

Texte de la soutenance de la thèse de doctorat présentée par François Garnier
Diffusion spatiale et espaces numériques tridimensionnels.
Étude esthétique et technique de la perception stéréoscopique en réalité virtuelle.

Soutenue le 12 décembre 2008 à l'Ecole Nationale des arts Décoratif, devant un jury composé de :
Marie-Hélène Tramus, présidente, directrice de l'UFR ARTS, professeur des universités à l'université de Paris 8.
Hervé Huitric, directeur de thèse, professeur des universités à l'université de Paris 8.
Guy Chapouillé, rapporteur, professeur des universités à l'université de Toulouse.
Alain Derobe, chef opérateur, stéréographe, président d'UP3D, Union des professionnels de la vision 3D.

L'espace numérique tridimensionnel est par nature spatial. Cependant, il est frappant de remarquer que dans leur grande majorité, ses créations pensées et construites pour et dans cet espace sont, au moment de leur diffusion, ramenées à une image plane. L'artiste ne présente alors qu'une photographie bidimensionnelle et fragmentaire d'une création tridimensionnelle. Cette attitude est directement héritée des modèles cinématographiques et télévisuels. Ces supports gardent encore un quasi-monopole de la diffusion finale des images numériques et ne nous restituent qu'une trace des espaces dont elles sont issues.

Notre hypothèse de travail est que l'accès à la diffusion spatiale des œuvres numériques, rendues possibles grâce au développement des techniques de stéréoscopie et d'interactions, transforme radicalement la perception des espaces numériques. En s'exprimant en volume, l'image 3D, devenue un espace numérique perceptible, affirme son caractère tridimensionnel et s'autonomise vis-à-vis des autres supports. Cet espace dépasse son statut d'outil de trucage, de simulation ou de mémorisation des autres médiums, et devient un médium autonome, possédant ses propres codes perceptifs, esthétiques et narratifs.

Diffusion spatiale des espaces numériques => autonomisation de l'image/espace de synthèse vis-à-vis des médias imageants.

Que se passe-t-il donc lorsque nous portons à nos yeux une paire de lunettes stéréoscopiques et que soudain, de ce couple d'images, jaillit dans notre cerveau un volume ?
Pourquoi ce retour de la stéréoscopie, une technique désuète reléguée au rang de curiosité réapparaît-elle avec le développement des technologies numériques de communication ?
Pourquoi les règles de l'image plane ne s'appliquent plus au couple d'images stéréoscopiques ?
Quelles en sont les nouvelles règles, les nouvelles pratiques, les nouveaux usages ?

Enfin, et c'est la question fondamentale de ce mémoire, ces glissements de pratiques, ces nouveaux usages, basés sur les récentes évolutions du support numérique et de ses techniques de diffusion, ne seraient-ils pas les indices d'un événement en cours : l'émergence, ou l'affirmation d'un médium spatialisant se singularisant progressivement des médias imageants existants ?

Notre sujet se trouve à la convergence de trois grands axes thématiques : une qualité humaine, un sens, celui de la perception de l'espace, un principe de diffusion, la stéréoscopie, vieille de plus d'un siècle et demi, et un support de création artistique récemment apparu avec l'émergence des technologies informatiques de communication, les espaces numériques.

Un sens, celui de la perception de l'espace

La perception de l'espace repose sur un dispositif multi-sensoriel complexe. De très nombreuses sources d'information se conjuguent pour compléter notre espace perceptif. Parmi ces sources, la vision nous apporte une perception des distances. Avec un œil, nous obtenons des informations relatives sur l'espace ; les échelles et les distances sont évaluées par des déductions cognitives.

La vision binoculaire nous apporte une lecture absolue de la distance. La tension des muscles qui font converger nos yeux sur un objet, informe notre cerveau sur sa distance. C'est en s'appuyant sur cette information que la disparité binoculaire et l'ensemble des facteurs monoculaires construisent notre espace perceptif visuel.

En communication, la vision stéréoscopique (perception binoculaire) diffère donc fondamentalement de la vision d'une image (vision monoculaire). La lecture d'une image est purement cognitive. Elle se base sur des informations relatives, pour déduire les échelles et les distances de l'espace représenté. En vision stéréoscopique, la convergence nous apporte en plus une information absolue, phénoménale, de l'espace perçu. Notre corps est impliqué dans cette action de perception, physiquement, dans ses dimensions, par notre écart d'oeil, dynamiquement, par l'effort des muscles qui font converger nos yeux. Enfin des zones propres à la perception binoculaire sont activées dans le cerveau en plus de celles associées à la vision monoculaire (Guy A. Orban) [1].

D'autres sens participent à la perception de l'espace, l'ouïe, le toucher, les sens de l'équilibre et du mouvement. Parmi eux, le sens du mouvement nous apporte également une information absolue sur les dimensions de notre environnement. Lorsque nous évoluons dans un espace virtuel, en contrôlant notre point de vue nous percevons dynamiquement l'espace qui nous entoure. C'est en apportant une expérience multi-sensorielle aux spectateurs que la perception spatiale sera optimum (Berthoz) [2].

