

Université Paris 8  
Spécialité de Master  
Arts et Technologies de l'Image Virtuelle  
U.F.R. Arts, Philosophie et Esthétique  
Année 2010/2011

***Le spectateur face aux illusions visuelles artistiques:  
quelle place pour son mouvement ?***

Nicolas ZUBER



Soutenu le 20 juin 2011

## RESUME

### **Le spectateur face aux illusions visuelles artistiques: quelle place pour son mouvement?**

Ce mémoire traite du processus de création d'une expérience interactive virtuelle consacrée aux mouvements du spectateur face à une illusion visuelle artistique. Ce projet propose un regard nouveau sur plusieurs œuvres passées, en intégrant de manière dynamique l'observateur. Il sera donc question de l'analyse de différentes techniques de création artistique d'illusions d'optique; et de la relation entre le point de vue du spectateur en mouvement et l'illusion qu'il est amené à percevoir. Des méthodes de restitution numérique de ces procédés artistiques seront également proposées.

## Remerciements

---

Je commencerai par remercier Marie-Hélène Tramus, professeur en Arts et Technologies de l'Image à l'université Paris, pour l'enthousiasme qu'elle a porté sur mon travail tout au long de cette année passée.

Pour son suivi continu sur mon projet de fin d'études, ses conseils et sa passion pour l'art numérique, mille merci à Jean-François Jégo.

J'adresse également ma reconnaissance toute particulière à Anne-Laure George-Molland et Cédric Plessiet, tous les deux maîtres de conférences en Arts et Technologies de l'Image et membres du laboratoire INREV, pour leur disponibilité, pour avoir su me guider lors de mes deux années de Master et pour leur passion qu'ils ont su me transmettre.

Je remercie l'ensemble de l'équipe pédagogique de la section Arts et Technologies de l'Image Virtuelle de l'université Paris 8, pour la transmission de son savoir, pour l'émulation qu'elle a fait naître au sein de la promotion.

Enfin, un merci tout particulier à l'ensemble de mes camarades de la promotion 2011 pour leur accueil en cours de cursus, en première année de Master, et avec qui j'ai passé d'excellents moments tout au long de ces deux années.

## Table des matières

<b>+ Introduction</b>	<b>p.05</b>
<b>+ Partie I   Entre œil trompé et trompe-l'œil: les illusions d'optique</b>	<b>p.06</b>
I.A   Définitions dans le cadre de ce mémoire	p.06
I.A.1   Les illusions d'optique	p.06
I.A.2   Le mouvement du spectateur	p.07
I.B   La perception visuelle	p.07
I.B.1   La vision	p.07
I.B.2   La vision statique	p.08
I.B.2.a   La lumière et les ombres	p.08
I.B.2.b   L'interposition	p.09
I.B.2.c   La taille	p.10
I.B.2.d   La perspective	p.11
I.B.3   La vision en mouvement	p.14
I.C   Trompe-l'œil, paradoxes ou ambiguïtés : différents types d'illusions d'optique	p.15
I.C.1   Quelques techniques parmi les illusions artistiques	p.15
I.C.1.a   L'op art et l'art cinétique	p.15
I.C.1.b   L'anamorphose	p.17
I.C.1.c   La perspective paradoxale	p.18
I.C.2   Les illusions artistiques dans le domaine de la 3D temps réel	p.19
I.C.2.a   Trompe-l'œil interactif: <i>Echochrome</i>	p.19
I.C.2.b   Ombres interactives: <i>Echochrome II</i>	p.20
I.C.2.c   Labyrinthe 3D: <i>Crush</i>	p.21
I.C.2.d   Entre deux et trois dimensions: <i>Fez</i>	p.22
I.C.2.e   Transportations virtuelles de l'avatar: <i>Portal I et II</i>	p.22
<b>+ Partie II   Du point de vue unique au mouvement du spectateur</b>	<b>p.24</b>
II.A   Le choix des œuvres	p.24
II.A.1   La citation	p.24
II.A.1.a   Définitions	p.24
II.A.1.b   Exemples et interprétations	p.24
II.A.1.c   La citation au cœur du projet	p.26
II.A.2   M.C. Escher	p.26
II.A.2.a   Entre création et réflexion	p.26
II.A.2.b   Une histoire de point de vue: <i>La relativité</i>	p.27

II.A.3   Les artistes de l'anamorphose _____	p.29
II.A.2.a   <i>Le travail de Georges Rousse</i> _____	p.29
II.A.2.b   <i>L'œuvre de Felice Varini</i> _____	p.30
II.B   Bouger autour d'une œuvre, dans une œuvre: le projet _____	p.32
II.B.1   Principes de ce projet _____	p.32
II.B.1.a   <i>L'escape game comme moyen d'observation</i> _____	p.32
II.B.1.b   <i>Privilégier l'expérience unique</i> _____	p.33
II.B.2   D'une énigme à une autre _____	p.33
II.B.3   Revisiter <i>La relativité</i> de M.C. Escher _____	p.34
II.B.3.a   <i>Le déplacement dans la scène</i> _____	p.35
II.B.3.b   <i>Capter une partie de la vision</i> _____	p.37
II.B.3.c   <i>Une autre vision de l'espace</i> _____	p.40
II.B.4   Trouver les anamorphoses qui nous pourront nous guider _____	p.40
II.B.4.a   <i>Le lieu</i> _____	p.41
II.B.4.b   <i>Les citations</i> _____	p.42
II.B.4.c   <i>À la recherche d'indices: les emplacements</i> _____	p.43
II.B.4.d   <i>La mise en place des anamorphoses</i> _____	p.44
<b>+ Conclusion</b> _____	p.48
<b>+ Glossaire</b> _____	p.49
<b>+ Bibliographie</b> _____	p.51
<b>+ Table des illustrations</b> _____	p.53
<b>+ Annexes</b> _____	p.56

## Introduction

---

Les illusions d'optique, cette manière contrainte de percevoir notre environnement, nous procurent toujours un énorme étonnement. Nous les regardons de manière naïve, jusqu'à en déceler les supercheries. Mais malgré cette conscience que l'on a d'être en présence d'illusions, nous ne pouvons nous empêcher de les percevoir. Il nous est impossible d'identifier la réalité autrement que celle perçue. Depuis l'antiquité, l'homme a toujours constaté la présence de ces perceptions erronées; nées de la contradiction de ce que savons avec ce que nous observons.

Les artistes ont ainsi toujours manipulé leurs travaux pour tenter de représenter le plus fidèlement possible la perception visuelle humaine, ou, au contraire, pour jouer avec et manipuler notre observation.

C'est seulement au cours de l'histoire, grâce aux avancées scientifiques et à notre meilleure connaissance de la vision, qu'un grand nombre d'illusions d'optique ont pu être comprises et expliquées. Le jeu des artistes avec les indices de perception n'a alors fait que grandir, et de nombreux procédés de représentation du réel sont alors apparus. Les illusions d'optique sont devenues sources de jeux et d'inspirations infinies.

En plus des nombreux indices de la vision que manipule l'artiste, les recherches autour du sujet ont amené à discuter de l'importance du spectateur vis-à-vis de l'illusion qu'il ne peut s'empêcher d'avoir, face à tous ces procédés artistiques. La question du point de vue de l'observateur revient alors régulièrement.

L'étude de la lithographie *La relativité*, de Maurits Cornelis Escher, permis de discuter de la place du spectateur face à cette gravure. Pourquoi cet artiste nous impose-t-il ce point de vue de ces espaces paradoxaux représentés? Quelle pourrait être notre perception de ce lieu si un autre point de vue avait été adopté, appartenant à une autre dimension de l'œuvre que celle dans laquelle il nous plonge? Comment pourrions-nous évoluer dans cet espace pour passer d'une dimension à une autre? Parmi les autres formes d'illusions d'optique, le mouvement du spectateur apporterait-il un autre regard aux œuvres? Le mouvement de l'observateur, à l'intérieur ou autour d'une œuvre représentée en trois dimensions, ferait-il nécessairement perdre l'illusion originale ? Plus globalement, quelle peut être la place du mouvement du spectateur face à ces diverses illusions visuelles ?

Après avoir défini les termes de notre problématique, nous étudierons dans un premier temps les différents indices repérés par le système visuel pour former l'image que nous percevons. Nous verrons alors différentes techniques artistiques utilisées pour recréer des illusions d'optique ainsi que diverses méthodes adoptées dans le domaine de la 3D temps réel. Nous nous attarderons alors principalement sur la question du mouvement du spectateur que permet ce domaine d'applications.

Dans une seconde partie, nous verrons les différentes œuvres retenues et intégrées au projet "Suis l'illusion...", puis nous développerons les différents mécanismes retenus autour desquels il s'articulera. Enfin, nous montrerons quelles solutions ont été adoptées pour proposer une nouvelle lecture aux illusions d'optique, par l'intégration du mouvement du spectateur.

# Partie I | Entre œil trompé et trompe-l'œil : les illusions d'optique

Une illusion est une interprétation erronée d'une donnée sensorielle, un effet obtenu par le moyen de l'art, de l'artifice, du truquage et qui crée le sentiment du réel ou du vrai (Dictionnaire Larousse, 2011).

En fonction des différents sens mis en jeu, on peut ainsi distinguer les illusions auditives, lorsqu'elles concernent l'ouïe, des illusions tactiles, dans le cas du toucher, ou encore des illusions visuelles lorsqu'elles se rapportent à la vue. Attardons-nous sur celles qui nous concerneront ici : les illusions d'optique.

Qu'entendons-nous par illusions d'optique ? Comment arrivons-nous, à partir d'une image rétinienne plane, à percevoir la profondeur ? Des techniques artistiques existent-elles pour créer toutes ces illusions visuelles ?

## I.A | Définitions dans le cadre de ce mémoire

### I.A.1 | Les illusions d'optique

Une illusion d'optique pourrait être définie et caractérisée comme étant la perception visuelle d'images différant d'une réalité dite objective. D'un point de vue plus scientifique, et plus général, une illusion est un moyen d'identifier le fonctionnement du cerveau dans son traitement des données sensorielles. "L'illusion apporte la preuve par l'erreur"<sup>1</sup>.

En effet, l'illusion part d'une simple observation: ce que nous voyons ne concorde pas avec ce que nous savons, aussi bien par nos connaissances que par notre raisonnement. C'est de cette contradiction que, depuis l'antiquité, l'homme s'est interrogé sur les raisons de ce qu'il qualifia, souvent à tort, de tromperies de nos sens.

La vision, évidemment au centre des illusions d'optique, est la résultante principale de deux actions du cerveau: ce qu'il reçoit des organes visuels (les yeux) et de ce que nous savons. Ce dernier point est en effet important dans le sens où il est propre à chacun, à l'expérience de l'individu. Un croisement s'opère alors entre ces deux sources d'informations et en résulte ce que l'on voit. Nous verrons souvent que cette interdépendance de la vision et du savoir est au centre des illusions visuelles.

En revanche, le terme d'illusion d'optique ne sera pas employé ici pour parler, par exemple, des mirages; phénomènes tout à fait rationnels qui s'expliquent par les lois de la réfraction. Nous ferons donc la distinction entre phénomènes optiques et illusions d'optique.

<sup>1</sup> Ninio, Jacques. 1998. *La science des illusions*, Odile Jacob, Paris, 4<sup>ème</sup> de couverture

## I.A.2 | Le mouvement du spectateur

Le mouvement est décrit comme le fait d'être en action, comme étant le déplacement d'un corps, un changement de position dans l'espace (Dictionnaire Larousse, 2011).

Dans le cadre de ce mémoire, l'action de se mouvoir peut être perçue de manière stricte, en déplaçant physiquement un observateur autour d'une œuvre basée sur une illusion d'optique, ou également en bougeant l'œuvre elle-même.

Nous considérerons cependant le mouvement du spectateur, autour ou dans une œuvre artistique, de façon directe et indirecte, que ce déplacement soit réel ou virtuel. Qu'il soit obtenu artificiellement par métaphore, schème ou substitution sensitive, nous estimerons, dès lors que le regard du spectateur ou ce qu'il est amené à regarder entre en action, que le sujet pourra être considéré en mouvement. En d'autres termes, le mouvement sera défini ici comme une modification du point de vue sur ce qui est vu.

Cette remarque permettra d'étudier les différentes méthodes de restitution de la perception visuelle, lors du mouvement d'une personne, qui aurait déjà pu être mises en place dans les diverses applications, installations artistiques ou œuvres plastiques existantes que nous verrons dans notre état de l'art.

## I.B | La perception visuelle

Avant de voir en détail certaines illusions d'optique à proprement parler, nous nous concentrerons ici sur la vision, de manière plus pragmatique et plus scientifique. Il est important en effet d'observer ce qui régit le cerveau à voir et percevoir une forme, un objet ou encore une scène telle que nous les voyons au quotidien, pour pouvoir ensuite mieux analyser les illusions d'optique dans leur ensemble et les phénomènes qui sont à leurs origines.

L'analyse de la vision permettra également de donner des éléments de réponses à ce qu'il ne faut pas négliger lorsque l'on souhaite éventuellement générer une illusion d'optique<sup>2</sup>.

### I.B.1 | La vision

La vision est un sens dédié à l'identification de l'espace qui entoure un individu. Après avoir reçu les informations provenant de l'extérieur grâce à l'œil, le cerveau analyse l'image captée par la rétine pour isoler certains éléments séparément les uns des autres, puis d'en apprécier leurs caractéristiques ou leurs usages. Mais identifier ces éléments constituant l'environnement de l'individu

<sup>2</sup> Cette analyse a été réalisée principalement à l'aide des ouvrages suivants:

Ninio, Jacques. 1998. *La science des illusions*, Odile Jacob, Paris, 208 pages.

Gombrich, E.H., 2002, *L'art et l'illusion, psychologie de la représentation picturale*, Phaidon, Paris, 386 pages.

Chrokron Sylvie et Marendaz, Christian. 2005. *Comment voyons-nous?*, Le pommier, Paris, 59 pages.

Livingston, Margaret et al. 1990. *Les mécanismes de la vision*, Pour la science, Paris, 190 pages.

Fuchs, Philippe et Moreau, Guillaume. 2006. *Le traité de la réalité virtuelle. Vol I : L'homme et l'environnement virtuel*, Paris: s.n., 380 pages.

n'est évidemment pas l'unique usage de notre système visuel. La vision nous permet également de nous rendre compte de l'environnement qui nous entoure. Elle nous indique la position relative des objets les uns par rapport aux autres, de manière exocentrée, mais également par rapport à l'individu lui-même, cette fois-ci de manière égocentrée.

Le monde n'étant pas statique, le système visuel humain aide également l'individu à reconnaître les objets se déplaçant autour de lui ou, dans le cas inverse, lorsqu'il se déplace autour d'eux.

C'est ainsi que lorsque les artistes souhaitent, depuis toujours, se livrer à la représentation de ce qui les entoure, l'une des caractéristiques de la vision comptant parmi les plus importantes, mais aussi les plus difficiles à retranscrire sur une surface plane, fut la perception de la profondeur. Un certain nombre d'indices, suffisamment précis pour fournir les informations nécessaires à cette perception, ont pu être observés, et peuvent être indiqués comme nécessaires à la création d'illusions d'optique.

