plutôt que "3D projection mapping". Ces termes se recoupent toutefois sur la définition donnée au début du mémoire et décrivent les SRASP et leurs possibilités de provoquer un dialogue avec des objets normalement inertes grâce à l'usage de projections vidéo.

Nous avons également observé que d'autres ressources supports pour aider les concepteurs ont commencé à se développer durant notre recherche. Le site "projection-mapping.org", tenu par des étudiants au doctorat de l'université d'Illinois travaillant en étroite relation avec *Microsoft*, *Walt Disney Imagineering* et *Adobe*, a par exemple commencé à rassembler la littérature émergente sur le sujet. Ce site est la preuve qu'il existe un intérêt croissant des chercheurs envers la projection illusionniste et qu'il y a une volonté de rendre accessible la connaissance technique qui lui est associée afin de démocratiser son usage.

Nous pensons que le concept de la RASP a beaucoup à offrir à l'humain de façon générale. Prendre en compte l'utilisateur humain est au cœur des préoccupations des designers industriels et des ergonomes. Or l'utilisation de l'augmentation par projection vidéo permet de donner forme au concept d'interface visuelle pour les fonctions d'usages, tout en agissant sur les émotions de l'utilisateur/observateur en intégrant des propriétés hédoniques, sans même de support, car il s'agit seulement de lumière "intelligente". Outre son rôle en tant qu'agent médiateur pour de l'aide à la décision, l'usage des projections vidéo permet d'offrir la quatrième dimension, le temps, à la conception tridimensionnelle d'un objet ou d'un espace. Il reste à en imaginer les usages, qu'ils soient pour de l'événementiel ou non. Appliquer les possibilités d'intelligence du monde numérique au monde physique est une perspective de marché incroyable, d'autant plus que l'heure actuelle est aux produits "intelligents". Cependant, cela soulève des questions éthiques : pour qualifier un produit d'"intelligent", il faut que ce dernier puisse accomplir une tâche qui jusqu'alors était la responsabilité de l'Homme (Rijsdijk, 2009). C'est donc un transfert de responsabilité de l'humain vers la machine. Plus important encore, ce changement de responsabilité se transfère également sur le concepteur du produit numérique : si le produit doit accomplir une tâche dite "intelligente" et qu'il y a défaut, c'est maintenant le fabricant qui est imputable et non l'humain. C'est un changement de paradigme immense dans la conception de produit, dont les designers numériques devront prendre conscience afin de se responsabiliser pour la conception de produits de RASP pour la domotique. Enfin, *Photoshop* et *Instagram* incarnent aujourd'hui pour beaucoup la possibilité "d'améliorer la réalité pour tromper" à partir d'une représentation 2D de cette réalité physique. La RASP peut être vue comme l'extension 3D, et cette fois sur le monde physique directement. Cela peut être pour le meilleur ou le pire, et dépend des intentions des acteurs-concepteurs de cette retouche (spam, sécurité, expérience utilisateur, etc.). Dans les cas étudiés, l'objectif principal était de rendre le monde physique plus ludique et

de susciter l'émerveillement. Cependant, il n'y a pas plus grand pouvoir que celui de modifier la perception de la réalité d'autrui. Le contrôle des médias et de l'hypermédia est aujourd'hui au cœur des préoccupations sociétales et la RAS est la continuation de ce paradigme de médiation en dehors des ordinateurs. Nous espérons ainsi que les résultats pratiques de ce mémoire seront utilisés à bon escient par les concepteurs pour le développement de nouveaux systèmes destinés à modifier la perception d'autrui du monde (cf. villes augmentées).

La RA annonce ainsi la fin de la rupture entre le monde physique et le monde numérique et offre aux concepteurs la possibilité de faire de la "conception mixte" de produits, qu'il s'agisse d'espaces ou d'objets. Depuis quelques années, la production des biens matériels a été délocalisée, les pays industrialisés se concentrant désormais sur les services à haute valeur ajoutée. Or la "conception mixte" de produit nous semble être un marché émergent dont le contour peut être difficilement appréhendé en terme de valeur potentielle et sera un moteur économique important de cette convergence numérique. Qu'il s'agisse de "B2B" ("Buisness to Buisness") ou du "B2C" ("Buisness to Consumer"), ce marché émergent suit les mêmes règles que pour les sites web et produits applicatifs : c'est une question de créativité et de valeur du service de médiation offert par la technologie.

Bien que les applications de RA sur PDA soient déjà déployées et en pleine croissance, les géants de l'informatique tels que *Sony* (cf. *Morpheus*), *Facebook* (cf. *Oculus Rift*) et *Google* (cf. *Google Glass*) font actuellement de gros efforts de R&D et marketing pour l'adoption massive de la RA et RV par le grand public à travers le port de lunettes. Cela laisse envisager le développement d'une nouvelle ère post "site web et page-écran" à grande échelle dans l'industrie interactive des produits numériques d'ici deux à cinq ans. Il sera alors intéressant d'observer si c'est la commande vocale, gestuelle ou directement cérébrale, qui va s'imposer comme modalité d'interaction naturelle avec l'information numérique. Cette information et cette intelligence sont dans tous les cas vouées à devenir littéralement spatiale, ubiquitaire et multicouche pour ceux qui la percevront, une sorte de "web de partout en dimension infinie", et dont l'immersion finale atteinte avec la convergence technologique promet de bouleverser en profondeur nos modes de vie.

RÉFÉRENCES

- Abel, J. (2012). Le retour à la matière, présentation sous licence GNU/GPL, tiré de <http://jeromeabel.net/fr/ressources/retour-a-la-matiere>, consulté le 11 juin 2014.
- Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M. (1977). *A Pattern Language : Towns, Buildings, Construction*: Oxford University Press.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S.; MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*, IEEE , 21, 6, pp. 34-47.
- Bandyopadhyay, D., Raskar R., Fuchs, H. (2001). Dynamic Shader Lamps: Painting on movable objects. *Augmented Reality. Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, New York, NY, pp. 207-216.
- Baskerville, R., Travis, J., Truex, D. (1992). Systems Without Method: The Impact of New Technologies on Information Systems Development Projects. In *The Impact of Computer Supported Technologies on Information Systems Development*. Kendall K., Lyytinen K., DeGross J. (eds). IFIP Transactions A8, North-Holland, pp. 241-269.
- Baskerville, R., Wood-Harper, T. (1996). A critical perspective on action research as a method for information systems research. *Journal of Information Technology*, 11, 3, pp. 235-246
- Bishop, G., Welch, G. (2000). Working in the Office of 'Real Soon Now'. July/August, pp. 76-78.
- Bimber, O., Coriand, F., Kleppe, A., Bruns, E., Zollmann, S., Langlotz, T. (2005). Superimposing Pictorial Artwork with Projected Imagery. *IEEE Multimedia*, 12, 1, pp. 16-26.
- Bimber, O., Raskar, R. (2005). Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds. Peters A.-K (Ed.).
- Bimber, O. (2006). Emerging Technologies of Augmented Reality: Interfaces & Design. Chapter 4, Projector-Based Augmentation. Haller, M., Thomas B., Billinghurst M., (Eds.), pp. 64-90.
- Bimber, O., Yang, X. (2009). Handbook of Multimedia for Digital Entertainment and Arts, Chapter 21, Projector-Camera Systems in Entertainment and Art, Furht B. (Ed.), pp. 471-496.
- Bourke, P. (2005). Using a spherical mirror for projection into immersive environments. *Graphite (ACM Siggraph)*, Dunedin, Nov/Dec.

- Bourke, P. (2008). Low Cost projection Environment for Immersive Gaming. *Journal of Multimedia*, 3, 1, pp. 41-46.
- Brangier, E., Barcenilla, J. (2003). Concevoir un produit facile à utiliser : adapter les technologies à l'homme. Paris : Éditions d'Organisation.
- Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkämper, M., Yuan, C., Novotny, T., Schieck, A.F., Mottram, C., Strothmann, A. (2004). A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, 1, 1, pp. 1-10.
- Chouiten, M. (2013). Architecture distribuée dédiée aux applications de réalité augmentée mobile, Thèse de doctorat. Université d'Evry Val d'Essone, France.
- Checkland, P. (1991). From framework through experience to learning: the essential nature of action research. In Nissen H-E., Klein H.-K., Hirschheim R. (Eds.). *Information systems research: contemporary approaches and emergent traditions*. Elsevier Science Publishers B.V, North-Holland, pp. 397-403.
- Coux, S. (2012). L'ergonome co-concepteur : quelle contribution à l'analyse des besoins à la conception de systèmes informatiques industriels? Doctorat du Conservatoire National des Arts et Métiers (spécialité Ergonomie). Paris, France.
- Davenport, T.-H. (1995). Some Principles of Knowledge Management. *Business and Strategy*, September, pp. 34-41.
- Fuchs, P, Hugues, O, Nannipieri, O. (2010). Proposition d'une Taxonomie Fonctionnelle des Environnements de Réalité Augmentée. In AFRV2010. Cinquième Journée de l'Association Française de Réalité Virtuelle et de l'Interaction 3D, Orsay, France.
- Gaggioli, A., Bassi, M., DelleFave, A. (2003). Quality of Experience in Virtual Environments Chapter 8, Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments, Ios Press (Ed.), Amsterdam, The Netherlands.
- Galliers, R.-D. (1992). Choosing Information Systems Research Approaches. *Information Systems Research: Issues, Methods and Practical Guidelines*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 144-162.