Le mouvement et la vision stéréoscopiques sont donc les deux principales sources d'informations phénoménales de l'espace. De nombreuses autres sources nous apportent des informations cognitives. L'ensemble de ces informations converge vers le cerveau pour être décrypté, analysé et réassocié. Le cerveau reconstitue dans l'espace perceptif le modèle le plus cohérent possible de l'espace perçu. Nous évoluons donc dans l'espace physique en nous guidant sur un espace perceptif probable.

L'espace perceptif n'est pas un espace euclidien, mais un espace complexe, associant des informations de natures très diverses. L'espace euclidien numérique et l'espace physique sont donc de nature fondamentalement différente de l'espace perceptif. Ils sont explorés par nos sens de façon fragmentaire et dissocié, suivant des processus de natures très diverses (Henri Pointcarré) [3]. La perception des distances est indissociable du mouvement, elle est un outil de simulation de nos déplacements, ces déplacements potentiels étant eux-mêmes générateurs d'informations sur l'espace qui nous entoure. Un être immobile n'aurait jamais pu acquérir la notion de l'espace.

Un principe de diffusion, la stéréoscopie

La perception du relief a été dès l'Antiquité une qualité clairement identifiée de la vision humaine, au même titre que celle des contours, de la couleur ou du mouvement. La remarque de Léonard de Vinci, déplorant de ne pas pouvoir donner plus de relief à la peinture, illustre l'importance de cette absence sur les supports plans.

Pour les inventeurs du XIXème siècle, il était évident qu'un support visuel devant reproduire « les apparences de la vie » devait intégrer le relief. Les premières reproductions du relief seront réalisées avant même la mise au point de la photo sous la forme de stéréogrammes dessinés.

Un enregistrement rapidement maîtrisé, mais une restitution délicate.

Les principes d'enregistrement du relief ont été rapidement résolus. Dans les années qui suivirent les premières photographies, des stéréogrammes de très bonne qualité étaient produits. La photo stéréoscopique s'est très rapidement développée au cours des années 1850, au point de devenir le format photographique le plus utilisé jusqu'en 1890. La mise à l'écart de la stéréoscopie coïncide avec l'apparition de la reproduction en série d'images photographiques sur papier. Non adaptées à ce support de diffusion, les images stéréoscopiques vont peu à peu être marginalisées et réduites au rôle de curiosité. [4]

Les premières diffusions de films stéréoscopiques eurent lieu entre 1903, avec *L'Arrivée du Train* des frères Lumière, un court-métrage visionné dans un stéréoscope modifié pour l'occasion, et 1915, date de la première projection publique et payante d'un court-métrage stéréoscopique en anaglyphe à New York avec le film *Jim, The Penman* de la Paramount Pictures Corporation.

En 1950 les majors du cinéma américain décident de produire régulièrement et d'exploiter des longs-métrages tournés en stéréoscopie. L'objectif est de contrer la désaffection des salles après l'apparition de la télévision. Des contraintes de diffusion liées à la synchronisation des deux projecteurs de cinéma et à l'utilisation de lunettes vont faire échouer cette tentative. Un équilibre se met en place entre l'audience du cinéma et la télévision, les majors arrêtent de produire des films stéréoscopiques dans le courant de années 1960. Seule quelques salles dédiés à des sites particuliers (expositions internationales, parcs à thème, Imax ...) continueront à diffuser des films stéréoscopiques.

Le principe stéréoscopique a toujours attiré le public et correspond à un réel besoin exprimé par les créateurs. La marginalisation de cette technique est en grande partie due à sa difficulté d'adaptation aux supports de diffusion de masse, tels que la presse, la télévision ou le cinéma.

Pour avoir une chance de perdurer, la stéréoscopie doit trouver un support de diffusion fiable, adapté et accessible. Elle semble l'avoir trouvé dans les technologies informatiques de communication. Mais cette réapparition de la stéréoscopie doit être pondérée au regard de son histoire. Est-elle vouée à l'échec comme ses deux premières tentatives photographiques et cinématographiques, où a-t-elle trouvé à travers ce support, l'outil de diffusion attendu depuis plus d'un siècle pour s'imposer comme un principe de communication de masse ?

Un support de création artistique, les espaces numériques.

Dans leurs premières années, les espaces numériques se présentent sous la forme d'images planes non-interactives. À ce titre, elles partagent les qualités de l'image numérique : immatériabilité, reproductibilité, transmissivité et malléabilité (MacLuhan, Virilio, Couchot) [5] [6]. Si elles diffèrent des autres images numériques, et notamment des images numériques saisies, c'est qu'elles sont le résultat d'un calcul basé sur un espace numérique sous-jacent. Cette caractéristique leur permet d'être à tout moment régénérées à l'identique, ou modifiées en intervenant sur l'espace numérique dont elles sont issues.