De la même manière, lorsqu'un individu se déplace ou qu'un objet se déplace dans une scène, d'autres éléments entrent en jeu et peuvent ainsi compléter les indices statiques de la perception de la profondeur, pour affiner la conception de l'espace qui englobe l'observateur.

Toutes ces informations peuvent être regroupées en deux catégories, les indices statiques et les indices de mouvements.

Il est à noter qu'une autre catégorie d'indices existe, tous relatifs à la vision binoculaire. Ces indices, étant liés principalement à la proprioception, ne seront ici pas développés. Tous les indices étudiés renverront à la vision monoculaire, tels qu'ils pourraient être analysés par un œil cyclopéen.

## **I.B.2 | La vision statique**

Dans le cadre de ce mémoire, les illusions d'optique seront dans un premier temps étudiées d'un point de vue statique, dans le cas où le spectateur et les objets ne seraient pas en mouvement. En partant du fait que nous devons d'abord restituer l'illusion telle que l'artiste la souhaitait, il est primordial d'analyser ici quelles sont les caractéristiques de l'illusion visuelle mise en place sur une surface plane.

Les indices statiques de la vision, ou également appelés indices picturaux en référence à leur utilisation principale dans le domaine des arts, peuvent être divisés en quatre types: la lumière et les ombres, l'interposition, la taille et la perspective, dernier élément important et plus difficile à appréhender, que nous développeront par la suite de façon plus précise, à travers de nombreux exemples.

### *I.B.2.a | La lumière et les ombres*

L'ombre est définie par une zone sombre résultant de l'interception de la lumière, ou de l'absence de lumière (Dictionnaire Larousse, 2011). Ce phénomène naturel peut également être décrit comme la projection d'un objet sur un ou plusieurs autres objets de l'environnement. Or, les surfaces planes ne projettent pas d'ombres et reçoivent de manière uniforme la lumière. C'est ainsi que la

présence d'une ombre peut être traduite, par le système visuel, par la présence d'un relief ou de deux surfaces planes au minimum, et discontinues. Les ombres révèlent donc la nature tridimensionnelle des formes.

L'impression de relief due aux ombres est à dissocier de la couleur de celles-ci. Une ombre n'est pas nécessairement noire. En revanche, la variation de luminance sur un objet peut toujours être interprétée comme une ombre.

Cependant, pour un même objet ombré (la plus simple représentation pourrait être une sphère, figure I.01) plusieurs interprétations peuvent être possibles. La sphère semblera alors parfois convexe, parfois concave. Seule la connaissance de la position de la source lumineuse pourrait lever cette ambiguïté. Lorsqu'il est impossible pour l'individu d'avoir cette information, il interprète systématiquement l'objet en considérant que la lumière vient d'en haut. Une autre particularité dans l'interprétation des ombres est que le cerveau considère que n'importe quelle image n'est éclairée que par une unique source de lumière.

On peut enfin observer que l'ombre permet de déterminer si un objet est posé sur le sol ou s'il se trouve en l'air, en fonction de la présence d'une ombre portée ou attachée. Dans le cas d'une ombre portée, la distance entre l'ombre et l'objet, source de cette ombre, peut être identifiée comme un indice de profondeur.

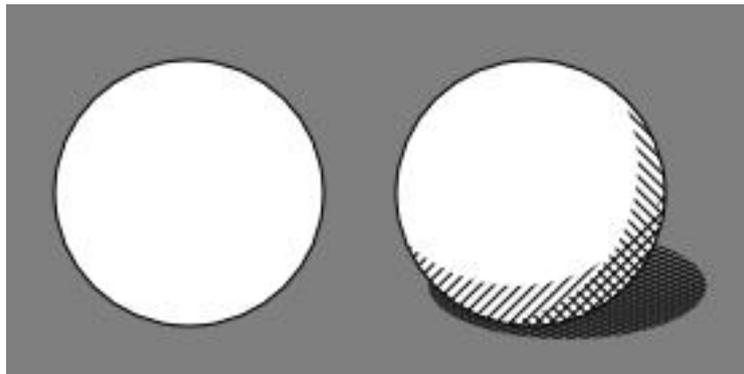


Fig. I.01 - Représentation d'une sphère sans et avec des ombres.

### *1.B.2.b | L'interposition*

L'interposition ou occlusion est un indice permettant au cerveau d'indiquer qu'un objet, un élément d'une scène se trouvant devant un second objet, le recouvre obligatoirement. Il s'agit d'un indice très important qui permet également des estimations de distances relatives. Cet indice est pris en compte immédiatement par la perception visuelle et peut prendre le pas sur d'autres indices. De plus, il peut être considéré comme suffisamment fiable, du fait qu'il ne dépend pas de la distance des objets avec l'observateur. L'indice du recouvrement partiel est efficace tant que le système visuel perçoit quelque chose.

En revanche, cet indice peut facilement être trompé. Le cerveau interprète les images qu'il reçoit en fonction de l'expérience acquise par l'observateur. Les formes et objets connus seront donc

plus facilement identifiés, et ainsi il sera plus facile pour le cerveau d'assimiler des objets comme étant des cercles ou des carrés que des formes plus complexes. On peut remarquer sur la figure I.02 que l'on observera dans la plupart des cas un rectangle situé derrière une ellipse, alors qu'une autre interprétation possible aurait été de voir une ellipse attenante, sur le même plan, à une forme plus complexe, visible sur la figure I.03.



Fig. I.02 et I.03 - Deux éléments superposés peuvent prétendre à plusieurs interprétations visuelles.

### *1.B.2.c | La taille*

La constance de grandeur est un indice très fort dans la perception de la profondeur. Il est basé sur le fait qu'un objet, quel qu'il soit, voit sa taille apparente sur la rétine décroître de manière proportionnelle à l'augmentation de la distance. Plus l'objet est éloigné, plus sa taille absolue sera faible pour l'observateur. En revanche, sa perception de l'objet sera toujours la même. Il est alors possible d'estimer la distance d'un objet par rapport aux connaissances que l'on a de lui, comme sa taille réelle. Cependant, dans le cas d'un objet moins familier, la présence d'un autre objet, connu et à proximité de lui, peut servir à déterminer ces mêmes informations de taille et de distance. L'utilisation des indices de perspectives que nous verrons par la suite, combinés à la constance de grandeur, peut évidemment aider à affiner l'interprétation du cerveau.

Cette notion est similaire à la constance de couleur ou de luminosité, qui, elles, ne donneront cependant pas d'indices de profondeur. Pourtant, ces deux constances peuvent jouer un rôle important dans la notion de constance de la taille. Il a en effet été remarqué ce que l'on appelle le phénomène d'irradiation. Celui-ci se traduit par la perception qu'un objet paraît plus grand lorsqu'il est éclairé. Ce phénomène peut être constaté, par exemple, lorsque nous regardons un croissant de lune bien éclairé et que le reste de son disque se trouve dans l'ombre, mais légèrement visible. Le disque nous paraît alors plus petit que le croissant situé à côté de lui.

Une autre notion importante dans la constance de grandeur est sa meilleure perception lorsque le phénomène est horizontal plutôt que vertical. Cette constatation, principalement due à l'expérience de l'individu, a très vite été perçue et utilisée dans le domaine de la sculpture. C'est pourquoi les

sculpteurs grossissent les parties hautes de leurs statues pour que, vue d'en bas, la statue paraisse proportionnée.

Le problème de cet indice, comme on a pu le constater, est qu'il peut très vite être soumis à une mauvaise interprétation. Il pourrait s'agir ici plus d'un travail cognitif de la personne qu'un travail perceptif, puisqu'énormément basé sur la connaissance que l'on croit avoir des objets. De plus, un objet plus petit au loin que le même, géométriquement parlant, plus près d'une personne, est-il réellement de la même taille relative que le second? Ne pourraient-ils pas être de tailles différentes, mais sur le même plan? Ces indices géométriques, que croit déceler parfois le cerveau lors de la représentation d'une figure géométrique sur une surface plane, sont à l'origine de la plupart des illusions géométriques.

Un dernier problème peut être soulevé en rapport avec la connaissance que l'on a de l'espace qui nous entoure: le problème des repères. Un objet qui nous est familier nous paraît d'une certaine taille dans l'environnement dans lequel il est généralement placé. Si cet objet est principalement perçu dans un intérieur, sa taille peut nous paraître totalement différente s'il est mis en extérieur. Il est ainsi peu probable que l'on imagine devoir mettre bout à bout deux lits pour aller du coffre au capot d'une voiture de taille moyenne.

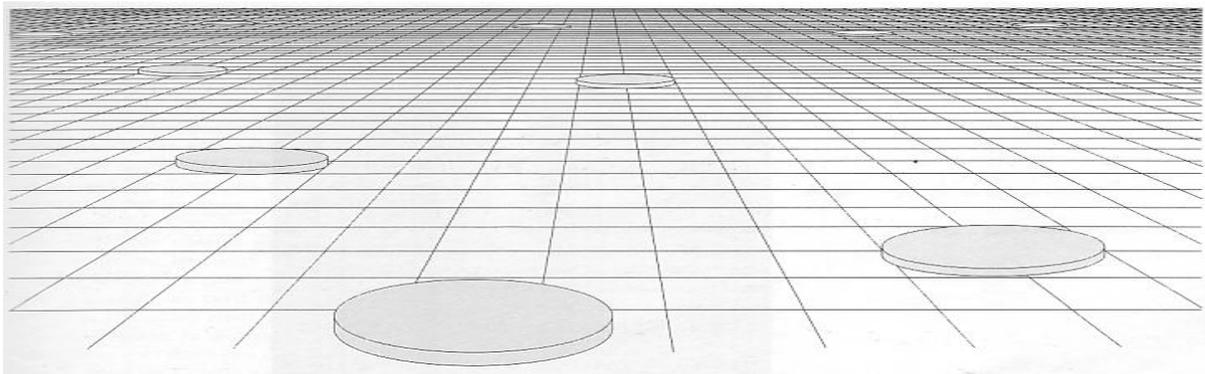


Fig. 1.04 - Les cylindres paraissent ici tous identiques, de même taille.

### *1.B.2.d | La perspective*

La perspective, ici, sera vue comme étant le changement d'apparence des objets en fonction de leur distance d'observation. Plusieurs éléments peuvent ainsi être distingués:

#### La variation de la visibilité:

La variation de la visibilité, ou perspective aérienne, se caractérise par le trouble, la difficulté, à percevoir un objet éloigné. Ce phénomène est dû principalement à l'atmosphère et à sa densité, ainsi qu'aux impuretés la composant, qui ont tendance à cacher les éléments plus lointains. Comme la constance de grandeur, la variation de la visibilité permet de juger des distances relatives d'un objet à un autre. En revanche, cet indice ne nous permet pas de quantifier directement la distance qui sépare

l'observateur des éléments de la scène, l'effet dépendant beaucoup trop des conditions météorologiques et atmosphériques.

On estime que l'efficacité de cet indice n'est visible qu'à grande distance, à savoir au-delà d'un kilomètre, ou lorsque la densité atmosphérique est plus forte, comme par temps de brouillard, et en altitude. Il l'est en revanche beaucoup moins sous l'eau.



Fig. I.05 - La variation de la visibilité aide à percevoir la profondeur.

#### Le gradient de texture:

Gibson montra en 1950 le rôle essentiel joué par les surfaces, et principalement leurs textures observables, dans la perception de la profondeur. Il remarqua que l'espace, qu'il soit artificiel ou naturel, qui entoure l'être humain, est essentiellement constitué de surfaces perceptibles grâce à cette texture. On peut observer que lorsqu'une surface est vue dans le plan frontal, c'est-à-dire perpendiculairement à notre regard, les éléments de texture sont globalement tous égaux et répartis régulièrement.



Fig. I.06 - La répartition uniforme des semences engendre une texture régulière.

Ce cas étant très particulier, il est possible de comparer ce constat avec un plan non frontal, tel qu'un sol, vu en perspective. La projection de ce sol prend la forme de ce que Gibson (1950) appelle un "gradient de texture". Dans le cas indiqué (un sol), on observe que les éléments de texture diminuent en taille, tout en augmentant leur densité du bas vers le haut de manière progressive. On

peut également constater que tout angle ou coin de l'objet engendre un changement abrupt de la texture.

Le cerveau se sert donc de cet indice, fortement lié à la variation de la visibilité et à la constance de taille, pour visualiser la profondeur d'un objet ou d'une scène. L'effet est souvent utilisé en peinture, sur une surface plane, comme en témoigne cette huile sur toile de Gustave Caillebotte (Figure I.07). Les trois notions abordées sont ici toutes visibles: la densité de la texture du pavage augmente, la perspective de la texture du bâtiment central est respectée, ainsi que la distorsion des textures, principalement visible sur les rambardes des balcons de l'immeuble de gauche.



Fig. I.07 - Caillebotte, Gustave. 1876.1877. *Rue de Paris, temps de pluie.*

#### La perspective géométrique:

Qu'elle soit de type cavalière, photographique ou artistique, le dernier indice et peut-être le plus fort, suggérant la profondeur dans une image, reste la perspective géométrique. Découverte à la renaissance, la perspective linéaire est sûrement celle qui nous est la plus familière. Elle consiste à faire converger les parallèles vers un point de fuite, de façon à souligner un gradient de taille. On peut également la définir, en d'autres termes, comme l'illustration du fait que les lignes parallèles s'éloignent dans l'espace et se projettent sur la rétine en convergeant. Ainsi, en vision monoculaire, un tableau représentant une scène vue en profondeur, comme sur la figure I.08, peut procurer l'illusion d'une profondeur réelle dans l'œuvre.

Étant donné que les règles de la perspective linéaire sont définies selon un unique point de vue, et pour une vision monoculaire, la perspective, dans un espace en trois dimensions, est souvent source de tromperies; de nombreux artistes s'amuse ainsi avec. Les techniques de l'anamorphose, du trompe-l'œil ou de la perspective accélérée ou paradoxale reposent sur le détournement de ces règles.



Fig. I.08 - Inconnu. 1475. *La Cité idéale*.

Il est aussi important d'indiquer que l'œil humain compense certains effets de perspective, tels que les effets de tassement à courte distance. Cette correction automatique, cette compensation de distorsions pourtant bien réelles, est la source de nombreuses illusions d'orientations, d'alignements ou d'angles.

Tous ces indices, une fois identifiés, permettent de mieux comprendre les mécanismes de la perception visuelle et de mieux analyser par la suite, dans le domaine des arts, les dispositifs mis en place pour tromper l'œil du spectateur. Il est intéressant aussi de noter que toutes ces analyses sont plutôt récentes, tout du moins leurs démonstrations, tandis que leurs observations remontent à l'antiquité.

### **I.B.3 | La vision en mouvement**

Les indices précédemment étudiés font donc référence aux indices visuels disponibles lorsque l'observateur ou l'objet ne se déplacent pas. Permettant de mieux comprendre les œuvres sur lesquelles le projet s'appuiera, leur retranscription dans un espace en trois dimensions dans lequel le spectateur sera amené à se mouvoir, virtuellement, nous oblige également à nous intéresser aux indices liés au mouvement.