Guerlesquin, G., Sagot, J.-C. (2009). L'innovation par une meilleure intégration de l'ergonomie et du design dans la conception de produit. Actes du colloque CONFERE'09, Marrakech ,Maroc, 2-3 juillet 2009. Tiré de : http://design-ergo.overblog.com/pages/1_CONFERE09_Linnovation_par_une_meilleure_integration_de_lergonomie_et_du_design_dans_la_conception_de_produits-2469050.html. Consulté le 9 mai 2014.

Halin, G. (2005). Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation, Volume 12. Tiré de http://sticef.univ-lemans.fr/num/vol2005/halin-02/sticef_2005_halin_02.htm. Consulté le 27 juillet 2014.

Hassenzahl M., Eckoldt K., Diefenbach S., Laschke M., Lenz E., Kim J. (2013). Designing Moments of Meaning and Pleasure, Experience Design and Happiness. *International Journal of Design*. 7, 3, pp. 21-31.

Hassenzahl M., Diefenbach S., Lenz E. (2013). Exploring Relationships Between Interaction Attributes and Experience. In *Proceedings of the 6th International Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces (DPPI '13)*. New York, NY, USA, pp. 126-135.

Javahery, H. (2007). Pattern-oriented UI design based on user experiences: a method supported by empirical evidence. Ph. D. Dissertation. Concordia University, Montreal.

Kjeldskov J. (2003). Human-Computer Interaction Design for Emerging Technologies, Virtual Reality, Augmented Reality and Mobile Computer Systems, Ph.D. Thesis, Aalborg University, Denmark.

Julier, S., Baillot, Y., Lanzagorta, M., Rosenblum, L., Feiner, S., Höllerer, T., Sestito, S. (2000). Information Filtering for Mobile Augmented Reality. *Proceedings of International Symposium on Augmented Reality*, pp. 3-11.

Klein, G. (2006). Visual Tracking for Augmented Reality, Ph.D. Thesis, University of Cambridge, Department of Engineering.

Jordan, P.-W. (1998). Human factors for pleasure in product use. In *Applied Ergonomics*, 29, 1, pp. 25-33

Krug, S. (2005). *Don't Make Me Think : A Common Sense Approach to Web Usability*. New Riders Press.

- Lazonick, F.W. (2005). Evolution of the New Economy Business Model,. In Internet and Digital Economics, E. Brousseau & N. Curien (eds). Cambridge University Press, pp. 59-113.
- Lee, H., Lee, C., Yoo, C. (1998). A scenario-based object-oriented methodology for developing hypermedia information systems. 31st Annual Conference on Systems Science. Sprague, R. (Ed.).
- Lee, J., Hudson, S., Summet, J., Dietz, P. (2005). Moveable Interactive Projected Displays Using Projector Based Tracking. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology, October, pp. 63-72.
- Low, K., Welch, G., Lastra A., and Fuchs H. (2001). Life-Sized Projector-Based Dioramas. Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. Banff, Alberta, Canada, November, pp. 15-17.
- MacWilliams, A., Reicher, T., Klinker, G., and Ruegger, B. (2004). Design patterns for augmented reality systems. In Proceedings of the International Workshop exploring the Design and Engineering of Mixed Reality Systems (MIXER). Funchal, Island of Madeira, January 13th.
- Magne, L. (2011). Modèles et management : le cycle CDEPM de construction et d'évaluation de la connaissance. Management et avenir, No 43, pp. 428-459.
- Morie, J.-F. (2005). Virtual Reality, Immersion and the Unforgettable Experience. Proceedings of the 2005 Electronic Imaging Society Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE Vol. 2351, pp. 282-292
- Nardi, B. (1996). Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction; Cambridge, MA, The MIT Press. pp. 69-70.
- Nielsen, J. (2000). End of Web Design, tiré de : <http://www.nngroup.com/articles/end-of-web-design>. Consulté le 9 mai 2014.
- Olsina, L. (1998). Building a Web-based information system applying the hypermedia flexible process modeling strategy. Conference Hypertext' 98.

- Pinhanez, C. (2001). The Everywhere Displays Projector: A Device to Create Ubiquitous Graphical Interfaces. In *Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing* (UbiComp '01), London, UK, pp. 315-331.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H. (2002). Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. John Wiley & Sons (Eds.), New-York, USA.
- Proulx, J.-F. (2010). Intégrer une approche de conception centrée utilisateur à une approche agile de développement logiciel. Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal.
- Quarante, D. (2001). Éléments de design industriel. 3e édition. Polytechnica Economica, Paris, France.
- Ralph, P., Wand, Y. (2009). A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept. In Design Requirements Workshop, Lecture Notes on Business Information Processing. Lyytinen, K., Loucopoulos. P., Mylopoulos, J. et Robinson, W. Springer-Verlag (Eds.), pp. 103-136
- Raskar, R., Welch, G., Cutts, M., Lake, A., Stesin, L., Fuchs, H. (1998). The Office of the Future: A Unified Approach to Image-Based Modeling and Spatially Immersive Displays. Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. ACM, New York, NY. pp. 179-188.
- Raskar, R., Brown, M., Yang, R., Chen, W., Welch, G., Towles, H., Seales, B., Fuchs, H. (1999). Multi-Projector Displays Using Camera-Based Registration. Proceedings of IEEE Visualization, San Francisco, CA, October 24-29, pp. 161-168
- Raskar, R., Welch, G., Low, K., Bandyopadhyay, D. (2001). Shader Lamps : Animating Real Objects With Image-Based Illumination. Proceedings of the 12th Eurographics Workshop on Rendering. London, UK, June 25-27, pp. 89-102.
- Raskar, R., Baar, J.V., Beardsley, P., Willwacher, T., Rao, S., Forlines, C. (2003). ILamps : Geometrically Aware and Self-Configuring Projectors. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2003 Conference, 22, 3, pp. 809-818.
- Rolland, J.P., Baillot, Y., Goon, A. (2001). A Survey of Tracking Technologies for Virtual Environments. In Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, W. Barfield and T. Caudell, (Eds.), Lawrence Erlbaum, Mahwah, N.J., 2001, pp. 67-112.

- Richard, J. (2011). Donner le pouvoir des patrons de conceptions d'IHM aux développeurs logiciels via les modes de présentation : Une application aux logiciels de contrôle de simulateur de vol. Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal, Canada.
- Rijsdijk, E.-J. (2009). How Today's Consumers Perceive Tomorrow's Smart Products. *SA Journal of Product Innovation Management*, 26, 1, pp. 24-42.
- Saffer D. (2010). *Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices*. New Riders.
- Sagot, J.C., Gouin, V., Gomes, S. (2003). Ergonomics in product design: safety factor. *Safety Science*, 41, 2, pp. 137-154.
- Saulnier, J. (2013). Étude comparative du travail du directeur artistique, du concepteur-rédacteur et de l'ergonome dans les projets de développement de produits web et applicatifs. Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal, Canada
- Spool, J. (2009). Components, Patterns, and Frameworks! Oh My! Tiré de : <http://www.uie.com/articles/componentspatternsframeworks/>. Consulté le 19 mai 2014.
- Sutherland, I.E. (1968). A Head Mounted Three Dimensional Display. *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference (AFIPS)* 33, 1, pp. 757-764.
- Schwabe D., Rossi G., Barbosa S. -D.-J. (1996). Systematic hypermedia design with OOHDM. *Proceedings of Hypertext'96 Conference*, Washington DC, USA., March, 2, 1, pp. 1-26.
- Simon, G., Decollogne J. (2006). Intégrer images réelles et images 3D : Post-production et réalité augmentée. Tiré de <http://www.loria.fr/~gsimon/ra/>, consulté le 11 juin 2014.
- St-Aubin, B. (2011). Vers le développement d'un système interactif et collaboratif de réalité augmentée pour des applications en design urbain. Mémoire de Maîtrise, Université de Laval.
- Tolvanen, J.-P. (1998). *Incremental Method Engineering with Modeling Tools: Theoretical Principles and Empirical Evidence*. Ph.D. thesis. University of Jyväskylä, Finland.
- Ward, T.-B. (1999). Creative cognition. *Handbook of creativity*, R.J Sternberg (Ed.), Cambridge, UK : Cambridge Univ. Press, pp. 198-212.
- Wittner, B.G., Singer, M.J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments : Presence Questionnaire. *Presence*, 7, 3, pp. 225-240