C'est cette qualité particulière des images numériques «3D» qui va dans un premier temps intéresser les artistes. La photographie, la vidéo, le cinéma, l'animation, vont trouver dans la numérisation un outil de travail puissant : il devient possible de modifier leurs contenus, de les manipuler, de les associer sans pertes. Dans la palette des outils numériques, la « 3D » devient alors un outil de truchement d'images.

Le support numérique est immatériel, n'a pas de dimensionnalité a priori, et peut proposer des représentations à une, deux, trois dimensions ou plus. L'homme étant créé pour percevoir trois dimensions au plus, c'est l'absence d'interface de diffusion qui empêche de visualiser les espaces numériques. Deux évolutions techniques vont révéler cette nature spatiale.

La montée en puissance des ordinateurs réduit le temps de calcul des images et permet de les afficher en temps réel. À l'aide d'une interface, il devient possible d'interagir avec un espace virtuel, de s'y déplacer, et donc d'en percevoir la dimension spatiale par le mouvement. L'espace numérique se révèle alors en tant que tel, quitte son statut de simple outil et se différencie dans ses applications. C'est sur cette performance, cette instantanéité, que se baseront le jeu et la simulation, premières expérimentations d'une perception sensible des espaces numériques.

Avec le développement des projections numériques et des petits écrans plats (casques de vision virtuelle), un autre mode de perception de l'espace s'affirme : la stéréoscopie. Elle s'appuie sur la faculté des espaces numériques à générer avec une grande fiabilité les deux images d'un couple stéréoscopique. Il devient alors possible de calculer et de diffuser les deux images rétiniennes de la vision binoculaire et de restituer une perception visuelle de ces espaces.

Dès lors, l'espace numérique s'ouvre, le spectateur peut le pénétrer, s'y immerger et vivre une expérience sensible, visuelle et kinesthésique dans ces nouveaux espaces. La mise en réseau des espaces numériques permet de communiquer et de partager une expérience. Connectés avec les objets communicants, ils proposent une réalité hybride, fusionnant réel et virtuel.

L'espace numérique propose alors un support d'expression complet de création, de mémorisation et de diffusion d'espace, qui ouvre une nouvelle dimension esthétique aux artistes. Il se différencie fortement des autres supports, en proposant pour la première fois un médium de communication leur permettant de travailler dans trois dimensions. Il devient possible de s'exprimer dans la même structure dimensionnelle que celle ou nous vivons naturellement, et pour laquelle l'ensemble de nos sens sont optimisés. Ce nouveau support calqué sur les dimensions de notre monde physique, ne va pas sans remettre en cause profondément notre rapport à la réalité.

Avec l'interaction dynamique, la vision binoculaire est une des deux passerelles sensorielles permettant une approche phénoménale, absolue, des espaces numériques. Si les rapports entre interaction et espace numérique sont aujourd'hui assez bien connus, notamment avec les développements fulgurants des jeux vidéo dans les années 1990, ceux qui les relient à la vision binoculaire restent en partie à défricher.

Il y a clairement une affinité entre les technologies de communication numériques et la stéréoscopie. D'un côté, les espaces numériques sont à la recherche de principes de diffusion leur permettant d'exprimer leur nature tridimensionnelle. De l'autre la stéréoscopie trouve dans les technologies informatiques de communication, une solution fiabilisant sa diffusion, et un nouveau support de création et production. Enfin la vision binoculaire est une qualité clairement identifiée de la perception humaine, elle est l'un des facteurs nous informant sur notre environnement et à ce titre correspondant à un vecteur potentiel de communication.

Pour tenter de cerner les rapports complexes qui unissent ce support et ce mode de diffusion, il est nécessaire de faire un état de l'art technologique et esthétique, de l'application de la stéréoscopie aux espaces numériques.

Les technologies numériques ont eu un impact décisif dans deux phases clef de l'application des principes de la stéréoscopie dans la production des couples stéréoscopiques et dans leur diffusion.

L'apparition d'un nouvel espace de création virtuel et numérique, en plus de l'espace physique, a fortement développé les champs d'application de la stéréoscopie. Mais leur association ne s'arrête pas à ce constat. La nature mathématique des espaces numériques s'adapte particulièrement bien aux règles géométriques de la stéréoscopie. L'absence de contraintes physiques simplifie et permet son application sans approximation, au plus proche de la théorie. Cette caractéristique des espaces numériques tridimensionnels évite une grande partie des lourdeurs techniques de la stéréoscopie en tournage réel et apporte de nouveaux outils facilitant considérablement la mise en scène de programmes relief.

Les technologies informatiques de communication ont fiabilisé et développé les dispositifs de diffusion spatiale et rendu visible une de leurs applications, les espaces numériques.