Le mouvement regroupe ici les déplacements successifs de point de vue, par rapport à un élément observé, qui vont ainsi augmenter la quantité d'informations de volume et de profondeur de cet élément et du décor qui l'entoure.

À l'inverse des indices statiques, regroupés en quatre catégories, nous ne verrons qu'un seul type d'indice de mouvement: la parallaxe de mouvement.

#### La parallaxe de mouvement:

La parallaxe de mouvement est un phénomène créé, pour un observateur, lorsque celui-ci fixe un point puis bouge la tête de côté, dans une direction différente de celle de son déplacement. Cet indice de profondeur se traduit par un mouvement apparent des objets situés de part et d'autre d'un point de fixation. Ce mouvement aura un sens identique à celui de la tête de l'observateur si les objets

se situent plus loin que le point de fixation et dans le sens contraire si les objets se trouvent entre l'observateur et le point de fixation.

Il est alors possible de se faire une idée de la profondeur relative d'un objet par rapport au point de fixation, en fonction du déplacement qu'ils ont l'un par rapport à l'autre, pour le juger plus prêt ou plus loin. En multipliant le déplacement et en fixant, à chaque mouvement, un point différent, il est possible de se faire une idée précise de l'agencement des différents objets composant une scène. Le déplacement incessant des yeux joue un rôle essentiel dans la transmission de ce type d'indices.

De plus, la vitesse du mouvement latéral des objets, toujours dans cette expérience, n'est pas identique. En fonction de la distance entre le point de fixation et l'élément, cette vitesse varie de manière proportionnelle; à savoir que plus l'élément se trouve loin, derrière ou devant le point de fixation, plus son déplacement sera rapide. Au contraire, plus il sera proche de ce même point de fixation, devant ou derrière lui, plus son mouvement paraîtra lent.

Tout comme des jugements relatifs de profondeur étaient possibles en multipliant les mouvements latéraux et les points de fixation, on se rend compte ici qu'un seul point de fixation peut suffire à déceler la disposition en profondeur des objets les uns par rapport aux autres.

## I.C | Trompe-l'œil, paradoxes ou ambiguïtés: différents types d'illusions d'optique

### I.C.1 | Quelques techniques parmi les illusions artistiques

#### I.C.1.a | L'op art et l'art cinétique

L'op art, pour "optical art", définit l'illusion optique du mouvement. Quant à lui, le mot cinétique caractérise le mouvement en physique et par extension, en art<sup>3</sup>.

L'art cinétique s'est développé en 1954 avec les œuvres de Victor Vasarely, son fondateur français. Il a pour origine diverses créations spontanées telles que des toiles de Turner ou des futuristes. Vasarely souhaita intégrer le mouvement à l'œuvre d'art en élaborant une technique qui aboutira sur la création d'un groupe de recherche d'art visuel (G.R.A.V.), en 1960, dont il ne fera pourtant pas partie.

Deux procédés sont utilisés: l'illusion du mouvement, fondée sur les illusions d'optique, et le mouvement réel. Dans le premier cas, il s'agit d'un effet décidé par l'artiste et basé sur les réactions cognitives et physiologiques de la perception visuelle. Les techniques utilisées sont souvent le moirage, le luminocinétisme ou l'utilisation de couleurs fortement contrastées.

Dans le cas des œuvres de l'op art, le mouvement n'est jamais réel, simplement optique. Le spectateur ne peut bouger, au contraire de l'art cinétique.

<sup>3</sup> Fride R.-Carrassat, P. et Marcadé, I. . 1999. *Les mouvements dans la peinture*, Larousse, Paris, page 167

Dans ces deux mouvements, la peinture traditionnelle est abandonnée au profit de la construction d'objets et d'environnements soit immobiles, soit à rendre mobiles. Les formes utilisées sont primitives et géométriques, ce qui permet de former à partir de quelques-unes d'entre elles une multitude d'œuvres. Quant à elles, les couleurs utilisées par les artistes cinétiques sont principalement de fortes oppositions ou associations, comme entre les couleurs chaudes et froides, ou le noir et le blanc; pour créer un contraste maximum et ainsi une "vibration optique". Enfin, les artistes cinétiques ont souvent recours à la lumière pour brouiller les limites réelles de leurs œuvres.

Piotr Kowalski, *Identité (n°02)*, 1973:



Fig. I.09 - Kowalski, Piotr. 1973. *Identité (n+02)*.

Cet artiste cinétique s'intéresse aux rapports qu'il peut y avoir entre les arts et les sciences. Pour lui, ces deux champs de pratiques appartiennent à une même culture et s'interrogent mutuellement.

Piotr Kowalski présente dans son *identité (n°02)*, une installation en trois dimensions, composée de néons, d'acier, de miroirs et de bois laqué. Le spectateur peut voir ici trois cubes de néons de trois tailles différentes, alignés du plus grand au plus petit. Chaque miroir, placé derrière chacun de ces trois cubes, renvoie une image de la même dimension. Il s'agit ici d'un effet d'anamorphose: le miroir convexe reflète ainsi le plus grand cube, le miroir plat le cube moyen et le miroir concave le plus petit. Kowalski confronte par cette œuvre deux visions du monde, une vision objective, symbolisée par la forme carrée, et une vision imaginaire, le monde rond.

De plus, dans chaque miroir, en plus de l'effet d'anamorphose, des effets de perspective ont lieu, tous particuliers et différents les uns des autres. Le miroir convexe fait dévier les arêtes du reflet du cube vers le point de fuite central, le miroir plat les fait tendre vers lui-même, tandis que le miroir concave les fait se rapprocher du spectateur.

Depuis la renaissance, la perspective linéaire représente le point de vue de l'observateur qui contemple le monde, ce dernier s'organisant autour du spectateur. Kowalski nous présente ici la relativité de trois points de vue. Le jeu d'optique que présente cette œuvre interroge sur la position de l'individu placé au centre du monde.

### I.C.1.b | L'anamorphose

Une anamorphose est une œuvre, ou partie d'œuvre graphique ou picturale, dont les formes sont distordues de telle manière qu'elle ne reprenne sa configuration véritable qu'en étant regardée soit, directement, sous un angle particulier (anamorphose par allongement, apparue à la Renaissance), soit indirectement, dans un miroir cylindrique ou conique (anamorphoses développées à partir du XVII<sup>ème</sup> siècle) (Dictionnaire Larousse, 2011).

Cette technique produit des images aberrantes, portant sur des règles de géométrie et un raisonnement logique de la perspective. Elle est une spécificité de cette dernière, qui fait suite aux travaux de Piero della Francesca (XV<sup>ème</sup> siècle, Figure I.08) dans ce domaine.

Ames a démontré dans son expérience des chaises<sup>4</sup> qu'il était possible de construire un nombre illimité d'objets présentant un aspect tout à fait identique lorsqu'ils étaient observés à partir d'un même orifice visuel (Figure I.10). La distorsion d'un objet en perspective peut donc être tout à fait imperceptible de son aspect "normal", du moment que les conditions de l'illusion sont réunies, soit ici le respect d'un certain point de vue.

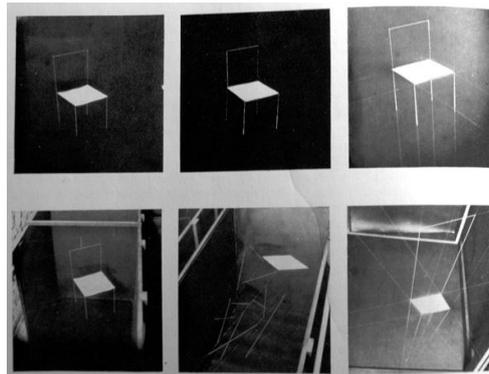


Fig. I.10 – Ames, Adelbert Jr., Expérience des trois chaises.

Il est tout de même important de préciser ici que l'illusion des anamorphoses est due à une certaine éducation de notre perception et à la démocratisation de la perspective telle que nous la connaissons. Cette perspective, généralement centrale, est devenue un élément important dans la conception des artifices visuels. Ses lois ne sont pourtant pas un facteur, ni un gage de réalisme; comme nous avons pu le voir dans cette expérience des trois chaises. Nous le mettrons également en évidence dans le paragraphe suivant sur la perspective paradoxale.

Une remarque importante peut en effet être proposée: lorsqu'une image anamorphosée peut être vue depuis plusieurs points de vue, s'agit-il d'une représentation conventionnelle d'un objet normal, ou de celle d'un objet déformé ? La ressemblance avec un objet normal ne peut en effet être perceptible que si l'objet est connu<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Gombrich, E.H., *L'art et l'illusion*, 2002, *psychologie de la représentation picturale*, Phaidon, Paris, page 210

<sup>5</sup> Comar, P., 1992, *La perspective en jeu, les dessous de l'image*, Gallimard, Paris, page 93

### I.C.1.c | La perspective paradoxale

La perspective paradoxale est une forme d'art graphique dans laquelle l'artiste joue sur les illusions d'optique, pour obtenir des objets, des formes, semblant réalistes, mais qui, par construction, sont impossibles. Cette technique repose sur une mauvaise interprétation cognitive de la perception visuelle: l'intelligence participe à la construction d'un monde absurde. Il y a contradiction entre ce que nous savons des choses, de par notre expérience, de notre conception du monde, avec ce que nous percevons. Notre interprétation ne se présente pas à nous de manière naturelle.

Les œuvres utilisant cette technique de représentation construisent une énigme visuelle et donnent simultanément la solution de celle-ci. Cette démarche est tout à fait contraire à celle des surréalistes, qui ne souhaitent pas proposer de solutions à leurs tableaux: l'énigme doit en rester une.

Une explication à ces illusions serait qu'il nous est impossible d'apercevoir les multiples possibilités de ces images en même temps, simultanément, comme dans les images ambiguës<sup>6</sup>.

#### M.C. Escher, *Belvédère*, 1958:

Chaque image de la réalité telle que nous la percevoir, en trois dimensions, doit être considérée comme la projection de cette réalité sur une surface bidimensionnelle. À l'inverse, chaque image ne doit pas obligatoirement être une projection d'une réalité tridimensionnelle.<sup>7</sup>

Il s'agit, dans cette lithographie de l'artiste néerlandais, d'une représentation d'une architecture à deux étages, de la projection de cette construction. En revanche, aucune réalité ne peut en être issue.

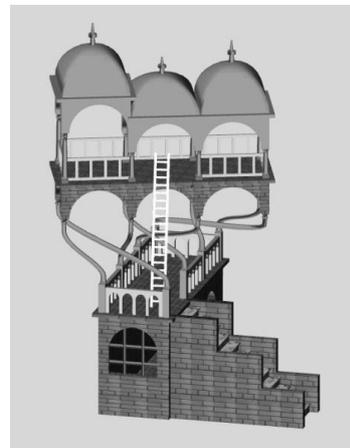


Fig. I.11 et I.12 - Escher, Maurits Cornelis. 1958. *Belvédère* - Lithographie originale et sa reproduction numérique 3D par Elbert, Gibson.

On remarque que l'étage supérieur semble croiser orthogonalement celui du dessous. Ces deux étages peuvent être perçus de manière tout à fait logique, si on les isole les uns des autres. En

<sup>6</sup> Gombrich, E.H., 2002, *L'art et l'illusion, psychologie de la représentation picturale*, Phaidon, Paris, page 05

<sup>7</sup> Ernst, B., 2007, *Le miroir magique de M.C. Escher*, Taschen, Cologne, page 90

revanche, ce qui unit ces deux étages, les huit colonnes et l'échelle, font de cette gravure une figure aux perspectives paradoxales, voire impossibles. Seules les deux colonnes aux extrémités gauche et droite paraissent tout à fait normales. Toutes les autres forment un lien entre l'avant et l'arrière de la construction, selon l'étage avec lequel elles interfèrent.

Cette construction n'est paradoxale que par le point de vue imposé par l'artiste. La construction de cette architecture en trois dimensions enlèverait alors toute l'illusion à l'œuvre, comme nous pouvons le voir sur la figure I.12.

## I.C.2 | Les illusions artistiques dans le domaine de la 3D temps réel

### I.C.2.a | Trompe-l'œil interactif: *Echochrome*

Echochrome est un jeu vidéo sorti en 2008 et basé sur une œuvre interactive de Ju Fujiki: "OLE Coordinate System"<sup>8</sup>. Cette œuvre originale est un hommage à M.C. Escher et fut récompensée en 2007 au *Japan Media Arts Festival* par un Prix d'Excellence. L'artiste japonais Ju Fujiki, intéressé par les figures qui sont impossibles dans la réalité, mais perceptiblement possibles dans le cerveau humain, propose de construire, à partir de simples cubes, des circuits sur lesquels un personnage pourra se déplacer. Celui-ci ne peut avancer que par rapport à des interprétations en deux dimensions; c'est-à-dire qu'il ne peut passer d'un bloc à un autre seulement, si à l'écran et donc visuellement, ils sont continus. Ainsi lorsqu'un trou est présent dans un bloc, il suffit de le masquer à l'écran pour qu'il n'existe tout simplement plus (Figure I.13).

Il est tout à fait recommandé de disposer deux blocs distants dans un espace en trois dimensions, pour ensuite changer de point de vue et rendre à l'écran les deux blocs continus pour pouvoir apprécier le phénomène. Il est alors intéressant de voir comment Ju Fujiki, puis Sony, par sa reprise du concept original, nous invitent à nous déplacer autour de la figure que nous créons pour guider le marcheur hors des niveaux.

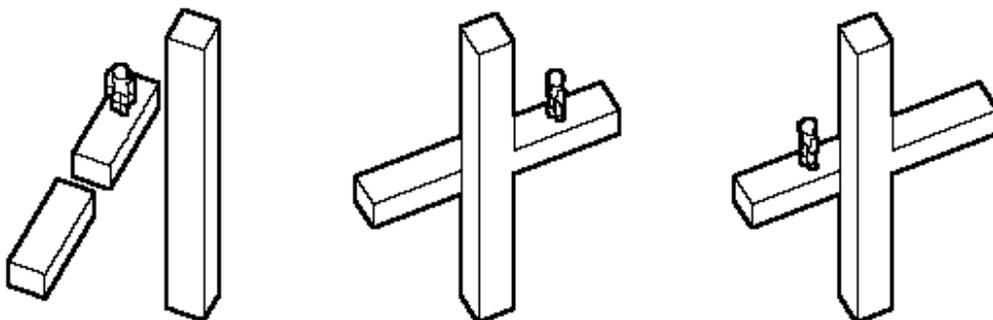


Fig. I.13 - Fujiki, Ju. 2007. *OLE Coordinate System*.