ANNEXE A : IDENTIFICATION DES EXPERTS PRINCIPAUX DE LA R-A

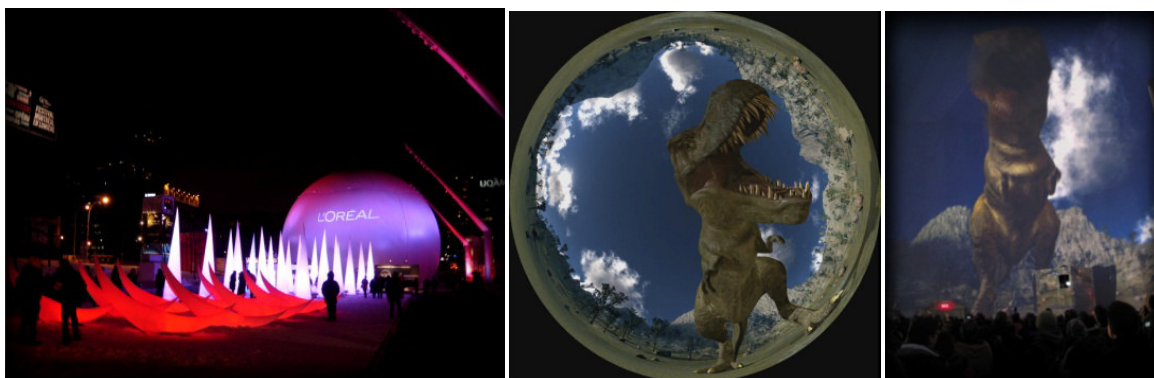
Frank Dufaux : Après des études en astrophysique, Frank a participé à la fondation de Moment Factory, une agence de Montréal aujourd'hui chef de file mondial en création d'expériences immersives et interactives. Il y a travaillé pendant trois ans comme chef du département R&D. Il était par exemple responsable de la conception du système immersif pour le lancement mondial de la *Kinect* par Microsoft (voir figure ci-dessous). Il a ensuite rejoint le Cirque du Soleil en tant que chargé de projet multimédia pendant trois ans, puis conseiller expert multimédia pendant quatre ans où il concevait et réalisait les spectacles des tournées mondiales. En 2013, il a alors fondé Mindlab, une structure où il travaille depuis en tant que consultant et travailleur autonome sur des projets d'envergure. Dans les projets où nous n'étions pas le DT (Terra Karnaval et Unnumbered Sparks), c'était lui.



Hassan Aziz : Directeur créatif et cofondateur de GeM, Hassan a obtenu un baccalauréat en design et communication à l'Université du Québec à Montréal. Il s'est ensuite formé en arts numériques à l'Université Concordia et il a été en résidence à la Société des arts technologiques de Montréal. En 2010, il fonde DearMinds, une agence de communication globale spécialisée en identité de marque à travers la conception des expériences immersives et la conception de sites web. Il est l'auteur de diverses réalisations utilisant l'architecture publique comme espace de création visuelle et a réalisé des sites web pour des entreprises comme l'Oréal. On peut voir sur la figure ci-dessous une installation immersive réalisée par Hassan pour la Place des Arts de Montréal et sa participation à TEDxBeirouth où il explicite sa mission personnelle à GeM et DearMinds à travers son discours "Reweaken Fascination". C'était lui le DA de tous les projets, sauf Dérive Magnétique (Julien Abril), et Unnumbered Sparks (Aaron Koblin).



Julien Abril : Cofondateur et président de GeM, Julien a obtenu une maîtrise en sciences appliquées de l'Université de Paris VII et a étudié trois ans à l'ESRA, une école de cinéma, son et de films d'animation en France. Sa mission personnelle en tant que réalisateur est de développer des projets qui provoquent l'imagination d'un auditoire à travers l'art numérique. Il a participé à une série de projets immersifs et interactifs au Canada, aux États-Unis, en Europe (France, Angleterre, Allemagne et Ukraine) ainsi qu'en Amérique du Sud (Colombie, Argentine), en Afrique (Gabon, Cameroun) et au Moyen-Orient (Liban, Émirats Arabes Unis) pour des clients comme Google, Virgin Galactic, Le Cirque du Soleil, ou encore Louis Vuitton. Un exemple de son travail est illustré sur les images de la figure ci-dessous. Il s'agit du film d'animation 3D immersif "Yuga", un des premiers du genre, réalisé pour la Place des festivals de Montréal en 2010 avec sa première entreprise, Space and Dream. Les images de la figure ci dessous montrent le dôme, le fichier vidéo joué par le lecteur, et sa diffusion vue par le public. C'était lui le réalisateur vis-à-vis des mandats confiés à GeM.



ANNEXE B : AIDE À LA RÉALISATION DU SERVEUR MULTIMÉDIA

Ci-dessous est donnée une liste indicative de solutions clé en main logicielle et matérielle intégrant des outils de mapping vidéo et permettant de réaliser un SRAS.

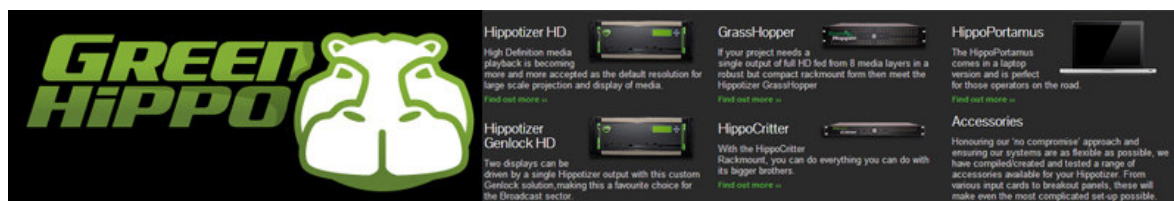
Coolux : <http://www.coolux.de/>



Dataton Watchout : <http://www.dataton.com/watchout>



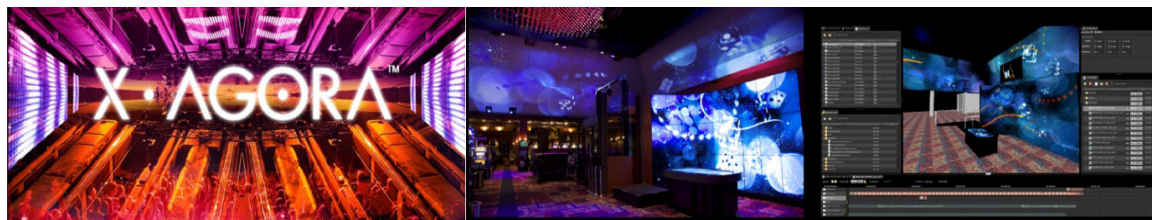
Green Hippo : <http://www.green-hippo.com/>



D3 : <http://www.d3technologies.com/>



X-agera : <http://xagera.ca/fr>



VYV Photon : <http://www.vyv.ca/products/photon-3/>



7 th sense : <http://www.7thsensedesign.com/>



Une comparaison performances/caractéristiques/prix des serveurs clé en main disponibles sur le marché est disponible au lien suivant :

http://www.plsn.com/images/stories/Buyers_GUIde/0806/buyers%20guide.pdf

Ci-dessous est donnée une liste indicative de configuration logicielles comparables intégrant des outils de mapping vidéo et permettant de réaliser un SRASP.

1. Programmation ligne du temps

MXWendler : <http://www.mxwendler.net/> (Mac OS)

Prix : 510 \$ pour 1 licence

Bonus : Gestion du DMX

Total pour un serveur multimédia : 510 \$

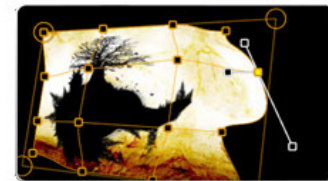


Millumin : <http://www.millumin.com/> (Mac OS)

Prix : 770 \$ pour 2 licences

Bonus : Intégration de nombreux périphériques comme la kinect, la Wii, etc.

Total pour un serveur multimédia : 385 \$



2. Programmation boucle

Resolume : <http://resolume.com/> (Mac OS & Windows)

Prix : 300 \$ pour 1 licence + plug-in IRMapio à 150 \$ pour 1 licence.