Trois grands principes de diffusion spatiale semblent se mettre en place :

- Un principe de diffusion partagée, basée sur des vidéo-projecteurs numériques projetant des couples stéréoscopiques sur grand écran où un large public partage le même point de vue sur un spectacle linéaire. Ce type de diffusion, directement inspiré du cinéma, est actuellement le plus utilisé, notamment en « Cinéma Relief » ou en Imax.
- Un principe de diffusion immersive embarquée, basée sur des casques (séparation physique) immergeant le spectateur dans un univers 3D en lui offrant un contrôle complet de son point de vue. Mise en réseau, cette technologie peut permettre à plusieurs spectateurs d'assister au même événement depuis leur propre point de vue. Associée à une géolocalisation, elle ouvre vers des applications de réalité augmentée. Enfin le VRD (visual rétinian display), une technique basée sur une projection directe de l'image à l'aide d'un laser sur la rétine, laisse entrevoir un développement spectaculaire de ce principe directement inspiré du stéréoscope du XIXe.
- Un principe de diffusion localisée, basé sur l'affichage physique d'objets 3D visualisables dans un espace réel. La technique du laser colimaté, encore balbutiante, permet d'envisager la diffusion d'un volume virtuel dans l'espace sans support ni équipement particulier pour le spectateur. [7]

Les TIC ont un impact décisif dans le développement des techniques de diffusions spatiales actuelles et futures. Elles proposent pour la première fois un support technologique de la création de contenus spatiaux (espaces numériques tridimensionnels) et de diffusions (technique de diffusion, transfert de données par réseau). Une dynamique de fond se crée entre ces deux techniques lors de leur application. La stéréoscopie semble avoir trouvé le support de production et de diffusion fiable qui lui faisait défaut depuis son invention.

Selon quelles modalités, l'utilisation de la stéréoscopie transforme ou influence les pratiques artistiques, les usages et les codes visuels hérités de supports plans?

Pour répondre à cette question, nous nous pencherons, dans un premier temps, sur un cas particulier parmi les applications de la stéréoscopie aux espaces numériques : l'étude de la forme et des processus de productions de films stéréoscopiques linéaires, diffusés sur de grands écrans. Ce type de films représentent aujourd'hui la majorité des productions stéréoscopiques. Ils sont diffusés dans des lieux spécifiques comme des parcs à thème, de grandes expositions, ou des sites remarquables, mais également, depuis quelque temps, avec l'apparition de la projection numérique, dans les réseaux de distribution traditionnels du cinéma. Le « cinéma relief » est très proche dans sa forme du cinéma traditionnel, et est souvent considéré comme l'une de ses évolutions technologiques. Cette proximité nous permettra d'isoler et de comparer l'évolution des pratiques liées à la

stéréoscopie dans les processus de création et de production de ces films. Nous chercherons à comprendre l'origine de ces changements d'usage et leurs implications esthétiques.

Du cinéma relief aux formats spéciaux

Lorsque l'on compare la chaîne de production d'un film traditionnel avec celle d'un film relief, de nombreuses modifications peuvent être constatées. Les premières sont d'ordre technique, et en grande partie liées à la présence de deux caméras lors de la prise de vues et aux réglages des deux points de vue stéréoscopiques. Le matériel de prise de vue doit être adapté, transformé ou réinventé. De nouveaux métiers apparaissent, comme celui du stéréographe, ainsi que des postes de post-production liés au réglage des couples stéréoscopiques.

Mais ces modifications ne s'arrêtent pas à de simples différences techniques. À chaque étape de la chaîne de production, la nature spatiale du contenu manipulé influence les pratiques. Le découpage temporel, le montage, le découpage spatial et le cadre ne répondent plus aux mêmes exigences.

Le cerveau demande du temps pour explorer l'espace qui se révèle à lui, pour s'y projeter, en explorer les possibilités, voir même pour tenter de le toucher, de s'y investir physiquement. Le rythme de montage est plus lent, les mouvements d'appareils plus présents, ils appellent à une exploration de la profondeur, au travelling avant, à la vision subjective, à l'implication personnelle. Le « ride » est la forme la plus poussée de ce besoin d'exploration et de pénétration dans la profondeur du cadre.

Le cadre lui aussi change de nature. Il ne marque plus les limites d'un choix dans un ensemble de lignes de force graphiques et animées. Ses bords tendent à s'effacer, à sortir du champ visuel. L'œil ne décode plus un plan borné, mais plonge dans un espace, en évalue l'échelle, les distances, le potentiel exploratoire. Ce ne sont plus les limites extérieures de l'écran, mais sa surface, qui structure le champ, un plan translucide dans la profondeur de l'espace diffusé. Il marque la limite du proche et du lointain, du « dans la salle » et du « en dehors », deux volumes aux caractéristiques différentes. L'espace de diffusion et le spectateur deviennent indissociables géométriquement de l'espace de mise en scène. (Sergueï Eisenstein) [8]

Les deux grands principes cinématographiques, le cadre et le montage, sont profondément transformés et réactualisés par la présence de la profondeur. La mise en scène, les thèmes, les usages des films doivent être repensés.