<sup>8</sup> L'œuvre originale de Ju Fujiki est disponible gratuitement à l'adresse internet suivante: [http://imposs.ible.jp/fujiki/ole\\_coordinate\\_system/index.html#concepts](http://imposs.ible.jp/fujiki/ole_coordinate_system/index.html#concepts)

Sony a donc récupéré le projet *OLE Coordinate System* pour le développer en un jeu vidéo. *Echochrome* reprend le même graphisme épuré que l'œuvre originale, et permet aux joueurs de résoudre, dans 56 niveaux différents, des casse-têtes en jouant sur la perspective. Le but n'est plus ici de tester les effets de cette perspective, mais de sortir d'un ensemble de blocs en faisant toujours pivoter la structure et ainsi changer l'angle de vue.

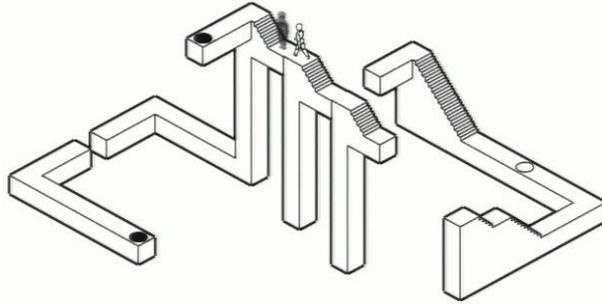


Fig. I.14 - Sony. 2008. *Echochrome* - Exemple de niveau.

#### I.C.2.b | Ombres interactives: *Echochrome II*

La suite d'*Echochrome* reprend le principe du premier opus, ou tout du moins ses grandes lignes, puisqu'il est toujours ici question de guider un marcheur vers la sortie d'un niveau. Le personnage ne peut pas, comme dans *Echochrome* premier du nom, être dirigé. Il se contente simplement de marcher droit devant lui. Alors qu'il fallait auparavant se servir de la possibilité qui nous était offerte de changer de point de vue, pour créer des passages au marcheur, *Echochrome II* voit son gameplay changer de manière singulière. Le joueur doit, dans cette suite, utiliser un accessoire physique à la manière d'une lampe torche pour éclairer la scène présente à l'écran. Le marcheur évolue alors sur les ombres de ces géométries, projetées sur un mur en arrière-plan, pas nécessairement plat.

Quatre-vingts tableaux sont ainsi proposés et permettent de découvrir que les ombres ainsi créées peuvent avoir différentes propriétés, comme faire rebondir le marcheur lorsqu'il rencontre des ombres sphériques.



Fig. I.15 et I.16 - Sony. 2010. *Echochrome II*.

Les illusions d'optique, proposées dans cet *Echochrome II*, sont donc traitées de manière complètement différente que dans le précédent jeu, et montre comment l'ombre d'un objet peut être traité de façon similaire à l'objet lui-même. La source de lumière remplace ainsi le point de vue du joueur sur la géométrie et par conséquent permet de montrer simultanément plusieurs niveaux de lecture à l'espace tridimensionnel.

### I.C.2.c | Labyrinthe 3D: *Crush*

Sortie en 2007, *Crush* est un jeu vidéo inclassable. Jeu de plateformes, puzzle virtuel ou escape game? Sûrement un peu des trois en même temps. Le studio *Zoë Mode* propose de suivre un personnage à la troisième personne que le joueur doit guider dans un univers composé de quatre mondes, chacun étant subdivisé en dix niveaux. Chacun de ces derniers est formé d'architectures très cubiques, que l'on peut observer à tout moment, dans son ensemble, en trois dimensions, pour avoir une vision globale de la scène.

Le mécanisme principal du jeu est de jongler entre deux représentations de ces labyrinthes. Le joueur est placé dans un premier temps en vue extérieure, dans un monde en trois dimensions, dans lequel il peut choisir de basculer entre différentes vues (vue du dessus, et déplacement entre quatre vues latérales). Pour pouvoir ensuite avancer, il doit faire ce que les développeurs ont appelé "gonfler" ou "dégonfler" le monde, selon que l'on passe respectivement vers la vue en trois dimensions ou en deux dimensions. Dans le dernier cas, l'image se retrouve donc aplanie. Ce mécanisme permet alors d'atteindre des zones précédemment inaccessibles et même par moment de ne voir des plateformes que dans un seul mode. Le joueur se retrouve ainsi à déplacer un personnage normal dans des situations impossibles.



Fig. I.17 et I.18 - Zoë Mode. 2007. *Crush*.

*Crush* oblige le joueur à visiter les moindres recoins des différents niveaux rencontrés tout au long du jeu. Il demande d'apprivoiser la géométrie des différents environnements, d'examiner, de contempler les lieux sous tous les angles possibles. *Crush* bouscule ainsi les sens de l'orientation et de l'observation.

### I.C.2.d | Entre deux et trois dimensions : *Fez*

*Fez* est un jeu de plates-formes développé par *Polytron* et a remporté le prix *Excellence in Visual Art* à l'*Independent Games Festival* (Festival des jeux vidéo innovants, produits par des développeurs de jeux vidéo indépendants) en 2008 et nommé pour le prix *Design innovation* lors de ce même festival.

*Fez* nous fait découvrir un personnage en deux dimensions, Gomez, qui ne peut se déplacer que de profil, de manière latérale. Le joueur doit tout au long de l'histoire faire évoluer le protagoniste dans un univers en trois dimensions, en changeant régulièrement de perspective, basculer d'un plan à un autre, pour ensuite pouvoir déplacer Gomez et alors poursuivre l'aventure. Mélangeant les décors 3D en pixel art et les sprites 2D en vue latérale, *Fez* se démarque de *Crush* par son impossibilité de jouer avec le monde en trois dimensions. Celui-ci n'est en effet présent que pour permettre au joueur de se repérer, de prendre connaissance de l'environnement et pouvoir ainsi mieux jouer avec la perspective du décor et avec les illusions d'optique qu'elle génère.



Fig. I.19 et I.20 – Polytron. 2011. *Fez* - Vue en trois et en deux dimensions.

### I.C.2.e | Transportations virtuelles de l'avatar: *Portal I et II*

*Portal I et II* sont deux jeux vidéo édités par Valve et sortis respectivement en 2007 et 2011. Ces deux jeux de réflexion à la première personne proposent une mécanique de déplacement particulière.

Le joueur est muni d'un objet, un "générateur de portail inter-dimensionnels", qui lui procure la capacité de créer des passerelles dans les différents niveaux parcourus. Ces passerelles sont constituées d'un portail d'entrée, bleu, et d'un portail de sortie, orange. Ils permettent la création d'un point de passage entre deux points ou, de manière plus schématique, de passer d'un point A à un point B, comme nous pouvons le voir sur la figure I.21.

Ces portails procurent l'illusion que derrière la porte bleue se trouve réellement un environnement, une seconde salle, alors qu'il ne s'agit que de la vue captée depuis la porte orange (Figure I.22).

C'est donc à l'aide de ce simple objet que le joueur doit venir à bout de nombreux casse-têtes et de divers puzzles. On peut également noter que tout objet passant à travers ces portails conserve sa propre dynamique du corps.

Le joueur est donc amené à créer ses propres illusions visuelles, de manière ludique, afin d'avancer dans le jeu. Il doit soit tenter de percevoir les illusions générées avant même de les réaliser, tel le processus créatif d'un artiste, soit procéder par essais et tâtonnements.

La complexité de la lecture du décor, encore plus présente dans le second volet de *Portal*, nécessite une phase d'exploration, un déplacement plus important de la part du joueur dans l'environnement virtuel, pour, par exemple, trouver un point B hors de vue. Aucune solution n'est a priori proposée et seules l'imagination et la perception visuelle du joueur prévalent pour résoudre les différentes énigmes.

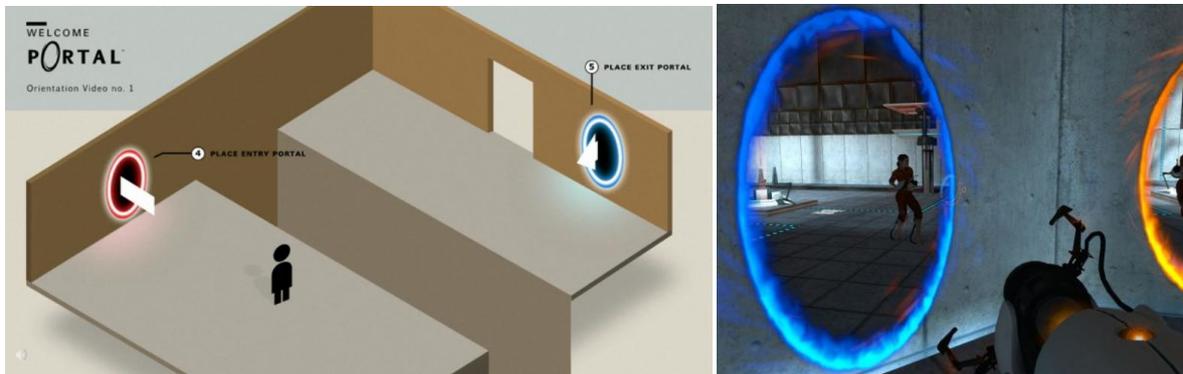


Fig. I.21 et I.22 – Valve. 2007. Portal - Schéma et impression d'écran présentant le gameplay du jeu.

## Partie II | Du point de vue unique au mouvement du spectateur

Après avoir vu les différents indices dont la vision se sert pour percevoir l'espace et un état de l'art sur le détournement de ces indices, sur quelques techniques d'illusions visuelles, nous présenterons ici la conception du projet et les volontés artistiques désirées. Nous exposerons ensuite les solutions techniques et logicielles retenues permettant de donner une nouvelle dimension à la visualisation de différentes œuvres artistiques, utilisant les illusions d'optique, en y intégrant le déplacement du spectateur.

### II.A. | Le choix des œuvres

#### II.A.1 | La citation

##### *II.A.1.a | Définitions*

Dans le domaine de l'art, et de l'art contemporain plus particulièrement, le terme *citation* désigne un élément d'une œuvre se rapportant à un thème ou à un procédé technique appartenant au passé.

Le processus artistique de la citation consiste à se saisir d'une œuvre et à l'utiliser dans certains buts bien définis. Il ne s'agit pas ici de copier, plagier ou imiter le travail d'un autre, mais d'interpréter et d'improviser autour d'un existant. L'artiste emprunte un sujet au passé et le transpose, le présente, dans un nouveau contexte. Il cherche de nouvelles formes artistiques qui lui seront propres; et il attribue à ce sujet de nouveaux aspects idéologiques, de nouvelles et diverses convictions. Le point de vue de l'artiste peut être totalement différent de l'artiste cité et, de par l'accumulation de tous ces moyens, son œuvre devient unique, indépendante et originale.

De ce fait, la citation n'est pas qu'une imitation mécanique et irréfléchie. Il s'agit là d'un réel processus de créativité emprunt aux mêmes difficultés et contradictions que celui effectué par l'artiste original. Derrière ce choix de la citation se cache un parti pris artistique impliquant son auteur, ses choix.

##### *II.A.1.b | Exemples et interprétations*

La citation a toujours été présente dans l'art pictural. C'est même par son moyen le plus strict, la copie, que durant des siècles les élèves apprenaient cet art: ils copiaient les chefs-d'œuvre des maîtres passés reconnus. En revanche, lorsque la copie est dépassée, que l'artiste prend de la distance sur son inspirateur, tout change.

C'est ainsi que des artistes tels que E. Manet, M. Duchamp ou encore R. Magritte ont tous eu recours au procédé de la citation. Le choix des artistes cités n'est évidemment pas anodin. E. Manet cite ainsi

des peintres audacieux, en leur temps, tels que F. Goya dans son œuvre *Le Balcon* (1868-1869), directement inspiré des *Majas au Balcon* (1810); ou encore Raphaël et son œuvre *Le jugement de Pâris* repris dans *Le déjeuner sur l'herbe* (1863). Nous pourrions également rappeler une autre citation célèbre, celle de *La Joconde* (1503 / 1506), de Léonard de Vinci, par M. Duchamp en 1919 dans sa parodie *L.H.O.O.Q.* (Figures II.01 et II.02)



Fig. II.01 et II.02 - De Vinci, Léonard. 1503/1506. *La Joconde* - Duchamp, Marcel. 1919. *L.H.O.O.Q.*..

Certains tableaux, comme *Le Balcon* de E. Manet, ont eux-mêmes été cités ensuite par de nombreux autres peintres et artistes, comme R. Magritte avec *Perspective II*, *Le Balcon de Manet* (1950). Les raisons de ces citations ne furent donc pas le plagiat, la copie. Elles font réellement partie de la démarche artistique de l'auteur. Si nous reprenons les trois cas évoqués précédemment, nous pouvons constater que les références prises par E. Manet, et ce qu'il en fait, lui servent à marquer une différence entre l'œuvre originale et sa propre version, tout en montrant la parenté et l'influence que Raphaël ou F. Goya pouvaient avoir sur lui. E. Manet cherche ici la confrontation, tout en rendant hommage à ses maîtres.



Fig. II.03, II.04 et II.05 - De Goya, Francesco. 1808/1814. *Les Majas au balcon* - Manet, Edouard. 1868/1869. *Le balcon* - Magritte, René. 1950. *Perspective II*, *Le balcon de Manet*.

Dans le cas de M. Duchamp, la citation a pour but la parodie et la dérision en s'attaquant au symbole de l'art que peut être le *Portrait de Mona Lisa* et à son auteur Léonard de Vinci; tandis que pour R. Magritte, la citation est un moyen d'interroger le spectateur sur sa propre culture.

### *II.A.1.c | La citation au cœur du projet*

Dans le projet que j'ai pu mener tout au long de l'année, la citation en est le cœur, l'essence première. En m'intéressant aux arts des illusions d'optique, et plus particulièrement en étudiant *La relativité* de M.C. Escher, la question de la place du spectateur me fut immédiatement posée. Que se passerait-il si cette pièce n'était pas simplement représentée sur un plan en deux dimensions, mais matérialisée physiquement devant nous? Comment pourrions-nous nous déplacer à l'intérieur, quel serait notre regard, nos mouvements, nos comportements au sein de ces espaces? Quelles visions, quelles perceptions peuvent avoir ces seize figures déjà présentes dans cette lithographie ? Je détaillerai donc cette œuvre plus précisément dans le chapitre suivant.

C'est suite à cette réflexion que le projet prit naissance, mais aussi que la citation s'imposa d'elle-même. Comment montrer au spectateur la place qu'il prendrait dans un environnement aussi étrange que celui d'Escher sans y être réellement ou au moins virtuel ? Il était bien sûr envisageable de créer et d'imaginer des espaces semblables, toute proportion gardée, à ceux d'Escher, mais le désir d'interroger le spectateur, à la manière de Magritte, sur sa culture, était primordial. C'est autour de cette ligne conductrice que le projet s'articula : mettre en avant des œuvres en deux dimensions, basées sur ou contenant des illusions d'optique, dans lesquels ou autour desquels nous pourrions nous mouvoir.

## **II.A.2 | M.C. Escher**

### *II.A.2.a | Entre création et réflexion*

Maurits Cornelis Escher est un artiste néerlandais du XX<sup>ème</sup> siècle mondialement connu pour ses gravures sur bois, lithographies et autres xylogravures complexes; subtiles mélanges d'art et de mathématiques.