Bonus : Gestion avancée du mapping et des soft-edges

Total pour un serveur multimédia : 450 \$



Module8 : <http://www.modul8.ch/> (Mac OS)

Prix : 300 \$ pour 2 licences + Madmapper via Syphon à 200 \$ pour 2 licences

Bonus : Mapping LED

Total pour un serveur multimédia : 250 \$



Arkaos Grand VJ : <http://vj-dj.arkaos.net/grandvj/about> (Mac OS)

Prix : 350 \$ pour 1 licence + Madmapper via Syphon à 300 € pour 2 licences

Bonus : Mapping LED

Total pour un serveur multimédia : 500 \$

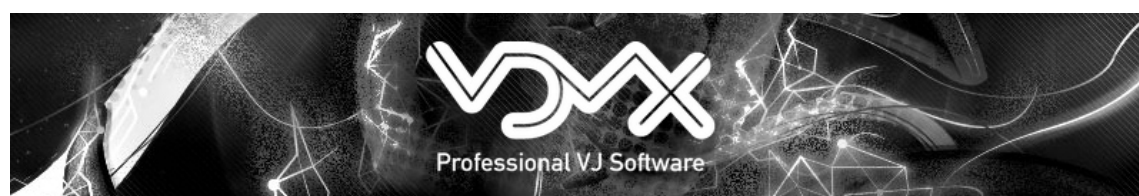


VDMX : <http://vidvox.net/> (Mac OS)

Prix : 350 \$ pour 1 licence + Madmapper via Syphon à 300 € pour 2 licences

Bonus : Mapping LED

Total pour un serveur multimédia 500 \$



3. Programmation procédurale

Comme décrit précédemment, il s'agit de plateformes permettant de programmer des installations audiovisuelles, souvent à l'aide de blocs ayant des fonctions propres, reliés entre eux. Cependant, même si l'approche visuelle rend plus accessible et intuitive la programmation, et que quelques ressources existent sur le web, cela reste difficile pour un ingénieur junior de savoir par où commencer et quel sont les meilleurs outils pour une application particulière donnée. C'est pour cela que les principales plateformes utilisées dans installations audiovisuelles interactives sont listées et introduite ci-après. Cette approche basée sur une communauté aide donc grandement au

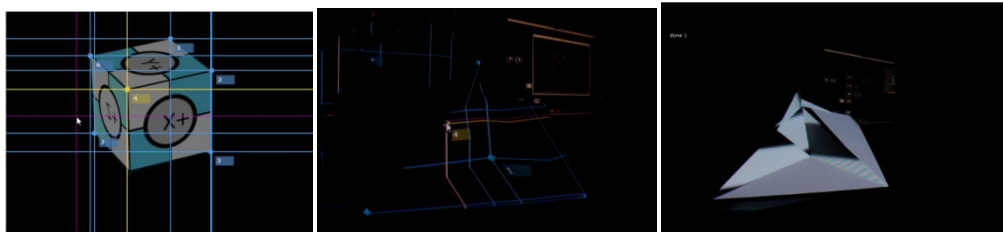
développement de ce domaine puise qu'il est possible d'apprendre beaucoup et de gagner beaucoup de temps en observant en en modifiant à sa guise ces quelques outils très polyvalents. Enfin, il est important de noter que des outils développés sur ces plateformes sont disponibles sous la licence GNU GLP. La licence publique générale GNU, ou GNU General Public License est une licence qui fixe les conditions égales de distribution des logiciels libres du projet GNU. L'objectif de la licence GNU GPL, selon ses créateurs, est de garantir à l'utilisateur les droits suivants (appelés libertés) sur un programme informatique :

- La liberté d'exécuter le logiciel, pour n'importe quel usage;
- La liberté d'étudier le fonctionnement d'un programme et de l'adapter à ses besoins, ce qui passe par l'accès aux codes sources.
- La liberté de redistribuer des copies.
- La liberté de rendre publiques des versions modifiées pour en faire bénéficier la communauté.

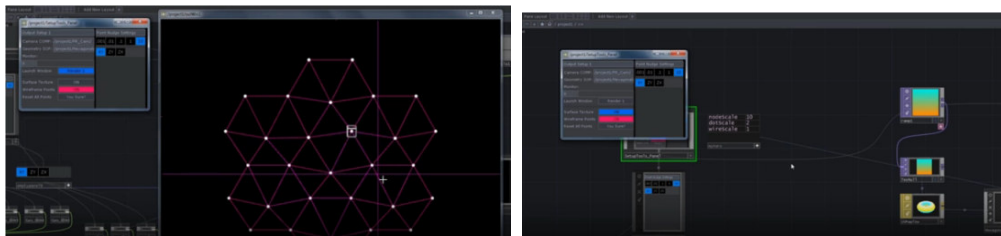
Ci-dessous est donnée une liste indicative de logiciels intégrant des outils pour la projection illusionniste et permettant de réaliser un SRASP.

Touch Designer : <http://www.derivative.ca/>

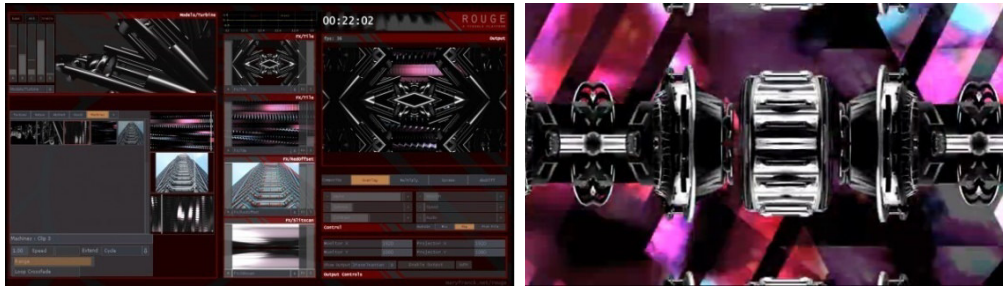
CamShnaps <http://www.derivative.ca/Forum/viewtopic.php?f=22&t=4225>



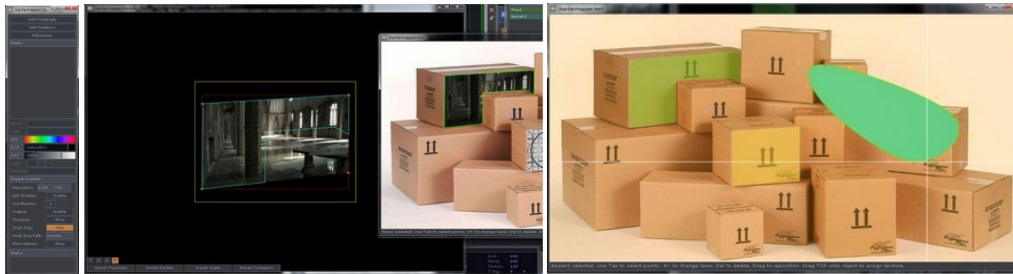
Vertpusher <http://www.derivative.ca/Forum/viewtopic.php?f=36&t=5116>



Rouge <http://www.maryfranck.net/rouge/>

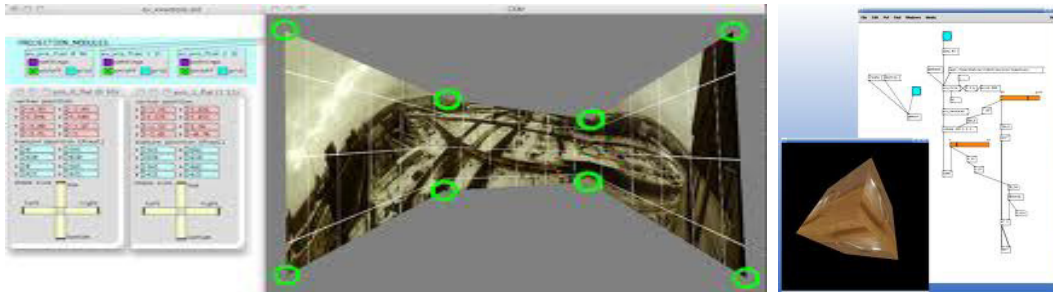


Katan Mapper http://www.derivative.ca/wiki/index.php?title=Katan_Mapper



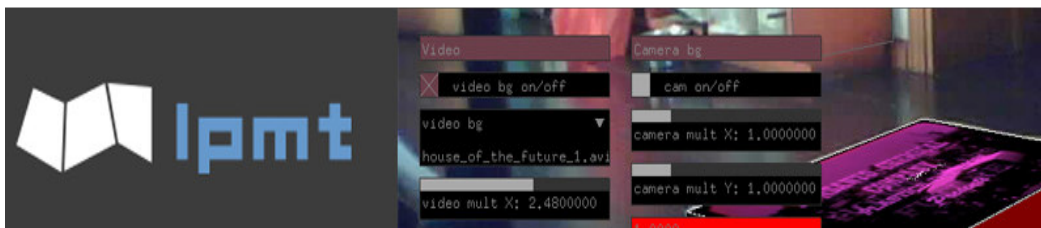
Pure Data Gem : <http://gem.iem.at/>

Extended toolkit <http://puredata.info/downloads/extended-view-toolkit>



Open framework : <http://www.openframeworks.cc/> (gratuit)