Ces spécificités formelles influencent bien sûr la mise en scène. Celle-ci s'articule généralement sur un axe pénétrant. Parmi les formes récurrentes, on retrouve la quête, une caméra progresse dans la profondeur de l'espace en travelling avant en entraînant le spectateur, et le face à face où un volume vient à notre rencontre et se laisse contempler à portée de mains. Ces deux formes se retrouvent dans le choix des environnements les plus souvent mis en scène dans les films stéréoscopiques. D'une part des univers libres, sans gravité et offrant une liberté totale d'évolution dans les trois dimensions (l'eau, l'air, l'espace), souvent associés à des thèmes mettant en avant la sensualité de la forme. D'autre part, des univers structurés, orientés horizontalement (architecture, route, couloir, végétation...) associés à des thèmes mettant en avant l'action dynamique subjective (la chasse, la poursuite, la quête).

Dans les deux cas, c'est sans doute la nature intuitive, phénoménale de la perception stéréoscopique qui explique ces spécificités. La vision stéréoscopique nous implique intimement dans notre rapport à l'autre (perception sensuelle de la forme) et activement dans notre rapport au monde (perception kinesthésique, interaction, prédation...). Nous ne regardons plus mais nous explorons, nous n'apprenons plus mais nous découvrons.

La perception d'un espace mobilise le corps et les sens du mouvement. Les sièges dynamiques et les effets physiques du ride et du cinéma 4D ne sont pas de simples dispositifs forains, ils sont le prolongement logique d'un besoin sensoriel, cherchant à associer à la perception visuelle de l'espace une perception dynamique, kinesthésique de l'espace. Enfin l'espace de la salle devient une partie intégrante du spectacle. Il prolonge le décor ou fait sens par sa localisation. L'espace virtuel et l'espace physique se complètent, s'hybrident.

Ce glissement des pratiques est symptomatique d'une transformation en profondeur d'un support de création. Comme l'affirment de nombreux réalisateurs (Cameron, Ben Stassen ...) [9], il peut être comparé à l'apparition du son en cinéma.

Mais lorsque le spectateur devient actif dans la salle de diffusion, ou lorsque le contrôle du cadre lui est donné, c'est-à-dire lorsque deux sens de la perception de l'espace sont mobilisés, le sens du mouvement et le sens de la vision binoculaire, les derniers liens avec le cinéma s'étirent et rompent, et nous entrons définitivement dans une

autre dimension esthétique, un nouveau support. La comparaison avec un autre moment clef de l'histoire des médias serait alors plus juste : lorsque la photo, en intégrant une dimension supplémentaire, celle du temps et du mouvement a fait naître un nouveau médium, le cinéma.

Des formats spéciaux à l'immersion interactive. L'implication physique du spectateur.

De nouvelles formes d'expression associant stéréoscopie et espaces numériques apparaissent. Ces expérimentations associent les espaces de diffusion dans leur mise en scène et tendent à impliquer activement le spectateur dans une interaction multi-sensorielle. L'ensemble des pratiques s'échelonne entre deux grands principes de diffusion. D'un côté des espaces jaillissants, où un grand nombre de spectateurs partage une action dans un espace projeté, jaillissant devant lui dans l'espace physique de la salle de diffusion, de l'autre des espaces immergents, où un utilisateur actif est isolé dans un espace numérique. Les spectacles basés sur des espaces jaillissants s'adressent généralement à un grand nombre de spectateurs assistant au déroulement de l'action d'un même point de vue. Comme nous l'avons vu précédemment, ces pratiques sont directement issues des principes de diffusion du cinéma, et se développent actuellement avec le renouveau du cinéma relief. Sous certaines formes comme le cinéma 4D et le ride, elles intègrent une stimulation kinesthésique - sièges mobiles ou effets physiques (vent, chaleur, odeur). Plus ces sensations physiques sont présentes, plus la forme du contenu s'éloigne des canons du cinéma traditionnel.

Les espaces dédiés – Le spectacle vivant

Cette tendance trouve son apogée dans des spectacles ou des attractions diffusées dans des espaces dédiés où se retrouvent associés des décors physiques, des spectacles vivants et des projections stéréoscopiques. Citons notamment des attractions comme *T2 3-D (Terminator 2)* ou *The Amazing Adventures of Spider-Man* ou *Monsters of Grace* [10] [11], un opéra digital en 3D de Robert Wilson et Philip Glass. Si la dramaturgie reste linéaire dans ce type de spectacle, la continuité temporelle et spatiale de l'action, l'implication physique et multi-sensorielle du public, nous rapproche plus de la performance, de l'expérience, que du récit.