Ses biographes<sup>9</sup> lui attribuent une passion pour la structure mathématique et la régularité, visible en effet dans nombreuses de ses œuvres basées sur le remplissage périodique d'un plan, ainsi que pour la continuité et l'infini. L'antagonisme également présent dans chacune de ses images, et qu'il souhaite mettre en avant, est celui de la représentation de trois dimensions sur une surface plane, en deux dimensions. C'est, dans le cadre de ce mémoire, ce qui nous intéressera plus particulièrement.

---

<sup>9</sup>Ernst, Bruno. 2007. *Le miroir magique de M.C. Escher*, Taschen, Cologne, page 20  
Ce livre écrit en collaboration avec M.C. Escher, fut relu et corrigé par l'artiste en personne.

De cette confrontation, M.C. Escher produisit des illusions d'optique, au moyen d'une logique d'image qu'il souhaita universelle et accessible à tous. Il semble, par son travail, nous dire "Regardez bien et je vous montrerai quelque chose que vous croyez impossible"<sup>10</sup>.

Cette volonté d'étonnement et de questionnement sur le spectateur ne fut pourtant perçue assez rapidement que par quelques critiques de l'époque, comme Albert Flocon. Ainsi nous le rapporte Bruno Ernst dans son livre *Le Miroir magique de M.C. Escher*, propos initialement parus dans la revue *Jardin des arts* en octobre 1965:

*"Son œuvre ajoute à l'excitation esthétique, toujours quelque peu passive, l'excitation intellectuelle d'y découvrir une structuration rigoureuse qui contredit l'expérience quotidienne et la met en question. Des notions aussi solidement établies que le haut et le bas, l'intérieur et l'extérieur, la droite et la gauche, le proche et le lointain se révèlent toutes relatives, interchangeables à plaisir. Des liaisons toutes neuves entre points, surfaces et volumes, entre causes et effets, donnent ici une topologie combinatoire qui fait surgir d'étranges mondes parfaitement possibles."*

Cette critique, positive (chose a priori très rare à cette époque à propos de M.C. Escher), de son œuvre résume en grande partie la ligne conductrice de mon projet, en ce sens que cette relativité décrite par A. Flocon est tout autant le cœur de l'œuvre *La relativité* qu'elle pourrait être ma volonté de situer le spectateur dans les différents espaces suggérés par l'artiste.

De plus, la relation entre l'espace et la surface bidimensionnelle fut traitée par M.C. Escher selon trois axes de recherche:

- L'essence de la représentation,
- Les figures impossibles,
- La perspective.

Les figures impossibles étant, par nature, non reproductibles en trois dimensions, sous peine de perdre l'illusion ainsi créée, c'est vers ses recherches sur la perspective que nous nous pencherons.

### *II.A.2.b | Une histoire de point de vue: La relativité*

En 1963, M.C. Escher créa *La Relativité* ou *Relativity*. Cette lithographie représente trois mondes complètement différents, regroupés au sein de ce qui pourrait être apparenté à une unique salle, incorporés jusqu'à devenir une unité indissoluble. Une partie de mon projet faisant directement référence à cette œuvre, prenons le temps de la décrire et de la commenter.

<sup>10</sup>Ernst, Bruno. 2007. *Le miroir magique de M.C. Escher*, Taschen, Cologne, page 10

On découvre, dans ce tableau, seize personnages que l'on pourra diviser en trois groupes distincts, en fonction du monde auquel ils appartiennent. Chaque groupe de personnages vit dans son propre espace dans lequel ce qu'il appellera mur sera dénommé plafond pour un autre, ou ce qui sera désigné sol pour un second sera pour le troisième groupe un mur. Ainsi, on peut observer ce personnage, au milieu de la composition, assis et en train de lire, qui doit trouver très étrange cet escalier dans le mur, à sa gauche, duquel sort cette personne, un sac à l'épaule.

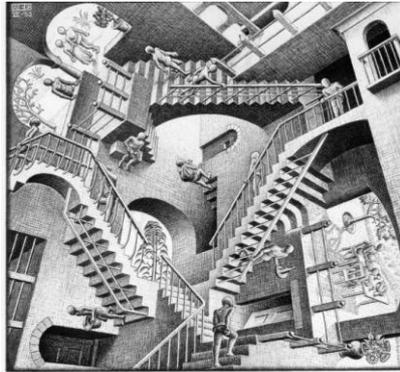


Fig. II.06 - Escher, Maurits Cornelis. 1963. *La relativité*.

Cependant, Escher n'inclut pas le spectateur dans n'importe laquelle de ces trois communautés d'individus. Nous ne sommes ni objectif, ni neutre. Il ne nous permet pas de nous identifier à tous ses personnages et par conséquent, seulement cinq d'entre eux semblent vivre dans le même espace que le nôtre.

Un autre aspect important de cet univers est le double emploi, non pas des façades cette fois, mais des escaliers: ils peuvent être montés et descendus selon plusieurs sens, théoriquement quatre au maximum. Nous verrons par la suite comment ce qui pourrait être un détail à jouer un rôle important au moment de la citation de cette œuvre et de ma volonté de cohérence et d'appropriation que j'ai souhaité mettre en place dans ce projet.

Enfin, un dernier point important de cette lithographie que j'aimerais mettre en avant, et qui est une conséquence directe de la place que prend le spectateur dans cet environnement, est la difficulté que nous donne Escher à pouvoir imaginer les déplacements des différentes figures représentées. Cette difficulté, que l'on ne perçoit qu'au bout d'une observation plus attentive de *La relativité*, engendre un questionnement sur la vraisemblance de ce lieu et on se surprend alors à basculer la tête dans l'unique objectif de mieux nous identifier à l'un de ces personnages que l'on croyait pourtant appartenir à un monde différent du nôtre.

Cette attitude face au travail de M.C. Escher est le point de départ de mon projet de cette année de master. Elle est le fondement de la première énigme dont je parlerai plus tard dans ce mémoire et dans laquelle j'ai en effet souhaité démontrer cet effet que nous propose M.C. Escher de positionner le spectateur dans un milieu relatif, par son contexte, de nous imposer un haut et un bas, un escalier montant et un escalier descendant.

## II.A.3 | Les artistes de l'anamorphose

### II.A.3.a | Le travail de Georges Rousse

Georges Rousse est un artiste photographe contemporain qui se consacre maintenant entièrement à la pratique artistique de la photographie.



Fig. II.07 - Rousse, Georges. 2004. *Fontenay*.

Sa démarche consiste à intervenir dans le champ photographique pour établir une relation entre la peinture et l'espace. Il met en scène, dans un premier temps, la peinture, puis dans un second temps, la photographie. Il utilise principalement des lieux désaffectés pour les modifier en espaces picturaux et y construire des œuvres provisoires, qui seront finalement immortalisées par la photographie, puis exposées par le moyen de tirages grand format.

Son matériau premier est donc l'espace des bâtiments abandonnés dans lesquels il repère un cadrage, une lumière. Il organise et met en scène ensuite ce lieu, pour créer la photographie finale.

Son protocole de création est toujours le même. Il fixe le cadrage dans le lieu qu'il a repéré, puis, après une phase de recherches composée de nombreux croquis, il trace sur le dépoli de sa chambre photographique le motif qu'il souhaite reproduire. Ces motifs peuvent être des mots, des cartes, des plans ou plus régulièrement des formes primitives, à la manière de K. Malevitch et de son *Carré noir sur fond blanc* (1913 ou 1915).

S'ensuit alors une longue phase durant laquelle G. Rousse reproduit point par point cette forme dans l'espace, à l'aide de multiples aller-retour entre celui-ci et le dépoli. À aucun moment G. Rousse n'utilise de projecteur. Pour finir, les formes dessinées à la craie sont peintes et une photographie de la forme finale est capturée.

L'anamorphose n'est alors que la conséquence de son travail, la finalité de son action picturale étant une photographie de l'espace, et donc une surface plane. Les motifs qu'il dessine ou qu'il peint dans ces lieux se retrouvent éclatés, étirés sur les différentes surfaces du bâtiment: la photographie rassemble l'ensemble de ces éléments. Il ne se sert pas directement de la technique artistique de l'anamorphose.

La photographie finale oblige le spectateur à une lecture statique de l'espace, à un point de vue particulier, à un examen immobile d'un lieu; et propose une nouvelle perception de la réalité. Georges Rousse perturbe les habitudes de la perception visuelle. Il questionne, à travers ses réalisations, sur l'écart qu'il peut y avoir entre la vision perçue sur la photographie et celle de la réalité.

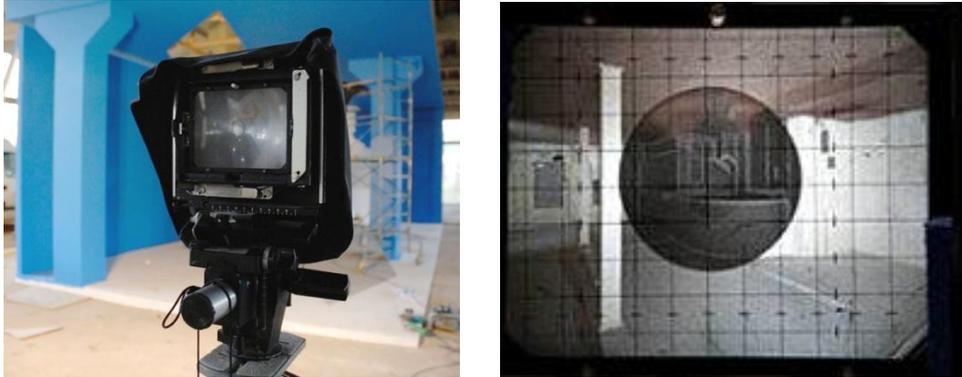


Fig. II.08 et II.09 - Dispositif de création d'une forme dans l'espace, par Georges Rousse.

### II.A.3.b | L'œuvre de Felice Varini

Felice Varini est également un artiste contemporain, dont les thèmes de prédilection sont l'architecture, l'espace et la vision. Au contraire de G. Rousse, F. Varini utilise presque exclusivement des espaces extérieurs, caractérisés par leurs architectures atypiques et leur ancienneté. En revanche, le début de leurs démarches artistiques est quasiment identique; même si leurs motivations peuvent être différentes. F. Varini parcourt de la même manière un lieu, et y relève l'architecture, les matériaux, son histoire et sa fonction. C'est à partir de ces différentes informations qu'il définit un point de vue. L'intervention artistique prendra forme ensuite autour de ce dernier.

L'artiste choisit donc un point de vue avec précision, généralement à hauteur des yeux, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour G. Rousse, et le place, de préférence, sur un point de passage obligé (palier entre deux pièces, route, etc.).



Fig. II.10 - Varini, Felice. 2006. *Sept droites pour cinq triangles* - Réalisation observée depuis le point de vue choisi par l'artiste.

Ce point de vue fonctionne comme un point de lecture, un point de départ possible entre la peinture de F. Varini et l'espace. La forme peinte n'est donc cohérente que lorsque l'observateur rencontre ce point de vue précisément. Dès qu'il en sort, se déplace, une infinité de points de vue est envisageable, et sont autant de rencontres entre l'espace et l'œuvre.



Fig. II.11 et II.12 - Varini, Felice. 2006. *Sept droites pour cinq triangles* - Observation "hors point de vue".

Ce n'est donc pas à partir d'un point de vue unique, celui qui lui a pourtant permis de construire l'œuvre, que le spectateur aperçoit le travail effectué. Ce dernier se tient dans l'ensemble des points de vues qu'il peut avoir sur lui.

Une autre différence que l'on peut constater avec les différents travaux photographiques de G. Rousse est l'absence de modification du lieu par F. Varini. Au contraire, pour servir son œuvre G. Rousse n'hésite pas à ajouter ou supprimer des éléments architecturaux.

F. Varini se sert du principe de l'anamorphose de manière beaucoup plus globale que l'artiste précédent, pour qui, on l'a signalé, les anamorphoses ne sont que les conséquences de sa démarche artistique. Il propose au spectateur de voir l'œuvre dans sa globalité, de manière impromptue, puis selon le point de vue qu'il désire; tout en l'amenant inconsciemment vers le point de départ de l'œuvre artistique situé sur un point de passage.

Nous verrons, dans la description du projet réalisé tout au long de cette année, que le protocole de travail employé pour recréer numériquement des anamorphoses est assez semblable à celui employé par G. Rousse. En revanche, la volonté artistique du projet se rapproche beaucoup plus de celle de F. Varini et de la liberté qu'il laisse au spectateur dans leur façon de visualiser ses œuvres. Le mouvement de l'observateur est un élément fondamental dans ce projet, comme il l'est dans la démarche de F. Varini.

## II.B. | Bouger autour d'une œuvre, dans une œuvre : Le projet

### II.B.1 | Principes de ce projet

#### *II.B.1.a | L'escape game comme moyen d'observation*

Un escape game peut être défini comme étant un sous-genre des jeux d'aventure, utilisant généralement le principe du "pointer-et-cliquer" (Point-and-click) pour évoluer tout au long du jeu. Le but d'un escape game est de trouver comment sortir d'une pièce, d'une salle ou d'un espace.

La plupart de ces jeux se jouent de manière subjective, à la première personne. Le joueur doit généralement récolter des objets, les faire interagir entre eux au sein d'un inventaire pour ensuite les utiliser avec d'autres objets présents dans l'environnement, dans le but de trouver une manière de sortir de celui-ci.

Dans le cadre de ce projet, il fallut trouver un prétexte à l'évolution du joueur dans les différents espaces dans lesquels il est immergé, pour qu'il puisse percevoir d'une façon nouvelle les œuvres citées que l'on verra dans le chapitre suivant. L'escape game a cette particularité qu'il oblige le joueur à observer et décortiquer l'espace dans lequel il évolue; à la recherche du moindre indice, du moindre objet. Le choix fut donc pris de faire de ce projet un escape game, ou tout du moins de reprendre quelques principes fondamentaux à ce sous-genre du jeu vidéo.

Cependant, le joueur n'est ni confronté, comme dans la plupart des jeux de ce type, à une situation de danger, ni en présence d'un quelconque compte à rebours lui signifiant une urgence à agir. Il n'est pas mis dans une situation de stress. De plus, aucun texte, aucune voix ne vient expliquer sa présence dans le lieu de départ. Il doit résoudre des énigmes, ou tout du moins trouver des éléments qui le feront revoir différentes illusions d'optique, mais également sortir de la salle dans laquelle il est présent.

Cette expérience, plus que ce jeu, reprend le principe du "pointer-et-cliquer", puisque toute les interactions avec le décor se font ici à l'aide de la souris.

D'autre part, à la différence d'un jeu traditionnel, le projet n'a pas vocation à proposer une fin. Il ne présente pas de mécanismes connus dans le domaine vidéoludique, tels que la présence de tutoriaux, de phases d'explications sur la prise en main de l'expérience ou de notions de difficulté, de progression dans une aventure; tout ceci dans le but de mettre en avant l'ensemble des œuvres citées.

Enfin, et pour les mêmes raisons, aucune unité graphique ou spatiale n'est présente entre les énigmes. Le joueur évolue et transite entre différents univers, visuellement différents, qui ne se rejoignent que par la présence d'illusions d'optique en leur sein.