Lpmt <http://hv-a.com/lpmt/>



Processing : <http://www.processing.org/>

Surface mapper <http://www.ixagon.se/surfacemapper/>

SurfaceMapper
by IXAGON

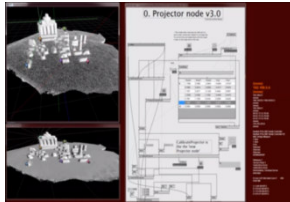


Max MSP : <http://cycling74.com/>

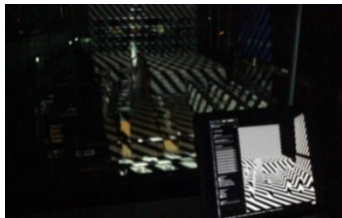
VPT <http://hcgilje.wordpress.com/vpt/>



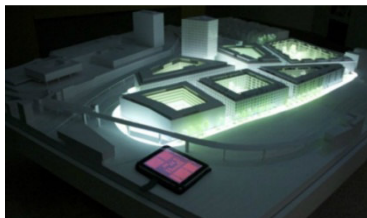
Ressources complémentaires avec outils libres et documentés



Projector Node : <http://vuvv.org/contribution/vuvv.tutorials.mapping.3d>



Mapamok : <http://kylemcdonald.net/>



Mesh warp server : <http://maybites.ch/works/meshwarpserver/>

ANNEXE C : AIDE AU DIMENSIONNEMENT DU SYSTÈME PROJECTIF

La lumière ambiante et la taille de l'écran déterminent le besoin en puissance lumineuse pour le projecteur. L'image doit être suffisamment lumineuse pour couvrir la lumière ambiante, mais pas trop, de manière à ne pas gêner le spectateur. Il s'agit de s'assurer que l'image aura un ratio de contraste suffisant, facteur qui détermine la qualité perçue de l'image. Il faut garder en tête qu'il est possible de "superposer" des projections et d'ainsi obtenir la luminosité combinée de plusieurs projecteurs. Cette remarque trouve sa pertinence dans le coût généralement imparti à l'amélioration de cette caractéristique.

Pour calculer la puissance lumineuse nécessaire pour un ratio de contraste désiré, il faut prendre en compte les paramètres suivants :

- La lumière ambiante sur l'écran;
- La surface de l'image souhaitée;
- Le ratio de contraste du projecteur;
- Le ratio de contraste perçu désiré.

Quelques exemples de ratio de contraste : texte monochrome blanc et noir : 2:1; présentations informatiques : > 10 : 1; vidéo acceptable : > 20:1; vidéo de bonne qualité : > 50:1; vidéo d'excellente qualité : > 100:1

Ci-dessous est donné un lien pour aider au calcul de la lumière ambiante et vérifier le ratio de contraste.

<http://www.rearpro.com/resources/section2.asp?S2ID=44>

Ci-dessous est donné un lien pour aider au choix de la lentille du projecteur :

<http://www.projectorcentral.com/projection-calculator-pro.cfm>

ANNEXE D : AIDE AU CHOIX DU TYPE DE PROJECTEUR

Tout comme pour les écrans d'affichage, il existe plusieurs technologies de projecteurs. Avant d'exposer les technologies disponibles sur le marché, il est important de noter qu'il n'existe pas de bon ou de mauvais projecteur. Un bon projecteur est avant tout un projecteur qui remplit la fonction d'usage à laquelle il est destiné. Les facteurs externes les plus importants à prendre en compte sont les suivants :

- L'usage de la projection et le type d'effet souhaité
- La taille et la géométrie de la surface de projection
- La luminosité ambiante
- Le type des sources vidéo et leur résolution
- Les besoins en fonctionnalités des projecteurs
- Le budget

Une fois que l'on a répondu à ces questions, il est possible de choisir la technologie la plus pertinente pour un mandat spécifique.

DLP (Digital Light Processing)

Il s'agit de la première technologie numérique ayant remplacé les projecteurs analogiques CRT (Cathode Ray Tube). Comme elle représente encore 80 % des projecteurs vendus aujourd'hui, il semble pertinent de la décrire un peu plus que les autres et s'en servir comme élément de comparaison. Les projecteurs basés sur cette technologie utilisent une puce contenant de microscopiques miroirs orientables (DMD, pour Digital Micro Mirror). Chaque miroir représente un pixel de l'image et peut prendre deux orientations : soit réfléchir la lumière produite avec la lampe afin de l'envoyer vers la cible de projection, ce qui donnera un pixel blanc, soit envoyer la lumière vers une surface absorbante, et le pixel est alors noir. Chaque miroir est capable de changer de position plusieurs milliers de fois par seconde. Ainsi, un miroir qui reste plus longtemps en position "activée" que "désactivée" créera un pixel gris, et il est possible de cette façon d'obtenir jusqu'à 1024 niveaux de gris.

Comme cette technologie est 100 % digitale, il en résulte une excellente stabilité sur le long terme, particulièrement lorsque le projecteur est utilisé avec une source numérique.

Il existe deux grandes familles de projecteurs DLP : ceux avec une puce et ceux avec trois puces.

Dans un projecteur à puce unique, une roue colorée synchronisée avec les miroirs se charge de répartir les 3 couleurs primaires afin de reconstituer le spectre lumineux dans son ensemble. Cela crée parfois "l'effet arc-en-ciel", décrit plus loin, qui peut déranger le public.

Dans le cas d'un projecteur à 3 puces, un prisme se charge de séparer la lumière en ses 3 composantes primaires avant de la faire passer dans leurs puces respectives. Cette famille à l'avantage de produire une image plus lumineuse, caractéristiques recherchées pour les affichages de grandes dimensions rencontrés dans le monde des arts du spectacle.

Avantages :

-le rendu des couleurs : bien que l'œil humain soit capable de « différentier » quelques millions de couleurs, un projecteur DLP à 3 puces est capable d'en produire des dizaines de trillions.

-Le rapport de contraste, caractéristique très importante dans le choix d'un projecteur, est relativement bon comparativement aux autres technologies. Ce chiffre quantifie le ratio de luminance de la couleur la plus claire (blanc) sur la couleur la plus foncée d'un système (noir). Dans le cas des projecteurs DLP utilisés dans le milieu des arts de la scène, ce ratio se situe souvent au-dessus des 2000:1.

-La luminance : Il s'agit également d'une caractéristique essentielle lorsqu'il s'agit de créer d'immenses affichages lumineux dans des espaces avec de la lumière ambiante. Les besoins de l'installation de RASP justifient parfois l'utilisation de projecteurs extrêmement lumineux (20 000 Lumens ANSI et plus), que seule cette technologie est capable d'offrir.

-La miniaturisation : On observe aujourd'hui l'émergence de minuscules projecteurs DLP, intégrés dans les appareils mobiles tels que les téléphones intelligents. Cette miniaturisation, bien qu'elle soit souvent synonyme de maigre performance, promet cependant la démocratisation et la portabilité d'installations immersives utilisant les projections.

Principaux inconvénients :

-L'effet « arc en ciel » : Certaines personnes observent des artéfacts colorimétriques avec les projecteurs DLP à puce unique, résultants d'effets de persistance rétinienne et de la synchronicité avec la roue colorée.

-La fuite de lumière : Dans un projecteur DLP, la lumière qui n'est pas destinée à cible de projection est envoyée vers un autre endroit, opaque, à l'intérieur du projecteur. Il en résulte d'inévitables fuites lumineuses et des zones d'illumination non voulues en dehors de la zone de projection.

-La profondeur du noir : même lorsque l'image projetée est du noir pur, la fenêtre de projection peut être visible s'il y a peu de lumière ambiante. Cela peut poser des problèmes pour les environnements immersifs comme les dômes, où voir les fenêtres des flux des projecteurs enlève beaucoup à la magie de l'immersion.

LCD (Liquid Cristal Display)

Cette technologie ressemble beaucoup au DLP, et partage beaucoup des mêmes avantages et les inconvénients. Au niveau du fonctionnement, à la place de faire pivoter des miroirs, la technologie LCD bloque tout simplement les rayons de chaque pixel grâce à un filtre transitif polarisé qui laisse passer ou non la lumière. Comparativement au DLP, les projecteurs LCD sont reconnus comme produisant "des images plus détaillées, avec des couleurs plus riches et des pixels moins visibles". Cependant, il faut garder à l'esprit que chaque modèle a ses caractéristiques propres, et il est dangereux de faire des généralités sur la "qualité" des images. Cependant, un avantage pertinent du LCD sur le DLP pour une application dans l'événementiel concerne le rapport "poids/puissance lumineuse". La plupart des projecteurs en dessous de 10 kg, mais capables de fournir une puissance lumineuse entre 3500 et 5000 Lumens sont de type LCD. Les projecteurs LCD avec des puissances lumineuses supérieures à 5 000 Lumens sont rares, mais il faut garder à l'esprit qu'il est toujours possible de superposer des projections.

LED (Light Emitting Diode)

Les projecteurs LED commencent à se démocratiser. Ils sont encore rares dans les installations de RASP, à cause de leurs puissances lumineuses encore assez limitées, souvent inférieures à 3000 lumens, mais cette technologie possède un avantage de taille : la durée de vie de sa lampe. En effet, elle possède une durée de vie de l'ordre des 20 000 heures, ce qui correspond à plusieurs années d'utilisation ininterrompues. Cette technologie est donc pertinente pour des applications comme des installations permanentes, car elle ne nécessite quasiment pas de maintenance. Cette technologie aide également à la miniaturisation, et la plupart des pico et nano projecteurs existant sur le marché sont de ce type.