Les installations interactives

Contrairement aux dispositifs que nous avons évoqués précédemment, les dispositifs interactifs reposent sur un mode d'expression fondamentalement individuel. La rupture avec le code narratif cinématographique est complète. Si l'auteur veut communiquer avec le visiteur, ce n'est plus par le découpage, ou par le cadre qu'il devra s'exprimer, mais à travers la structure de l'espace qu'il présente, les circulations et les rencontres qu'il favorise, par les modes et les niveaux d'interactions qu'il propose. L'interactivité transforme en profondeur les principes de communication. Le spectateur change de statut et devient un visiteur actif. Elles lui donnent directement la possibilité d'agir sur le déroulement de l'action dans le temps ou dans l'espace. Elles impliquent dynamiquement le visiteur dans l'espace, lui offrant avec la vision stéréoscopique une perception multimodale de l'espace numérique. [11]

L'immersion

Les espaces immergeant s'adressent à un utilisateur équipé d'un dispositif lourd incluant des interfaces d'interaction (contrôle du point de vue, manipulation d'objets...) et d'un casque stéréoscopique et stéréophonique, équipé d'un capteur de direction du point de vue ou de dispositifs de type Cave. L'utilisateur est isolé, immergé dans l'espace numérique. Il a le contrôle de son point de vue et de ses déplacements, il peut interagir avec le contenu de l'espace virtuel. Le scénario n'est pas linéaire, l'auteur propose un univers, des objectifs, et des choix pour orienter les actions de l'utilisateur. La structure de ces univers s'inspire de celle des jeux. Dans ces installations, la perception de l'espace passe avant tout par le sens du mouvement et des interactions de l'utilisateur avec l'univers, la stéréoscopie intervient généralement en appui. Comme dans la perception naturelle d'un espace physique, la vision stéréoscopique prépare à l'action. Les sens du mouvement activés par le contrôle du point de vue, nous font interagir dans ces espaces, la vision stéréoscopique nous y prédispose, en nous le faisant percevoir afin de préméditer l'action [12].

Les espaces hybrides

Ces deux extrêmes se réunissent avec le développement des réseaux et des univers persistants. Il devient possible de partager à plusieurs le même espace numérique, en conservant la subjectivité de son point de vue, son identité. Plusieurs utilisateurs partagent le même scénario, en interagissant en commun dans son action. L'espace est actualisé par leur action, la réalité de ces actions est validée par le groupe. Ces espaces peuvent être perçus comme une réalité sociale. La stéréoscopie est encore peu utilisée dans ces univers : visualisé principalement sur écran, un avatar ne se blesse pas des suites d'une collision avec un mur s'il en a mal évalué la distance... Toutefois des expérimentations sont en cours. Elles sont notamment motivées par la dimension sensuelle de la perception des volumes, et par un besoin d'immersion accru dans ces espaces. [13]

Enfin, une autre avancée technologique, celle de la géolocalisation et des objets communicants permettant de superposer, d'hybrider les deux espaces (physique et numérique). Il devient possible d'évoluer naturellement dans l'espace physique en percevant un espace hybride, augmenté d'un espace numérique. Les utilisateurs se voient physiquement et partagent indifféremment des actions ou des interactions sur des objets physiques ou virtuels. La perception visuelle de ces espaces est assurée par des casques, proposant une vision binoculaire sur des images composites. Elles associent deux points de vue géolocalisés, l'un sur l'espace réel, direct ou filmé depuis des caméras placées sur un casque et l'autre dans un l'espace numérique se superposant au premier. La vision stéréoscopique devint alors primordiale dans cet espace hybride, informant à la fois sur l'espace physique et sur l'espace virtuel. Elle retrouve son rôle premier, et nécessaire dans l'espace physique : celui d'évaluer une distance et un espace avant d'engager une action.

Nous assistons aux développements de nouvelles pratiques dans un foisonnement d'expérimentations autour de la communication par l'espace. Elles mettent en évidence l'apparition de nouvelles formes de communication et d'échanges. Dans ces expérimentations, deux sens sont indissociables : le mouvement et la vision spatiale.

À ce stade, sommes-nous en mesure de répondre à notre question : sommes-nous face à l'émergence ou à l'affirmation d'un médium spatialisant se singularisant progressivement des médias imageants préexistants ?

- Nous pouvons clairement identifier son support technologique, le numérique. Il est présent et déterminant dans toutes les phases de son utilisation : création, mémorisation, transmission, diffusion.
- Il s'adresse de façon spécifique à des sens identifiés, ceux de la perception de l'espace, et notamment ceux de la vision et du mouvement.
- Il s'exprime dans les trois dimensions de l'espace et dans le temps, l'environnement naturel de la perception humaine. En cela il se différencie nettement des autres médias et ne saurait être confondu avec une simple évolution technique d'un autre médium.
- Il est possible de produire un espace sur ce support, de le mémoriser, de le transmettre, de le diffuser et de le percevoir dans toutes ses dimensions.
- Enfin des codes visuels, des pratiques et des usages spécifiques se développent et transforment nos modes de communication.

Pour répondre à notre question, le plus difficile est de trouver la définition d'un médium. Si l'on se réfère à Mac Luhan [14], les contours d'un médium sont si larges, que sa définition contient aisément ce nouveau médium. Si l'on se réfère à celle de Stanley Gibb, les univers persistants pourraient être qualifiés d'hypermédia.