### II.B.1.b | Privilégier l'expérience unique

L'expérience proposée au joueur dans ce projet est motivée par le souhait de la rendre la plus unique possible. C'est ainsi que le joueur se retrouve au départ du jeu dans un couloir d'hôtel, sans aucun repère. Ce couloir contient simplement quelques tableaux aux murs, représentant les différents lieux et œuvres qu'il pourra découvrir par la suite.

Le joueur a alors toute la liberté de choisir l'une des différentes portes présentes dans ce couloir pour accéder à une première salle. À la fin de chaque énigme, le joueur se retrouve de nouveau dans ce même couloir, de sorte qu'il puisse encore une fois choisir librement l'énigme suivante. Chaque joueur se retrouve ainsi en train de créer sa propre expérience du jeu. Il n'y a pas ici de notion d'enchaînement logique des niveaux, pas de passage obligatoire pour accéder à une nouvelle énigme. La seule contrainte est que l'on ne peut faire demi-tour: du moment que l'utilisateur est entré dans une pièce, il doit trouver le moyen d'en sortir. De la même manière, dans chacun des espaces visités, aucune solution unique ou préférentielle n'a été mise en place, le but étant toujours de revisiter l'espace qui entoure le spectateur et de le confronter aux illusions qui lui font face.

Pour renforcer l'expérience de l'utilisateur, et pour l'apparenter à ce qu'elle pourrait être dans un univers réel, le projet propose de découvrir l'ensemble de ces lieux de manière subjective, à la "première personne". Cet aspect évite en effet de replacer le joueur dans le même contexte que lorsqu'il perçoit les œuvres originales. Le point de vue virtuel se substitue au point de vue qui pourrait être celui de l'individu dans un espace réel, pour mettre littéralement le joueur en mouvement dans, et autour des illusions. L'immersion est alors grandement améliorée et l'identification du joueur avec l'avatar virtuel plus évidente.

Enfin, le projet étant amené à être porté en immersif, et à être détourné vers un projet de réalité virtuelle, cette considération fut presque obligatoire. Elle permet ainsi d'envisager l'ajout d'interfaces homme-machine (IHM), tel qu'un casque immersif ou encore de la stéréoscopie ou du tracking du joueur.

### II.B.2 | D'une énigme à une autre

Comme nous avons pu le voir précédemment, les œuvres artistiques qui sont citées ici sont toutes basées sur des illusions d'optique. Les énigmes face auxquelles est placé le spectateur, n'ont d'autres buts que de le faire évoluer dans des espaces qui l'amèneront à visualiser de manière différente les illusions visuelles présentées.

Pour ce faire, les mécanismes de déplacement et d'évolution du joueur qui sont mis en place peuvent parfois s'apparenter eux-mêmes à des illusions de perception, comme nous pourrions le voir plus en détail dans l'énigme consacré à *La relativité* de M.C. Escher. Ces nouvelles formes d'illusions, possibles uniquement en image de synthèse et combinées au déplacement du joueur, apportent des solutions techniques à la redécouverte des illusions initialement montrées en deux dimensions. Elles permettent également d'amplifier certains phénomènes, que nous ne pourrions percevoir autrement.

C'est ainsi que le passage d'une énigme à une autre, et donc d'un espace à un autre, se fait de manière illusoire, puisque les salles ne sont géométriquement pas accolées les unes aux autres. Le procédé sera également expliqué plus amplement dans la partie suivante.

### II.B.3 | Revisiter *La relativité* de M.C. Escher

Cette première énigme emmène le joueur à l'intérieur des trois espaces créés par M.C. Escher dans son œuvre *La relativité*. L'intérêt est ici de substituer la personne à l'un des seize personnages présents dans la lithographie originale, pour le transporter successivement dans chacune des trois dimensions dans laquelle vit l'un des trois groupes de figures; et ainsi lui faire percevoir l'espace relatif à ce groupe d'individus. Il doit pouvoir se déplacer librement entre les différentes gravités proposées.

Pour ce faire, le tableau original a été recréé numériquement (Figure II.14) et le plus fidèlement possible (aussi bien d'un point de vue géométrique que du rendu), pour pouvoir immerger au mieux le joueur dans l'œuvre. Cette considération géométrique n'a pas été sans poser de nombreux problèmes, principalement au niveau des escaliers. On remarque sur la lithographie que les marches sont aussi hautes que profondes. Cet aspect est indispensable à la reproduction numérique de l'œuvre, à sa fidélité, mais rend l'univers légèrement incohérent lorsque nous nous y déplaçons à l'intérieur.

De plus, lorsque le joueur entre dans cette salle, le même point de vue que celui imposé par l'artiste est proposé. Libre ensuite au spectateur d'évoluer dans la dimension à laquelle M.C. Escher voulait que l'on soit placé, comme les cinq figures auxquelles nous pouvons nous identifier.

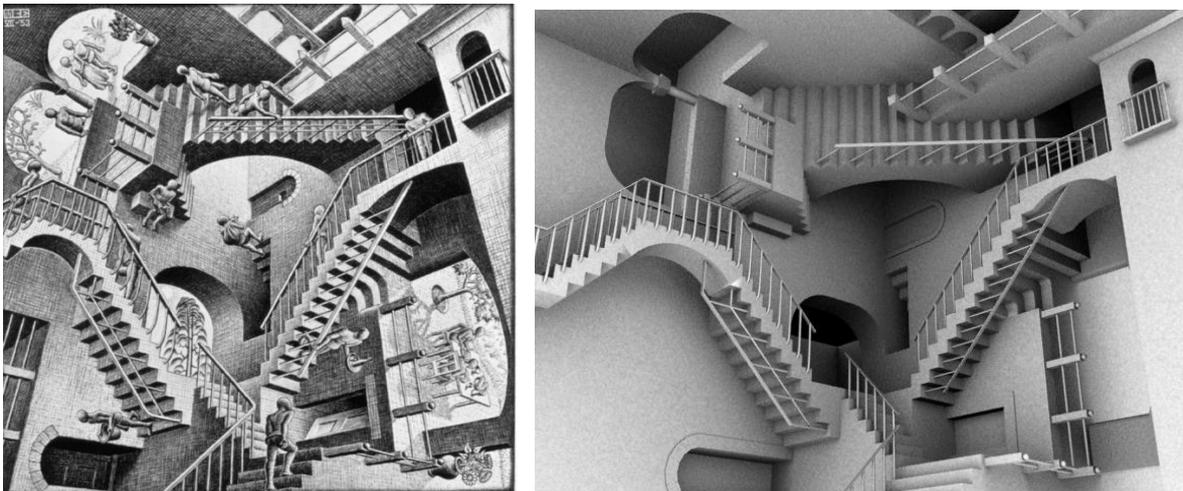


Fig. II.13 et II.14 - Escher, Maurits Cornelis. 1953. *La relativité* - Lithographie originale et modélisation 3D de l'environnement

Nous verrons par la suite les solutions envisagées et celle retenue pour passer d'une dimension à une autre, ce qui pourrait ici s'apparenter à la circulation du spectateur entre les multiples dimensions paradoxales et donc aller contre les lois de la gravité.

### II.B.3.a | Le déplacement dans la scène

Le déplacement de l'utilisateur s'opère par le biais des périphériques standards, à savoir un clavier et une souris. Comme nous l'avons vu précédemment, le joueur est immergé de façon subjective dans la scène et doit pouvoir se déplacer à l'intérieur des trois espaces relatifs présentés. Pour ce faire, trois solutions ont été envisagées.

La première méthode imaginée était de faire basculer l'environnement virtuel dès l'approche du joueur vers l'un des murs, pour faire en sorte que le monde bascule et s'oriente jusqu'à ce que ce mur devienne sol. L'inconvénient de ce procédé n'est pas spécialement technique, puisqu'aucun test n'a d'ailleurs été effectué en ce sens, mais plutôt d'ordre artistique. En effet, si l'on reprend l'interprétation faite précédemment du tableau de M.C. Escher, on se rend compte que les deux autres espaces, entourant les cinq figures qui évoluent dans la même dimension que nous imposons au joueur en début d'énigme, ne sont pas perceptibles. Il n'est alors pas question de modifier la relativité de l'environnement autour du joueur, et donc de faire devenir sol ce qui était mur de façon si directe, si visible. Le joueur n'aurait alors pas l'illusion de passer d'une dimension à une autre.

Les deux autres principes sont assez similaires l'un de l'autre. Ils consistent à se servir de certains éléments présents dans la lithographie: les portes. Que se passe-t-il en effet derrière celles-ci ? L'unique élément de réponse, assez imprécis, que semble nous apporter l'artiste se situe dans la seule porte entrouverte, dans le mur, en face de la figure la plus proche de nous. Il a donc été envisagé, de manière tout à fait personnelle et arbitraire, que ces éléments constitueraient un passage entre les trois espaces; créant ainsi une meilleure illusion de continuité, d'enchaînement entre les univers, que celle imaginée précédemment. Le joueur est ainsi amené à ne percevoir qu'un seul environnement. La pièce paraît se prolonger vers une autre salle, qui pourtant se trouve être la même, physiquement parlant.

Une liberté dans la construction géométrique du niveau a donc été prise puisque le nombre de portes présentes initialement ne permettait pas d'envisager un niveau assez complexe et mécaniquement pertinent.



Fig. II.15 - Repérage des différents points de passage d'une dimension à une autre.

Douze emplacements ont été repérés et se réfèrent donc à trois portes déjà existantes (Figure II.15, numéros 1 à 3), deux suggérées (Figure II.15, numéros 4 et 12) et donc sept autres complètement imaginaires. Une relation entre chacune d'elles a ensuite été définie, de sorte qu'un passage d'une porte vers une autre se crée de manière rationnelle. Ces relations ont été définies de la manière suivante:

- + Porte n°01 vers la porte n°02,
- + Porte n°02 vers la porte n°06,
- + Porte n°03 vers la porte n°08,
- + Porte n°04 vers la porte n°03,
- + Porte n°05 vers la porte n°09,
- + Porte n°06 vers la porte n°01,
- + Porte n°07 vers la porte n°11,
- + Porte n°08 vers la porte n°10,
- + Porte n°09 vers la porte n°07,
- + Porte n°10 vers la porte n°04,
- + Porte n°11 vers la porte n°05,
- + Porte n°12 vers la sortie du niveau.

On remarque que les correspondances ne se font pas deux à deux, et qu'il n'est donc pas possible de faire demi-tour. En revanche, lorsque l'utilisateur décide d'ouvrir une porte, rien ne l'oblige à la franchir. Dans ce cas, il peut tout à fait décider, une fois le mécanisme compris, de prendre du recul pour visualiser la seconde porte qu'il vient d'ouvrir, pour se repérer et imaginer dans quelle dimension il se trouvera si cette porte est franchie (Figure II.16).



Fig. II.16 - Après avoir ouvert une porte, il est possible de visualiser celle par laquelle le joueur ressortira.

La question s'est alors posée de cette transportation du joueur d'un endroit vers un autre. C'est à ce moment que cette méthode se scinde en deux propositions.

La première consisterait à positionner dans des endroits différents les trois représentations du même monde. Cette méthode est sûrement la plus facile et la plus rapide à mettre en place dans un premier temps, mais demande en revanche beaucoup plus de ressources matérielles; la géométrie générale de l'environnement étant dupliquée trois fois.

En raisonnant plus globalement, et dans le cas d'une évolution future du projet, on peut imaginer que certains éléments, non présents actuellement dans la scène reproduite, tels que les chaises, la table ou encore les pots de fleurs, pourraient être amenés à bouger en fonction des actions de l'utilisateur. Cet apport instaurerait au passage une nouvelle perspective quant à la manière de sortir de ce lieu. Il serait en effet tout à fait possible de prendre de nouveaux points de repère. En plus, donc, de devoir dupliquer l'environnement dans lequel est présent le joueur, il serait alors nécessaire de mimer les mouvements des différents objets dans les trois lieux.

La seconde solution serait de rester dans le même espace, en appliquant, au moment du passage d'une dimension à une autre, une rotation de l'ensemble de l'environnement 3D. Cette méthode est plus gourmande en calculs au moment du passage d'un espace vers un second, mais seulement de manière très ponctuelle. Elle a donc été privilégiée.

En revanche, pour gérer le déplacement du joueur, Unity3D (le moteur 3D utilisé dans le cadre de ce projet) propose nativement l'utilisation de ce qui est appelé un "First Person Controller". Celui-ci donne des résultats tout à fait satisfaisants, mais n'est plus adapté dans le cas présent. Au cours des différents tests réalisés, il fut observé que lorsque nous changeons dynamiquement la position de cet avatar virtuel, dans un espace statique, comme cela pourrait être le cas si la personne passait de la porte n°02 à la porte n°04 par exemple, tout se passait normalement. Au contraire, lorsque cette même personne passait d'une dimension à une autre, et que l'on applique une rotation à l'environnement, la physique du "First Person Controller" se comportait de manière anormale. Ce phénomène viendrait a priori du fait que ce composant se sert de la surface sur laquelle évolue le joueur pour calculer tout ce qui est en lien avec la physique du personnage. Au moment de la rotation de la salle, l'attribut de collision sur lequel s'appuie la physique subit donc un changement d'orientation. Le calcul de la physique continue alors de se reposer sur l'orientation précédente de l'objet, phénomène qui engendre l'erreur.

Pour résoudre ce problème, il a donc fallu non pas utiliser le "First Person Controller" mais un outil présenté sur le Wiki Unity3D, qui utilise pour sa part les rigidbodies: le script "Rigidbody FPSWalker".

Enfin, une autre problématique à résoudre, plus minime cette fois, fut celle des boîtes de collision. Il faut bien garder en mémoire qu'à chaque instant, lorsque le joueur passe d'une dimension à une autre, tous les repères changent. Ainsi, comme on a déjà pu le voir, ce qui est mur peut devenir sol ou plafond. Il a donc fallu ajouter au système de transportation du joueur, un moyen d'activer les boîtes de collision relatives à la dimension dans laquelle il évolue.

### *II.B.3.b | Capter une partie de la vision*

Après avoir mis en place le déplacement du joueur entre les trois dimensions présentes dans cet espace, il a fallu imaginer la manière de percevoir les autres relativités à travers les différentes portes.

Puisqu'une seule géométrie de l'environnement est utilisée dans cette énigme, comme nous venons de le voir précédemment, la méthode employée dans ce projet est de créer l'illusion au joueur que l'espace visible à travers toutes ces ouvertures se trouve réellement derrière celles-ci.

Pour ce faire, une caméra est utilisée et filme ce que l'on souhaite montrer à travers une porte. Le rendu de cette caméra est plaqué en temps réel sur une "Render Texture" qui est ensuite appliquée sur un plan recouvrant l'ensemble de l'ouverture. À chaque fois que le joueur vient ouvrir une porte, une caméra vient donc se positionner derrière la porte par laquelle il doit ressortir (Figure II.17). Cette caméra est placée de façon à ce que sa position relative à la porte qu'elle filme (Figure II.17, porte jaune) soit la même que celle entre le joueur et la porte qu'il vient d'ouvrir (Figure II.17, porte verte). L'orientation de cette caméra est quant à elle toujours perpendiculaire à la porte, ce qui n'aura pas d'incidence (nous en discuterons plus tard) sur l'illusion que nous souhaitons produire.