Laser

Un projecteur laser est un projecteur qui module un faisceau laser afin de projeter une image matricielle. Pour ce faire, l'image à projeter est scannée point par point puis un jeu de miroir, contrôlé à grande vitesse oriente selon deux axes, module le faisceau du laser afin de produire l'image désirée, comme le ferait des électrodes dans le canon à électrons d'un écran cathodique. Ce type de projecteur est particulièrement utilisé dans les planétariums ou encore certaines applications de réalité virtuelle. On rencontre également des pico et nano projecteur de ce type. La technologie laser n'a pas encore atteint sa maturité, mais il est probable qu'elle remplace toutes les autres technologies d'affichage dans un futur proche. En effet, cette technologie possède de nombreux avantages. Tout d'abord la qualité d'image est supérieure grâce à un spectre de couleur plus grand et une résolution d'image non limitée par une matrice physique. Les couleurs sont également plus stables et la luminosité plus homogène. Ainsi, comme les couleurs sont créées à partir de faisceau de couleurs primaires pures, il n'y a aucun artéfact comme l'effet arc-en-ciel décrit précédemment. Du côté de la luminosité, les performances de cette technologie est inférieure aux technologies DLP et LCD, mais grâce au ratio de contraste exceptionnel, de 50 000 : 1 à 100 000 : 1, comparé à un ordre de 1000 : 1 jusqu'à 40 000 : 1 avec les autres types de projecteurs, la projection apparaît plus lumineuse. Un autre avantage majeur de cette technologie est sa durée de vie également exceptionnellement longue, au-delà des 10 000 heures. Enfin, la grande particularité de cette technologie est que la profondeur de netteté est très grande due à l'absence de convergence des rayons lumineux, ce qui est souvent appréciable pour les SRASP de grande envergure.

ANNEXE E : AIDE AU CHOIX DES CONNECTIQUES VIDÉO

Lors de la conception d'un SRA, un défi est celui du choix des connectiques. Nous présentons ci-après les divers standards et leurs limites. Les chiffres donnés ici se basent sur un comparatif issu de : <http://www.tomshardware.fr/articles/?tag=cables&articleType=dossier>.

VGA : Ce type de connecteur date de 1987 et est resté le seul standard analogique encore présent aujourd'hui. Son seul avantage réel comparé aux connectiques numériques est son universalité. Il est en effet toujours présent sur beaucoup d'ordinateurs portables, et est encore très utilisé dans les projecteurs, les écrans d'entrée de gamme et beaucoup d'anciens écrans. Son principal défaut provient de sa nature analogique : le signal vidéo peut être perturbé par du bruit électrique et se détériore vite avec la distance de câble. De plus, comme les cartes graphiques et les dispositifs d'affichages modernes travaillent en numérique, cela implique d'effectuer une conversion du signal numérique vers un signal analogique, faire transiter le signal sous forme analogique dans le câble VGA, pour enfin reconvertir le signal analogique en question en un signal numérique pour être affiché. Ces conversions peuvent ainsi également détériorer le signal.

Limites : Le connecteur, en dehors des problèmes de conversions, a des limites. La définition maximale en VGA dépend essentiellement d'une chose : le RAMDAC de la carte graphique. Ce composant présent dans toutes les cartes graphiques est celui qui va effectuer la conversion entre le signal numérique et le signal analogique. Plus il est efficace et rapide, plus il sera possible de monter en définition. Une carte graphique récente a généralement un RAMDAC à 400 MHz, alors que certains (rares) modèles atteignent 420 ou 450 MHz. Sur les anciens modèles de cartes, des RAMDAC à 250 MHz ou 300 MHz ne sont pas rares. Pour calculer la définition maximale utilisable, il faut multiplier la définition par le taux de rafraîchissement puis par 1,4 (pour la synchronisation du signal). Avec un RAMDAC à 400 MHz, on peut donc atteindre (environ) 2 048 x 1 536 à 85 Hz.

DVI : Le DVI (Digital Visual Interface) est apparu en 1999. L'interface est numérique, mais est compatible avec les écrans VGA via de simples adaptateurs passifs, et permet d'obtenir une qualité d'image supérieure aux interfaces analogiques. Il existe trois variantes du DVI : le DVI-D, uniquement numérique, le DVI-A, uniquement analogique, et le DVI-I, qui combine dans la même prise un signal numérique et un signal analogique. Le signal numérique ne prend son sens

qu'avec des écrans LCD : on évite la double conversion (numérique/analogique/numérique) qui est la norme avec le connecteur VGA.

Limites : Le DVI propose un signal numérique qui dépend d'un TMDS (Transition Minimized Differential Signaling), comme le VGA dépend du RAMDAC. Ce TMDS, en DVI, est cadencé à 165 MHz, ce qui permet d'envoyer un signal en 1 920 x 1 200 à 60 Hz ou en 2 048 x 1 152 à 60 Hz (il suffit de multiplier la définition par la fréquence de rafraîchissement pour obtenir la bande passante nécessaire). Pour dépasser cette limite en DVI, on n'augmente pas la fréquence du TMDS, mais on en utilise deux, c'est ce qu'on appelle le Dual Link. Le DVI Dual Link est nécessaire quand les paramètres de l'image demandent plus de bande passante : un écran de 27 pouces en 2 560 x 1 440 à 60 Hz, un écran de 30 pouces en 2 560 x 1 600 à 60 Hz ou un écran en 1 920 x 1 080 à 120 Hz. La majorité des cartes graphiques actuelles intègrent au moins deux TMDS, parfois plus.

HDMI : destinée à l'origine au monde de la vidéo domestique, l'interface a pris le pas sur le DisplayPort et remplace peu à peu le DVI dans le monde des ordinateurs. Ainsi, la connectique HDMI (High-Definition Multimedia Interface) est devenue la connectique moderne la plus universelle

Limites : L'HDMI transporte un signal vidéo numérique, identique à celui utilisé en DVI. Le TMDS est cadencé à 165 MHz dans les premières versions de la norme (1.0 à 1.2), comme en DVI. Les limites en vidéo sont donc les mêmes qu'en DVI (1 920 x 1 200 à 60 Hz environ) et les adaptateurs passifs existent. En plus du signal vidéo, un câble HDMI peut transporter de l'audio (8 canaux LPCM 192 kHz 24 bits), de l'Ethernet à 100 mégabits/s ou un canal audio de retour. En plus d'une compatibilité directe avec le DVI au niveau de la vidéo, l'HDMI est aussi compatible avec le DisplayPort, tout du moins dans les prises de type Dual Mode. La norme a évolué par petites touches, la dernière version étant la 1.4 b. Depuis la version 1.3 de la norme, le TMDS est cadencé à 340 MHz, ce qui permet d'augmenter la définition maximale : 2 560 x 1 600 à 75 Hz en HDMI 1.3 et 4 096 x 2 160 à 24 Hz en HDMI 1.4.

DisplayPort : Le DisplayPort (DP) a été lancé en 2006 par l'association VESA comme le successeur du DVI. Il combine les avantages du DVI et de l'HDMI et était censé remplacer les

deux interfaces. Toutefois, cette ambition ne s'est pas encore révélé en pratique : les écrans DisplayPort sont rares et les sorties DisplayPort sont souvent utilisées en mode DVI ou HDMI.

Limites : Le signal DisplayPort est numérique, comme le DVI ou l'HDMI. Dans sa version 1.0 ou 1.1, le signal est composé (au maximum) de 4 lignes, chaque ligne ayant une bande passante de 2,7 gigabits/s. La bande passante maximale est de 8,64 gigabits/s. Avec cette bande passante, il est possible de piloter un écran en 2 560 x 1 600 à 60 Hz et avec des couleurs sur 10 bits. La version 1.2, plus récente, double la bande passante et permet la prise en charge des écrans 4K/Ultra HD. En plus de la vidéo, on trouve aussi la prise en charge de l'audio (8 canaux 192 kHz 24 bits en PCM) et d'un canal de données. Dans la version 1.0 ou 1.1, ce canal offre une bande passante de 1 mégabit/s, ce qui est suffisant pour prendre en charge une dalle tactile par exemple. Avec la version 1.2 de la norme, le canal en question passe à 720 mégabits/s et peut donc transporter un signal USB 2.0. Notons qu'il est possible de coupler deux sorties DisplayPort 1.1 pour prendre en charge les écrans à très haute définition, comme les modèles 4K. Une carte graphique compatible est cependant nécessaire. Enfin, le DisplayPort assure la compatibilité avec le DVI et le HDMI, avec les prises Dual Mode. Le Type 1, le plus courant, permet d'utiliser un signal DVI classique (TMDS à 165 MHz) dans une prise DisplayPort, avec un simple adaptateur passif. Il est donc possible de brancher un écran DVI (Single Link) ou un écran HDMI (1080p) directement. Le Type 2, devrait prendre en charge un TMDS à 300 MHz et permet donc une compatibilité HDMI 1.4 et Ultra HD/4K. Enfin, la norme 1.2 permet en théorie de chaîner les écrans, mais les cartes graphiques compatibles et les appareils compatibles sont encore rares.