Une autre solution est de comparer les conditions d'apparition de ce nouveau support d'expression avec celle d'un autre médium avéré, le cinéma. La dernière grande évolution technique ayant proposé une nouvelle dimension esthétique, date du début du XXe siècle :

Les chronophotographies de Marey nous démontrent que dès 1882, les procédés d'enregistrement et de mémorisation du mouvement étaient au point, seul le procédé de restitution, de diffusion manquait. Le cinéma était potentiellement là, mais ne pouvait se révéler. Cette situation est assez proche de celle des espaces numériques vers 1990. Tous leurs utilisateurs savaient qu'ils avaient affaire à un espace, mais les plans de leur écran ne leur en présentaient que des images, des « images 3D », une expression symptomatique de l'état latent dans lequel ils se trouvaient. C'est lorsque le projecteur cinématographique a pu projeter à une cadence suffisamment élevée les instantanés photographiques, que le cinéma est né. Visible, perceptible à nos yeux, la nouvelle dimension temporelle qu'il exposait en faisant un médium à part entière, se détachant de la photographie. Une écriture spécifique à cette nouvelle dimension temporelle s'est structurée.

Comme le cinéma, les espaces numériques ont dû attendre l'apparition des premières techniques de diffusion spatiale pour quitter leur statut d'image. La perception de l'espace est multimodale, sa diffusion aussi. Le jeu en proposant une perception de l'espace par le mouvement et l'interaction, et la stéréoscopie en proposant une perception visuelle des espaces numérique, nous révèlent une nouvelle dimension d'expression artistique. En rendant perceptibles les trois dimensions de l'espace numérique dans le temps, ils font émerger un nouveau médium, un support d'expression aux dimensions de l'espace perceptif humain. Dès lors des pratiques s'affirment, se diversifient, s'autonomisent.

Nous pouvons donc affirmer que nous vivons un événement esthétique majeur. Un événement de même ampleur que celui qui s'est déroulé au début du XIXe siècle avec l'apparition du cinéma et de l'image en mouvement, et qui a profondément transformé notre perception du monde au cours du XXe siècle.

L'information ne se présentera plus uniquement sous forme de textes, d'images ou de sons, mais également sous forme d'espaces. Comme nous l'avons entrevu dans ce mémoire, l'information spatialisée répond à des modes de perception, des usages, des règles, une écriture, qui lui sont propre. La spatialisation des contenus impliquera de nouvelles formes d'accès à l'information, sans doute plus intuitives. Nous devons repenser sa mise en espace, son ordonnancement, sa scénographie. Son contenu, son message en seront transformés, sa perception et sa compréhension modifiées. Un nouveau champ de recherche s'ouvre, celui de la spatialisation de l'information.

Après notre « société de l'image », une « société de l'espace » semble se dessiner pour le prochain siècle. Quelles seront les implications de cette transformation radicale de nos modes de communication ? La diffusion de l'image au XXe siècle a radicalement modifié notre vie, notre perception du monde, notre société. Qu'en sera-t-il de ces nouveaux espaces numériques ?

L'apparition récente des univers persistants suite à la mise en réseau des espaces numériques confirme la prise d'autonomie de ce médium. Les usages qui s'y développent sont totalement nouveaux et rompent avec ceux que nous connaissions jusqu'alors. On assiste déjà à l'émergence de nouvelles formes de communication, de nouvelles pratiques artistiques, sociales, éducatives. Des groupements d'universitaires, de bibliothécaires travaillent dans ces univers collaboratifs pour développer l'accès à l'information, l'apprentissage par l'expérience, la recherche intuitive. Sur ces nouveaux supports d'expression, des collectifs d'artistes exposent, créent, communiquent... Une nouvelle mobilité apparaît, des personnes se rencontrent, se déplacent, communiquent via leur avatar dans ces nouveaux territoires. Cette mobilité virtuelle est déjà pensée comme une réponse à la crise des transports physiques dûs à la diminution des réserves énergétiques, comme une mobilité propre, écologique.

Ces espaces, qu'ils soient immersifs ou hybrides, transformeront en profondeur notre rapport au monde. Quelle place prendront ces nouveaux territoires dans notre vie ? Comment s'associeront-ils à l'espace physique ? Comment se compléteront-ils ? Quels nouveaux territoires émergeront de l'hybridation des univers physiques et numériques ? Quelle sera notre identité, notre altérité, celle de notre avatar, vis-à-vis de nous-mêmes, vis-à-vis de l'autre ou de la société ?

Enfin, ces nouveaux espaces, ce nouveau médium aux dimensions de notre espace vital et de notre sensibilité, transformeront en profondeur notre perception de la réalité. Saurons nous différencier réel et virtuel ? Doit-on avoir peur de cette perte de repères ? Sommes-nous devant un grand saut vers l'inconnu ou devant une étape logique d'un long processus dans lequel l'humanité est engagée depuis plusieurs millénaires ? Nous approchons déjà la réalité par une médiation, celle de nos sens, celle de nos technologies de communication. Le récit, l'écrit, l'image, l'informatique ont initié ce processus en transformant profondément notre perception du monde et de son hypothétique réalité originelle.

Tout laisse à penser qu'en percevant les espaces numériques, nous entrons dans une nouvelle ère de la communication, qu'à la « société de l'image » du XXe siècle succèdera celle de la communication par l'espace. Ces nouveaux territoires hybrides réuniront, dans une même perception, espaces physiques et numériques.