La caméra vient ensuite mimer les mouvements de l'avatar virtuel pour que les distances entre les caméras et les deux portes ouvertes soient toujours identiques.

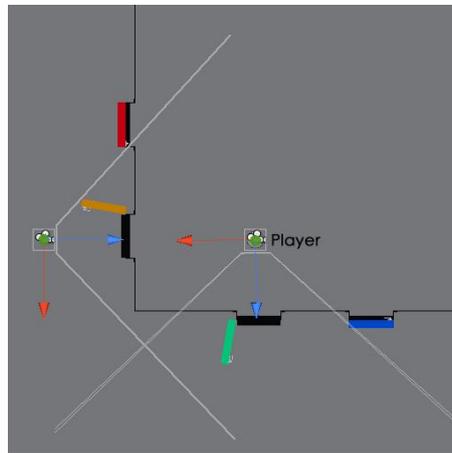


Fig. II.17 - Une caméra vient mimer la position du joueur par rapport à la porte qu'il vient d'ouvrir.

Cependant, un problème subsiste toujours. Comme on peut le voir sur la figure II.18, l'image qui doit être capturée par la caméra mimant le champ de vision du joueur, ne doit correspondre qu'à l'angle coïncidant avec l'ouverture de la porte (Figure II.18, cône blanc).

Ce problème peut globalement être résolu en orientant en permanence la caméra mimant le joueur vers la porte qu'elle filme, en recalant en temps réel le "near clip" de cette caméra au niveau de la porte, et en modifiant toujours en temps réel le champ de vision de la caméra, de sorte qu'il coïncide précisément avec l'angle formé par les deux côtés de l'ouverture de la porte et la caméra (Figure II.19). Le ratio de la caméra doit également correspondre au ratio largeur / hauteur de l'ouverture de la porte.

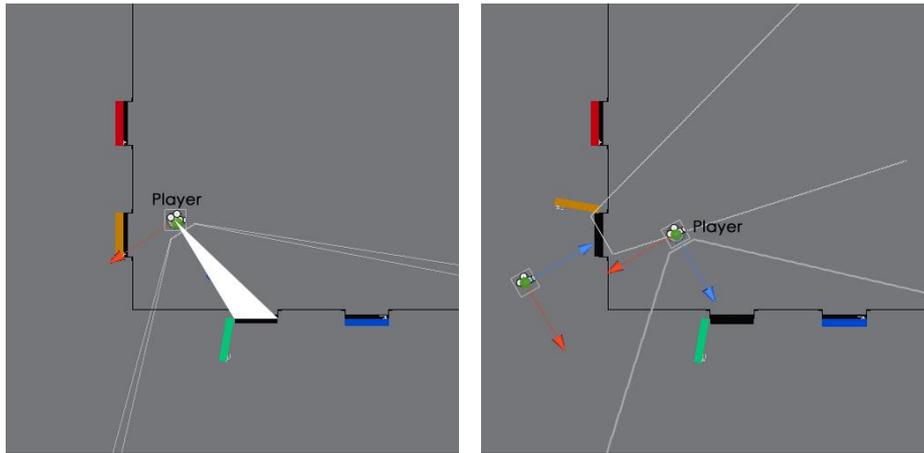


Fig. II.18 et II.19 - Champ de vision du joueur à modifier - Solution adoptée sans modification du plan de projection de la caméra mime.

On remarque tout de même sur cette même figure, que le plan de projection de la caméra est toujours perpendiculaire à la direction de celle-ci et que, par conséquent, moins le joueur se situera en face de la porte, plus l'angle entre l'encadrement de la porte et le plan de projection réel de la caméra sera important et engendrera une imperfection au niveau de l'image captée et rendue sur la première porte. L'illusion n'est pas totale.

Il faut donc contraindre le plan de projection de la caméra, le définir comme étant l'encadrement de la porte qu'elle filme, et cela quelque soit la position de la caméra dans l'espace. L'orientation ne doit plus être modifiée, mais être toujours orthogonale au plan de projection qui se verra alors décentrée pour devenir oblique (Figure II.20).

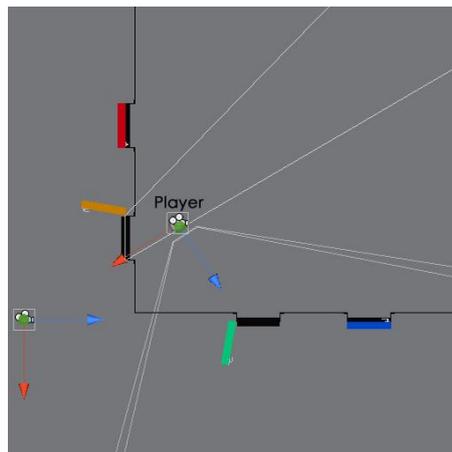


Fig. II.20 - Plan de projection oblique de la caméra mime.

Pour ce faire, un script est exécuté à chaque frame pour redéfinir la matrice de projection de la caméra, à partir de trois positions: le côté gauche et le haut de l'encadrement de la porte, et une position normale à la caméra, dans le prolongement du plan de projection. On peut alors trouver le vecteur 2D qui correspond au décalage entre le plan de projection oblique souhaité et le plan de

projection orthogonal à la caméra; vecteur 2D qui permet de redéfinir la matrice de projection de la caméra.

### II.B.3.c | Une autre vision de l'espace

Comme nous l'avons énoncé, la perception visuelle fonctionne énormément par hypothèses et se réfère à de nombreux indices, tels que ceux de constances. En prolongeant de manière illusoire, à l'aide des différentes portes mises en place, l'espace dans lequel il évolue, le joueur semble se promener dans trois lieux distincts. Ce n'est seulement qu'après plusieurs passages au sein d'un même environnement que la conscience du joueur, et non sa perception, semble se rendre compte de la supercherie. Cette expérience tente ici d'apporter un nouveau regard sur l'œuvre de M.C. Escher. Le mouvement virtuel de l'individu dans ces espaces modifie la perception de *La relativité* par la multitude des points de vue qu'il permet.

Cependant, on se rend compte que l'illusion n'est pas totale. Un faible saut se produit lorsque le joueur passe d'une dimension à une autre. Celui-ci est dû à la différence de luminosité entre le rendu de la texture et la scène réelle. La constance de lumière étant un indice très fort de la perception visuelle, un léger trouble se produit, perturbant ainsi légèrement l'illusion.

Ce problème est probablement dû aux lumières présentes autour du plan abritant la "Render Texture", qui ont tendance à la sur-éclairer.

### II.B.4 | Trouver les anamorphoses qui pourront nous guider

La deuxième énigme consiste à proposer une autre lecture des anamorphoses. Comme nous avons pu le voir, dans les œuvres de Georges Rousse principalement, les anamorphoses ne sont pas toujours présentées de telle manière que nous puissions évoluer autour d'elles, leur porter le regard que l'on souhaite. Les artistes nous imposent souvent un certain point de vue, et c'est leur rôle, parfois un certain support de visualisation, sans que nous n'ayons d'autres choix que de subir cette vision de l'artiste sur sa création. Une autre grande contrainte à laquelle nous sommes confrontés, est le fait de savoir que nous sommes en présence d'une œuvre artistique, aussi bien lorsque nous l'observons dans un musée que dans un livre.

Les œuvres, se rapprochant le plus de la volonté présentée dans cette énigme, sont peut-être celles d'artiste comme Julian Beever. Leurs œuvres étant réalisées en plein air, les passants ont en effet tout le loisir de regarder ses anamorphoses de la manière qu'il le souhaite (Figures II.21 et II.22).



Fig. II.21 et II.22 - Beever, Julian. 2005. *Globe* - Point de vue privilégié par l'artiste et point de vue présentant l'anamorphose.

Le but est donc ici de trouver un moyen de mettre en avant des anamorphoses, sans que le joueur ne puisse se douter, en premier lieu, de leur existence, pour ensuite, petit à petit, faire évoluer le comportement du spectateur vers une volonté de découverte et d'aller à l'encontre de ces illusions. Il a donc été imaginé de se servir des anamorphoses comme d'un moyen de direction et d'indication vers la sortie de ce nouveau lieu de cet escape game. La finalité de ce jeu, si ce projet en est un, étant de sortir des différents espaces visités, quel moyen plus direct que d'indiquer des directions par le biais des œuvres, où plutôt ici de la technique artistique.

#### II.B.4.a | Le lieu

Le lieu dans lequel le joueur est amené à évoluer est assimilé au métro parisien. Cet espace doit être géométriquement le plus fidèle possible à ce que l'on pourrait voir réellement dans cet environnement (Voir liste des éléments, Annexe 01), pour que le protagoniste puisse s'y sentir rapidement à son aise, avec la volonté ferme d'y évoluer. Dans le souci de ne pas proposer un espace aberrant, la topologie des couloirs s'appuie sur celle de la station Châtelet-Les Halles, comme nous pouvons l'observer sur les figures II.23 et II.24, puis a été adaptée aux besoins de l'énigme.

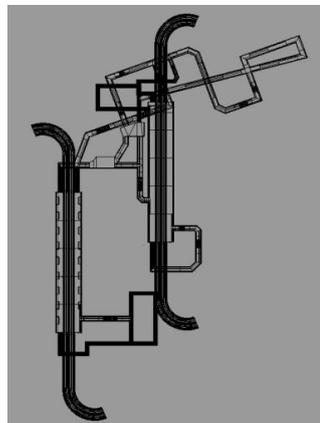


Fig. II.23 et II.24 - Topologies de l'espace virtuel et de l'espace réel de référence

Ce lieu a été choisi par rapport à ce qu'il procure et aux habitudes de mouvement et de navigation qu'il engendre. Plusieurs cas sont en effet possibles.

Prenons dans un premier temps, celui d'une personne ne connaissant absolument pas cet environnement. Une fois entrée, elle voudra certainement trouver des indications, des repères qui lui indiqueront le chemin à suivre. Elle entamera une phase d'observation et de découverte. En l'absence de ces repères, par tâtonnements plus ou moins déterminés, elle décidera de s'engager dans les dédales de couloirs que représente cet espace sous-terrain.

Dans le second cas d'une personne pour qui ce lieu lui est plus familier, les comportements seront pourtant très semblables. Connaissant les moyens logiques pour se repérer et évoluer dans cet espace, le joueur sera tenté de copier la démarche qu'il met en place dans l'environnement réel. Il est donc nécessaire ici que l'analogie visuelle entre l'espace réel et l'espace virtuel ne soit pas totale, en n'intégrant pas de manière logique et identique la partie signalétique que l'on trouve dans les couloirs du métro parisien.

En l'absence donc de ses repères habituels, le joueur adoptera le même raisonnement que décrit dans le premier cas, et cherchera lui aussi de nouveaux indices qui pourraient lui indiquer la marche à suivre.

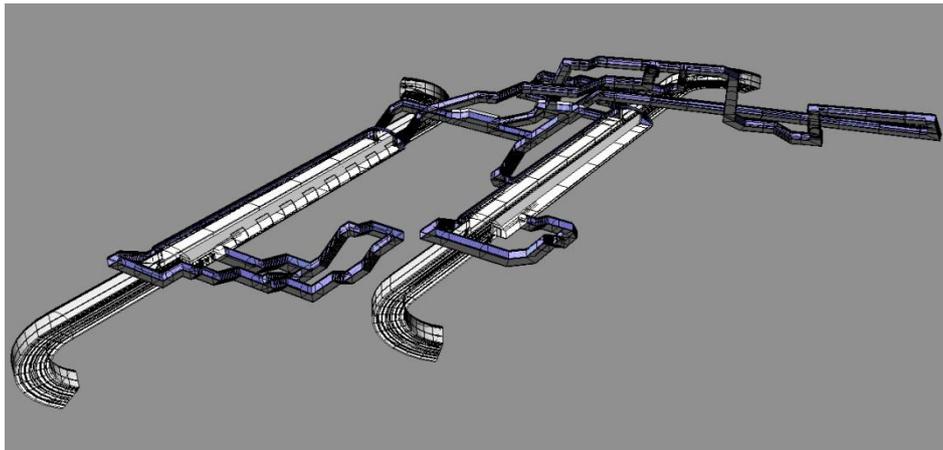


Fig. II.25 - Géométrie du réseau sous-terrain dans lequel le joueur peut évoluer.

#### *II.B.4.b | Les citations*

En parallèle du choix du lieu, il fallut trouver comment intégrer les citations d'œuvres artistiques à mettre en avant. Comment pouvaient-elles servir l'installation, le "gameplay", au service de l'action. Les anamorphoses de G. Rousse ou de F. Varini ne sont en effet pas de simples représentations de symboles de directions, elles sont ici presque imposées, même si une sélection peut être faite parmi la quantité de travaux que ces artistes ont pu réaliser.

Le choix s'est porté sur le mélange de citations artistiques et d'indices directeurs. Le joueur doit être amené à parcourir le niveau à la recherche de signes qui le guideront vers la sortie, tout en lui montrant les œuvres des artistes précédemment cités. Deux catégories d'anamorphoses sont donc présentes dans ce niveau, les citations et les indices de directions.

Pour constituer une base de données des citations, une liste des œuvres de ces deux artistes a été faite. Ensuite, pour chacune d'entre elles a été extrait le motif original projeté dans la scène, tel qu'il sera lui-même montré dans le jeu (Figures II.26 et II.27).

La seconde catégorie d'anamorphoses n'a quant à elle été réalisée que plus tardivement, après que j'ai trouvé les emplacements les plus adéquats à leur projection, c'est-à-dire après la modélisation de l'environnement 3D.



Fig. II.26 et II.27 - Rousse, Georges. 2007. *Vitry* - Extraction du motif à projeter

#### *II.B.4.c | À la recherche d'indices: leurs emplacements*

De la même manière que deux catégories d'anamorphoses ont pu être constituées, il fallut dans un premier temps trouver où placer les citations, puis dans une seconde phase les emplacements des indices de direction. Les citations étant au centre du projet, c'est tout naturellement elles qui devaient être mises en place prioritairement.

Pour être davantage certain qu'elles jouent leur rôle dans l'énigme, elles ont été situées de préférence aux intersections des différents couloirs, à la manière des points de passage de Felice Varini, qui jalonnent l'environnement. Furent ensuite trouvés les emplacements des anamorphoses de direction, de sorte que citations et indices d'orientation soient à peu près répartis uniformément; ou, à certains endroits, qu'ils se confrontent, pour éventuellement rendre la tâche plus complexe pour le joueur, le perturber un peu plus.

La démarche adoptée pour ensuite créer la deuxième catégorie d'anamorphoses est similaire au protocole artistique que nous avons pu décrire précédemment et que s'impose Georges Rousse.

Après avoir choisi l'endroit qui abritera l'indice, une orientation est fixée par le positionnement d'une caméra dans la scène virtuelle qui vient sceller définitivement le cadrage avant l'intervention artistique. Cette caméra joue le rôle du Polaroid dans le protocole de G. Rousse.