Thunderbolt : En 2011, Apple et Intel ont lancé le Thunderbolt, une technologie qui utilise la connectique MiniDisplayPort. Contrairement aux autres, cette connectique n'est pas seulement utilisée et destinée à transmettre de la vidéo. Il s'agit plus d'un format de connexion polyvalent, comme le protocole USB ou Ethernet.

Limites : Dans un connecteur de type Mini DisplayPort, la technologie combine PCI-Express et DisplayPort 1.1, avec la possibilité de chaîner les périphériques. Selon le contrôleur utilisé, on a un ou deux liens DisplayPort 1.1 à 10 gigabits/s et un ou deux liens PCI-Express à 10 gigabits/s.

ANNEXE F : AIDE À LA GESTION DES CÂBLES

Tous les types de connectiques ont une longueur de câble maximale qui leur est associée. On choisit parfois les connectiques en fonction de cette longueur maximum, mais plus souvent pour leurs bande passante. Bien que les longueurs maximum données par les normes ne posent quasiment jamais de problèmes pour les applications domestiques, il n'est pas rare d'observer des installations de RAS avec des centaines de mètres de câbles. Il existe donc évidemment des façons de contourner ce problème. Pour chaque type de connectique est donnée la longueur de câble maximale conseillée par les normes, puis les distances qu'il est possible d'atteindre en utilisant des boosters/répéteurs afin de contourner cette limitation. Certaines extensions utilisent des câbles Ethernet (également connus sous le nom Cat5, Cat5e ou Cat6). Le Câble Ethernet est beaucoup moins cher que les câbles normaux, ce qui permet d'économiser beaucoup d'argent. Enfin, certaines extensions utilisent des câbles à fibre optique, qui restent à l'heure actuelle la meilleure façon de transmettre un grand débit d'information sur de grandes distances, malgré le caractère onéreux de cette option.

VGA : Les câbles VGA transportent un signal analogique ce qui implique que plus la distance augmente, plus la puissance du signal diminue. **Longueur maximale conseillée :** Le protocole ne prévoit pas de distance de câble maximum, mais la pratique dirait 50 m pour de faibles résolutions en dessous de 800*600, 30 m pour des résolutions moyennes (1280*1024 ou 1024*728) et 10 m pour de grandes résolutions (1600* 1200 ou 1920*1200)

Modules disponibles et extensions associées :

Nom anglais du produit	Longueur maximale et type de câbles utilisés	Informations complémentaires
VGA Extender	10 m (câble Cat5)	Garantis une résolution jusqu'à 1920x1200
VGA Extender with Audio	200 m (câble Cat5)	Garantis une résolution jusqu'à 2048x1536 et transmet l'audio

USB : Les périphériques connectés via USB échangent des données avec l'ordinateur auxquels ils sont connectés. Pour cette communication fonctionnent correctement, les périphériques doivent être capables de recevoir et transmettre des données très rapidement et avec précision. C'est pour cette raison que la norme relative au protocole USB donne une longueur de câble maximale stricte. Au-delà de cette distance, les périphériques USB vont commencer à perdre la communication et par conséquent ne fonctionneront pas correctement. ***Longueur maximale conseillée : 5 m***

Modules disponibles et extensions associées :

Nom anglais du produit	Longueur maximale et type de câbles utilisés	Informations complémentaires
USB Active Extension Cable	5 m (câble USB)	4 de ces câbles peuvent être mis en série pour former un câble de 20 m
USB 1.1 Extender	60 m (câble Cat5)	Compatible USB 1.1 seulement
USB 2.0 Extender	100 m (câble Cat5)	Compatible USB 1.1 et USB 2.0
USB 1.1 Extender	500 m (fibre optique)	Compatible USB 1.1 seulement
USB 2.0 Extender	500 m (fibre optique)	Compatible USB 1.1 et USB 2.0

DVI : Les câbles DVI communiquent seulement dans un sens, mais le signal perd de sa puissance avec la longueur. C'est pour cela que les distances maximales conseillées dépendent de la résolution du dispositif d'affichage. ***Longueur maximale conseillée : 3 m pour des résolutions supérieures à 1280*1024, 15 m pour des résolutions moindres.***

Modules disponibles et extensions associées :

Nom anglais du produit	Longueur maximale et type de câbles utilisés	Informations complémentaires
DVI Extender	33 m (câble Cat5)	Garantis une résolution de 1024x768 jusqu'à 33 m, et une résolutions de 600 x 1200 jusqu'à 10 m
DVI Booster (Single Link)	33 m (câble Cat5)	Garantis une résolution de 1080p ou 1920x1200 jusqu'à 33 m
DVI Booster (Dual Link)	66 m (câble Cat5)	Garantis une résolution de 2560x1600 jusqu'à 66 m
DVI Super Extender	500 m (fibre optique)	Utilise un câble de fibre optique de type LC et un câble CAT-5

HDMI : Le protocole HDMI peut être vu comme une connexion de type tout ou rien dans le sens où soit le signal est assez puissant pour afficher une image correctement, soit rien ne s'affiche. Cependant, même si la résolution de l'image importe peu, la qualité du câble influence grandement sur la longueur maximale. ***Longueur maximale conseillée : 5 m pour un câble standard, jusqu'à 15 m avec un câble de haute qualité.***

Modules disponibles et extensions associées :

Nom anglais du produit	Longueur maximale et type de câbles utilisés	Informations complémentaires
Cables with Built-In Boosters	Dépendamment de la qualité des câbles, de 10 m à 45 m	C'est la solution la plus facile et qui convient à la plupart des usages

HDMI Repeater	45 m	Ce type de boîtier n'a pas besoin d'alimentation externe
HDMI Extender	120 m (câble Cat5)	Garantis une résolution de 720p jusqu'à 120 m et 1080 p jusqu'à 60 m
Wireless HDMI Extender	10 m	Garantis une résolution de 1080p jusqu'à 10 m, moins s'il y'a des obstacles ou des murs

ANNEXE G : AIDE AU CHOIX DES CAPTEURS D'INTERACTION

Nous présentons dans cette partie une aide à la sélection des capteurs et de stratégies pour assurer l'interactivité d'un SRASP en fonction d'un mandat. Les tableaux récapitulatifs ci-après s'inspirent de ceux du fabricant *Interface-Z*. Les capteurs en bleu sont disponibles sur leur site.

Terminologie des modes d'interactions : **Pression** désigne ici l'action volontaire ou non d'appuyer sur quelque chose, du pied ou de la main, plus ou moins fort, modulant alors l'intensité de l'interaction. **Contrôle manuel** désigne l'utilisation volontaire d'un bouton, en appui ou en rotation. Les notions de **mouvement** ou de **passage** impliquent tacitement la **présence** (au moins éphémère). Le terme **présence** n'est donc en général utilisé ici que lorsqu'il peut se dissocier de ces deux autres notions (présence immobile). Le **passage** peut être extrapolé à du **comptage** ou à de la **localisation**. **Localisation** désigne ici la position précise (en x, y) dans une pièce, pas seulement un endroit de passage. **Détections simultanées :** Indique la nature de la détection.

Nomenclature : **Utilisation simultanée :** indique si l'on peut utiliser au même moment plusieurs capteurs identiques dans une pièce. Cette indication est suivie de la possibilité de détection simultanée de plusieurs personnes.