[1] Guy A. Orban *Vision stéréoscopique et structure tri-dimensionnelle des objets* conférence au collège de France. 2007

[2] Alain BERTHOZ, *Le sens du mouvement*. Ed. Odile Jacob (1998).

[3] Henri Poincaré *La science et l'hypothèse*. Paris Flammarion. (1932)

[4] Paris en 3D, de la stéréoscopie à la réalité virtuelle, 1850-2000, (cat. exp.), Paris, Paris Musées/ Booth-Clibborn Ed., 2000.

[5] Paul Virilio *La Bombe informatique, essai sur les conséquences du développement de l'informatique* Edition Galilée, 1998

[6] Edmond Couchot et Norbert Hilaire *L'art numérique*. Champs- Flammarion, Paris, 2003.

[7] Three Dimensional Images in the Air - Visualization of "real 3D images" using laser plasma -. AIST press release of February 7, 2006
www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2006/20060210/20060210.html

[8] Sergueï Eisenstein, "*Le cinéma en relief*", in *Le mouvement de l'art*, Paris, Cerf, 1986.) [8]

[9] Lucas, Cameron show off 3D film conversion technology. By Associated Press. Friday, March 18, 2005 - LAS VEGAS (AP).

[8] The Amazing Adventures of Spider-Man, Attraction Ride relief 70 mm, Kleiser-Walczak For Universal Studios. 1999.

[10] T2 3-D (Terminator 2) : Spectacle Live et Multi-écran Stéréo, James Cameron, Digital Domaine For Universal Studios. 1996

[11] Elle, Lui, installations en réalité virtuelle. Catherine Ikam et Louis Fléris, 1992.

[12] Osmose, installation immersive 3D relief, Char Davies, 1995.

[13] Wayne Piekarski and Bruce Thomas, ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System, Communications of the ACM, 2002 Vol 45. No 1, pp 36-38

[14] Marshall McLuhan, *Pour comprendre les médias*, Ed. Seuil, coll. Points, 1968, 404 p.



Le jury de gauche à droite, Hervé Huitric, Marie-Hélène Tramus, Guy Chapouillé, Alain Derobe.

Le jury a admis François Garnier au grade de docteur de l'université de Paris 8 en Esthétique, Sciences et Technologies des Arts, avec mention très honorable et les félicitations du jury à l'unanimité, et a donné son autorisation de publication. La soutenance a été retransmise en directe sur Internet dans un univers persistant 3D (Seconde-Life) sur la plateforme ENSAD-bis dans l'amphithéâtre Bachelier-bis.



François Garnier, concepteur, réalisateur.

Professeur à ENSAD, responsable du programme de Recherche EN-ER
Docteur en Esthétique, Sciences et technologie des Arts.

François Garnier s'intéresse dès leur apparition aux techniques numériques de création d'images. Entre 1984 et 1989, il conçoit et réalise de nombreux habillages pour la télévision et assiste des plasticiens et des vidéastes dans la réalisation d'œuvres et de films expérimentaux (Beloire, Bouvet, Orlan ...). En 1990 il intègre l'équipe fondatrice du studio de création d'images de synthèse Médialab (Canal+), et participe au premier développement d'acteurs numériques en temps réel et de réalité virtuelle.

Réalisateur indépendant en 1995, il conçoit et réalise pour de grands studios parisiens (ExMachina, Médialab ...) des films, des installations et des événements associant image numérique et formats spéciaux (Relief, Imax, Ride, dispositifs interactifs), pour des expositions internationales, des parcs à thème et de l'événementiel, aux Etats-Unis, au Japon ou en Europe. Plusieurs de ses projets ont été primés lors de festivals internationaux.

En 2000 il fonde le studio de production AmaK. Directeur artistique, il conçoit et réalise des événementiels, des installations artistiques et muséographiques, et développe des concepts d'applications interactives on et off-line auprès de grandes structures institutionnelles. AmaK est aujourd'hui le studio français de référence dans la production de programme stéréoscopique et spécialiste reconnu des problématiques de mise en scène d'espaces virtuels et des techniques d'imagerie tridimensionnelle. (Grands formats immersifs, installations interactives temps réelles, dispositifs stéréoscopiques, scénographies numériques).

François Garnier est professeur à L'École Nationale Supérieure des Arts Décoratifs, où il dirige le programme de recherche EN-ER dédié au développement et à l'expérimentation de pratiques artistiques dans des environnements virtuels persistants. Il est docteur en "Esthétique, Sciences et Technologies des Arts" de l'Université de Paris VIII, où il intervient dans le cadre d'un de cours de troisième cycle « Diffusion spatiale et images numériques tridimensionnelles ».

Contact :

AmaK, 71 rue Robespierre, 93100 Montreuil-sous-Bois, France. f.garnier@amak.fr - <http://amak.fr>
ENER-ENSAD, 31 rue d'Ulm 75005 Paris, France. francois.garnier@ensad.fr - <http://ener.ensad.fr/>