1 : une seule chose/blob/personne ou groupe uni

+ : plusieurs personnes, mais non différenciables

**** : plusieurs personnes différenciables

Oui - ****/1 : différenciation possible selon la disposition des capteurs

Contrôle manuel

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Contrôle manuel	Inclinomètre	1	Oui - ****/1	Accélération/Inclinaison
Contrôle manuel	FSR contact	1	Oui - ****/1	Pression/poids

Contrôle manuel	Interrupteur/bouton	1	Oui - ****	Interrupteur
Contrôle manuel	Potentiomètre	1	Oui - ****/1	Mouvement mécanique

La pression

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Pression	Souffle/Pression atm	1	Oui - ****	Pression/poids
Pression	Dalle FSR posture	1	Oui - ****	Pression/poids
Pression	Potentiomètre	1	Oui - ****/1	Mouvement mécanique
Pression des doigts	FSR contact	1	Oui - ****/1	Pression/poids

La localisation

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Localisation	Détecteur de mouvement vidéo	****	Nécessaire/****	Variation d'intensité lumineuse sur écran
Localisation	Tapis sensitif	****	Oui - ****	Interrupteur

Localisation	Télémètre laser	****	Inutile	Onde lumineuse
Localisation	Tapis sensitif 1 dalle	1	Oui - ****	Interrupteur

Le passage

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Passage	Barrière IR double	1	Pas trop près	Coupure de faisceau IR
Passage	Barrière IR simple	1	Pas trop près	Coupure de faisceau IR
Passage	Caméra carton + LDR	1	Oui - 1 - précision	Variation d'intensité lumineuse
Passage	Capteur pyroélectrique	1	Oui - 1 - inutile	Variation de chaleur
Passage	Détecteur de mouvement vidéo	1	Oui - 1 - précision	Variation d'intensité lumineuse sur écran
Passage	Interrupteur/bouton	1	Oui - 1 - inutile	Interrupteur
Passage	LDR - capteur photoélectrique	1	Oui - 1 - inutile	Variation d'intensité lumineuse

Passage	Potentiomètre	1	Oui - 1 - inutile	Mouvement mécanique
Passage	Proximètre IR	1	Oui - *****/1	Distance par triangulation optique IR
Passage	Tapis sensitif	1	Oui - **** selon le nombre et la taille des dalles	Interrupteur
Passage	Tapis sensitif 1 dalle	1	Oui - **** selon le nombre et la taille des dalles	Interrupteur
Passage	Télémètre US	1	Difficile - *****/1	Echo US

La présence immobile

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Présence immobile	Barrière double IR	1	Oui - *****/1	Coupure de faisceau IR
Présence immobile	Barrière simple IR	1	Oui - *****/1	Coupure de faisceau IR
Présence immobile	Caméra carton LDR + ****	****	Oui - ****	Variation d'intensité lumineuse

Présence immobile	Détecteur de mouvement vidéo	****	Oui - ****	Variation d'intensité lumineuse sur écran
Présence immobile	LDR - capteur photoélectrique	+	Oui - ****/1	Variation d'intensité lumineuse
Présence immobile	Tapis sensitif	****	Oui - ****	Interrupteur
Présence immobile	Tapis sensitif 1 dalle	1	Oui - ****	Interrupteur
Présence immobile	Télémètre laser	****	Inutile	Onde lumineuse
Présence immobile	Télémètre US	1	Difficile ****/1	- Echo US
Présence immobile proche	Proximètre IR	1	Oui - ****/1	Distance par triangulation optique IR

La distance

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Distance	Télémètre laser	****	Inutile	Onde lumineuse
Distance	Télémètre US	1	Difficile	- Echo US

			****/1	
Distance courte	Proximètre IR	1	Oui - ****/1	Distance par triangulation optique IR
Distance courte	Détecteur capacitif	1	Oui - ****/1	Capacité
Distance courte, enfoncement	Potentiomètre	1	Oui - ****/1	Mouvement mécanique
Distance courte (extrapolation)	LDR - capteur photoélectrique	1	Oui - ****/1	Variation d'intensité lumineuse

La vitesse

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Vitesse	Barrière IR double	1	Oui - ****/1	Coupure de faisceau IR
Vitesse	Radar Doppler radio	****	Non	Ondes radio
Vitesse (extrapolation)	Tapis sensitif	****	Oui - ****	Interrupteur

Le mouvement

Détection	Capteur	Détections simultanées	Utilisation simultanée	Principe de captation
Mouvement	Caméra carton + LDR	****	Oui - ****	Variation d'intensité lumineuse
Mouvement	Capteur de flexion	1	Oui - ****/1	Flexion des articulations
Mouvement	Capteur pyroélectrique	1	Oui - ****/1	Variation de chaleur
Mouvement	Détecteur de mouvement vidéo	****	Oui - ****	Variation d'intensité lumineuse sur écran
Mouvement	Interrupteur/bouton	1	Oui - 1 - inutile	Interrupteur
Mouvement	LDR - capteur photoélectrique	+	Oui - ****/1	Variation d'intensité lumineuse
Mouvement	Télémètre US	1	Difficile ****/1	- Echo US
Mouvement (extrapolation)	Piézoélectrique	+	Oui - ****/1	Vibrations suite à un choc
Mouvement (extrapolation)	Tapis sensitif	****	Oui - ****	Interrupteur
Mouvement précis	Potentiomètre	1	Oui - ****/1	Mouvement mécanique

Mouvement proche	Proximètre IR	1	Oui - *****/1	Distance par triangulation optique IR
Mouvement proche	Réflexion IR	1	Oui - *****/1	Réflexion d'un faisceau IR
Mouvement proche	Détecteur capacitif	1	Oui - *****/1	Capacité

Enfin, lorsqu'il s'agit de choisir un capteur optique pour un SRAS, l'article ci-dessous synthétise les différentes alternatives, leurs forces et faiblesses :

<http://www.creativeapplications.net/tutorials/guide-to-camera-types-for-interactive-installations/>

ANNEXE H : AIDE AU PASSAGE RÉEL/VIRTUEL

Dans ce domaine qui mêle virtuel et réel, il est souvent important de passer de l'un à l'autre. Ci-dessous est dressée une liste de logiciels ou approches pour ce faire.

Prototypage 3D :

Il existe déjà de nombreux services en ligne pour de l'impression 3D multi matériaux tels que *Sculpteo* ou encore *Shapeway*. *Pepakura* est logiciel pour aider à la conception de maquette papier. Le logiciel génère les plans et gabarits selon la géométrie d'un objet 3D donné. Il suffit ensuite de les imprimer, découper et assembler pour obtenir une maquette 3D exploitable pour faire des tests de projection.

Numérisation 3D :

Kinect : De nombreux logiciels tels que *ReconstructMe*, ou *Scanect* se développent, rendant enfin la numérisation 3D d'environnement accessible au grand public. Cependant, ces logiciels nécessitent une bonne configuration logicielle et matérielle pour parvenir à des résultats satisfaisants et il est souvent nécessaire de retravailler le nuage de point avec cette méthode.

Photogrammétrie : *123d catch* est probablement à l'heure actuelle la façon la plus efficace et simple de faire une numérisation d'objet 3D. Il suffit de prendre une série de clichés depuis des points de vue différents d'un même objet, téléverser ses photos sur le serveur d'*Autodesk* et un modèle 3D relativement propre et texturé est généré automatiquement.

Lumière structurée : Il ya aussi d'autres méthodes pour obtenir la même information avec une webcam et un projecteur. De la documentation pour se construire un tel numériseur 3D est largement disponible sur internet en cherchant les mots clefs "structured light scanner DIY"

LIDAR : Une autre méthode appelée LIDAR utilise le balayage de lasers et une méthode de mesure de la lumière réfléchie pour construire une image de profondeur haute résolution. LIDAR est généralement plus efficace que les autres pour obtenir rapidement un modèle 3D pour une surface de projection architecturale. Cependant, ce genre de service est encore relativement dispendieux.

ANNEXE I : DOCUMENTS ASSOCIÉS LA CRÉATION VISUELLE

Nous donnons ci-après les documents que nous avons réalisés nous-mêmes pour la conception des visuels d'augmentations sur les projets où nous étions artistes afin de donner des exemples de document pour assurer la gestion de la production. Cela permet d'illustrer l'équivalent d'une maquette de "page-écran" lorsque la page sort de l'écran pour la composition réel/virtuel.

Storyboard pour LSDS:

Êtres lumineux (204 s)

Voyage à travers l'espace et le lien entre l'homme et la géométrie sacrée




Inspirations:

Slugabed-Quantum leap



Slugabed-Moonbeam Rider



Logiciels:   

Temps: 10 jours

Synopsis:

- Apparition d'étoiles: camera fixe
- La camera se met à reculer dans l'espace
- Des points se forment au milieu des étoiles
- Des lignes relient les points pour former une forme géométrique 2D
- La forme géométrique évolue et se complémente en 2D jusqu'à former un cercle
- Des points apparaissent autour du cercle et viennent former une forme géométrique 3D
- La forme géométrique évolue et se complémente en 3D jusqu'à former une sphère
- Les solides de Platon apparaissent concentriques avec le cercle et la sphère
- En retraçant: ils deviennent un point: D'autres points apparaissent au milieu des étoiles
- En reliant les points: un visage miroir à l'esthétique Noire apparaît face à la camera
- La camera recule: l'atmosphère apparaît le corps en entier
- Un faisceau de lumière prend naissance à l'emplacement du troisième œil spirituel
- Le fuséau se dirige vers la camera créant un flash blanc final

Voyage à travers l'espace



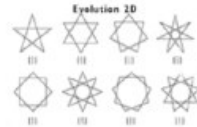
Recette: Composition de vidéo existante de voyage dans l'espace (voir vidéo références), composée avec des particules de Particular.

Lien entre l'Homme et la géométrie sacrée

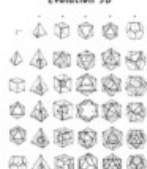
Du point à la ligne



Evolution 2D



Evolution 3D



Des solides de Platon à l'Être lumineux



Placement



Recette: Export d'animation en .obj depuis 3dsMax dans Plexus. Shooting avec kinect et RGBDToolkit. Compositing des layers dans After Effect.