En revanche, nous avons vu que ce dernier, une fois l'intervention terminée, prend cet espace en photo, photographie qui constitue l'œuvre en soi. La question du point de vue de l'observateur n'est donc pas ici abordée puisque ce dernier ne devra à aucun moment venir voir l'œuvre in situ. Dans le cas de l'expérience mise en place dans ce projet, le joueur doit pouvoir adopter le même point de vue que la caméra fictive qui a permis à fixer le cadrage. Si l'avatar virtuel est imposé, comme on peut le voir dans n'importe quel jeu vidéo à la première personne, cela ne pose que le problème de la hauteur de cet individu virtuel. Au contraire, si le portage de ce projet en immersif est envisagé, il doit être possible de redéfinir en hauteur la position des différentes caméras virtuelles utilisées pour projeter les anamorphoses dans l'environnement 3D. Cet élément est évidemment à prendre en compte lors de la mise en place des différents projecteurs.

#### *II.B.4.d | La mise en place des anamorphoses*

Après avoir défini l'espace dans lequel évoluera le joueur, puis sélectionné les cadrages dans lesquels seront placées les anamorphoses, il fallut trouver les moyens de les intégrer dans la scène 3D. Plusieurs choix furent envisagés.

Le premier choix est une méthode assez rigide, consistant à texturer directement les objets recevant les anamorphoses. Cette méthode a l'avantage d'être rapide à exécuter dans les logiciels de modélisation 3D, en effectuant du caméra mapping par exemple, puis en récupérant le résultat dans une texture additionnelle. L'inconvénient majeur est qu'il nécessite plusieurs aller et retour entre le logiciel de modélisation et le moteur 3D pour vérifier de la pertinence de la texture. De plus, nous avons vu que dans le cas d'un portage de ce projet en immersif, la hauteur du point de vue varie selon l'individu. Avec cette méthode, il est impossible de modifier dynamiquement, ou du moins facilement, l'emplacement des textures correspondant aux anamorphoses. La personne expérimentant le projet ne pourrait alors pas voir de manière optimale les différentes anamorphoses parsemant la scène.

Deux méthodes directement intégrées à Unity3D ont également été envisagées: l'utilisation d'un composant appelé "projecteur", ou d'un second outil, l'application sur des lumières directionnelles de textures de type "cookie". Ces deux procédés possèdent naturellement leurs avantages et inconvénients.

De manière analogue, l'utilisation d'une de ces deux méthodes présente l'avantage qu'il s'agit assez simplement de positionner, dans une scène virtuelle, un objet 3D, que l'on peut ensuite déplacer comme on le souhaite, et qui viendra projeter, sur l'espace virtuel situé devant lui, une texture que l'on peut très bien, elle aussi, modifier de manière dynamique. Il est donc plus facile ici, en comparaison de la première méthode proposée, de recalculer légèrement les cadrages, pour affiner le positionnement et l'orientation que l'on désire donner aux anamorphoses. De plus, nous avons vu que des caméras virtuelles ont déjà été situées aux endroits envisagés des projections des

anamorphoses. Il est donc très simple de faire correspondre les positions et orientations des deux entités. Les deux procédés sont donc très simples à intégrer et à modifier.

Dans un premier temps, attardons-nous sur l'utilisation d'une lumière directionnelle couplée à l'emploi d'une texture. Cette méthode est traditionnellement utilisée pour simuler par exemple la présence de nuages et donc leurs ombres qu'ils génèrent. On vient ainsi plaquer sur une lumière ce qui pourrait s'apparenter à un filtre, représentant des nuages dans l'exemple précédent, filtre qui viendra alors atténuer l'intensité de la lumière, en fonction du niveau de gris de la texture.

L'avantage de cette procédure de création des anamorphoses est qu'elle permet de se servir de toutes les propriétés des lumières et principalement de l'intensité. Il est également possible avec cette méthode de choisir sur quels objets l'anamorphose doit être projetée, en réunissant ceux-ci sur le même calque. Cette propriété est très importante en effet, car l'un des principaux problèmes rencontrés lors de la mise en place des anamorphoses dans Unity3D, est la gestion de la profondeur de projection. Ce paramètre permet de résoudre partiellement ce problème, en isolant sur un calque différent les objets sur lesquels on souhaite voir projeter une anamorphose. Il requiert en revanche un découpage précis des géométries de la scène, ce qui n'a pas toujours été réfléchi au moment de la modélisation 3D de l'espace. Un autre moyen, plus gourmand en ressource, est d'activer les ombres sur la lumière (Figures II.28[a et b] et II.29[a et b]).

En revanche, il n'est ici pas possible de projeter des motifs de différentes couleurs, puisque seule la couleur de la lumière, modulo l'intensité, à laquelle la texture est rattachée, est prise en compte (dans les figures II.28 et II.29, la couleur de la lumière utilisée était un orangé).

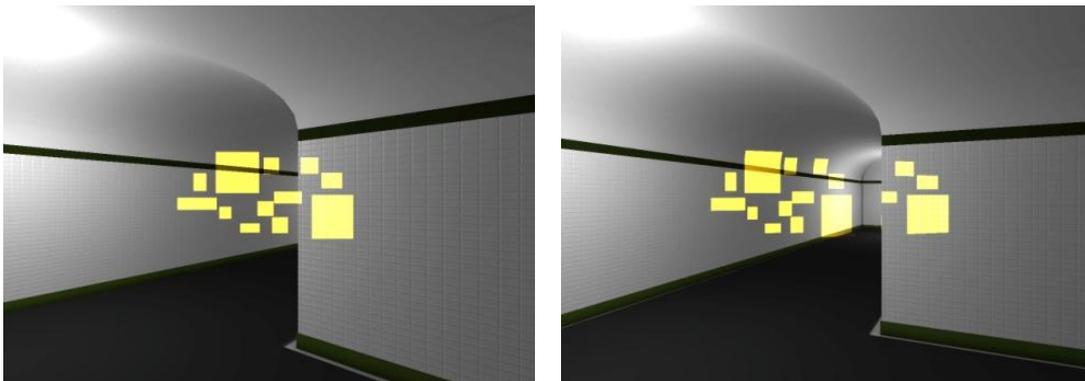


Fig. II.28 [a et b] - Projection de motifs par lumière, non corrigée -  
Point de vue normal et hors point de vue.

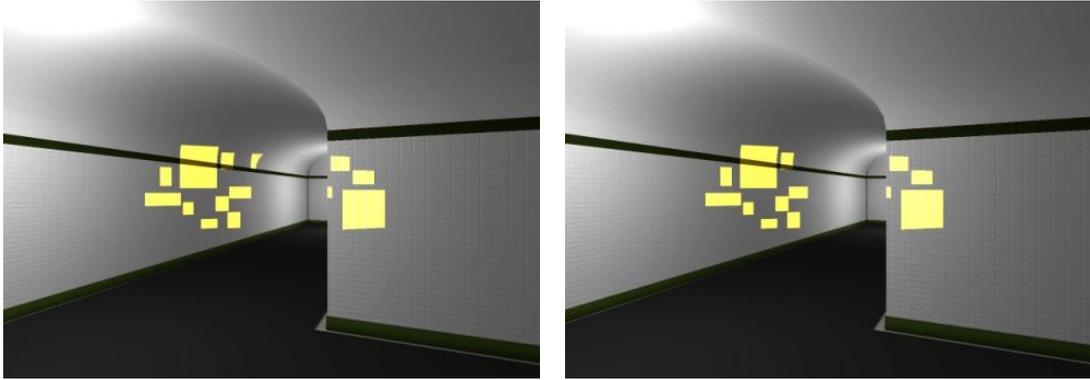


Fig. II.29 [a et b] - Projection de motifs par lumière corrigée par calque -  
À droite, correction par l'activation des ombres.

Dans le cas de l'utilisation d'un projecteur, qui à première vue paraît idéale pour réaliser l'effet souhaité, les paramètres à définir sont assimilables à ceux d'une caméra. On peut ainsi lui spécifier des propriétés de clipping, son champ de vision ou encore son ratio; ce qui permet de copier les paramètres de la caméra servant d'œil cyclopéen au joueur. Nous sommes alors certains que lorsque son point de vue correspondra au point de vue souhaité pour visualiser sans distorsion l'anamorphose, la restitution visuelle sera cohérente. De plus, la texture projetée par le projecteur n'est cette fois-ci pas nécessairement en niveau de gris, ce qui implique que la couleur de la texture sera répercutée lors de la projection (Figure II.30[a]).

En revanche, il n'est ici pas possible de choisir une quelconque puissance à ce projecteur, à l'instar d'un vidéoprojecteur réel. Cette contrainte peut être compensée par l'emploi de plusieurs projecteurs positionnés au même endroit qui viendront additionner leur intensité de manière exponentielle, si besoin. Il subsiste également toujours le problème d'occlusion rencontré auparavant avec la lumière directionnelle. Ce problème ne peut ici être corrigé que par l'utilisation de différents calques, puisqu'il n'est pas possible de projeter d'ombres au moyen d'un projecteur. En revanche, comme on peut le voir sur la figure II.30[a et b], certains problèmes de projection peuvent subsister.

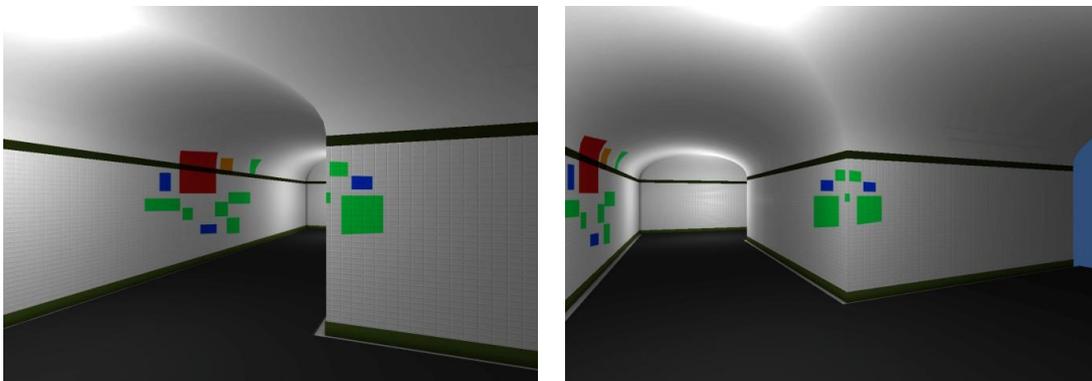


Fig. II.30 [a et b] - Projection de motifs à l'aide de projecteur -  
On remarque le problème d'occlusion sur la figure de droite.

En tenant compte des avantages et des inconvénients de chacune des méthodes, et à la vue des anamorphoses à citer dans ce niveau, les deux méthodes ont été employées, en donnant la priorité à l'utilisation de lumières directionnelles. Seules les anamorphoses utilisant de multiples couleurs seront restituées par l'utilisation de projecteurs.

---

## Conclusion

---

L'étude des illusions d'optique, de leurs origines à leurs détournements artistiques, a permis de mettre en évidence l'importance du point de vue du spectateur. De cette étude est née l'expérience "Suis l'illusion...", qui propose un regard nouveau sur plusieurs œuvres passées.

D'un point de vue personnel, j'ai beaucoup appris des exigences que requièrent la création et l'adaptation d'illusions visuelles: de la construction géométrique précise qu'elles nécessitent, de la prise en compte des nombreuses possibilités de point de vue que peut prendre le spectateur, ou encore de l'importance dans le choix des cadrages que l'on souhaite proposer pour les mettre en évidence. Techniquement, ce projet m'a permis de développer mes compétences en programmation et en optimisation. Il a également fallu faire preuve d'une très grande rigueur dans l'organisation de ce projet.

Nous avons vu dans ce mémoire les différents indices statiques et de mouvement dont se sert notre cerveau pour interpréter la profondeur dans une scène. Parmi ceux-ci, nous avons mis en évidence l'importance de la constance de luminosité et de couleurs, indices qui n'ont malheureusement pas été totalement intégrés au projet, et qui ouvrent de nouvelles perspectives à l'expérience proposée. L'étude des illusions d'optique s'est concentrée vers le domaine artistique et aurait pu également être analysée d'un point de vue plus scientifique, par l'apport d'une étude des illusions d'optique cognitives et physiologiques. Le domaine d'étude de la perception visuelle et des illusions qui en découle étant très vaste, cette partie a été consciemment occultée pour laisser place au cœur de notre problématique, à savoir les illusions visuelles artistiques, et à leurs réinterprétations.

Quelques techniques de création d'illusions ont été intégrées au projet et il serait intéressant d'en proposer et d'en intégrer de nouvelles, comme le trompe-l'œil ou la perspective accélérée, afin d'élargir le projet, de l'ouvrir à plus de procédés artistiques. Ceci permettrait de démontrer un peu plus l'importance du point de vue du spectateur et de son mouvement; et confirmerait l'apport que peut procurer le virtuel dans le processus de fabrication d'illusions visuelles.

Le virtuel permet en effet de proposer une nouvelle approche à la visualisation des espaces dans lesquels, ou autour desquels, les illusions prennent forme. Le portage d'illusions visuelles en trois dimensions permet une nouvelle lecture de celles-ci tandis que le mouvement du spectateur lui confère une plus grande liberté de regard sur les œuvres.

Enfin, le projet présenté s'est contenté de substituer le mouvement du spectateur au travers d'interactions virtuelles, par le biais de périphériques informatiques classiques. La perspective de déplacer cette expérience du domaine vidéoludique vers le domaine de la réalité virtuelle, permettrait-elle d'améliorer l'immersion du spectateur dans les différents lieux rencontrés? Le mouvement de l'observateur, en devenant physique, prendrait-il une nouvelle dimension?

## Glossaire

---

- + **3D temps réel:** méthode de représentation de données 3D dans laquelle chaque image composant l'animation est rendue dans l'instant qui précède son affichage.  
La vitesse de rendu doit permettre une animation fluide. La 3D temps réel s'oppose à la 3D pré-calculée dans la mesure où le rendu des données 3D est immédiat. Le temps de rendu en 3D temps réel est imperceptible, il doit être inférieur à la persistance rétinienne. Le rendu des données 3D s'effectue directement sur le périphérique d'affichage, contrairement à la 3D pré-calculée où le rendu est une vidéo.
- + **Clipping:** peut-être assimilé au champ de vision d'un avatar virtuel. Le clipping consiste à ne pas calculer les objets d'une scène 3D en dehors d'une pyramide de vision bornée par deux plans: le *near-clip*, plan le plus proche de l'avatar, et le *far-clip*, plan le plus éloigné.
- + **Dépoli:** composant optique utilisé pour visualiser une image réelle projetée par un objectif d'appareil optique lorsqu'il est situé dans le plan image de celui-ci. Dans les chambres photographiques à châssis, la plaque de verre dépoli se substitue à la plaque photographique pour le cadrage et la mise au point.
- + **Gameplay:** en jeux vidéo, terme caractérisant tout ce qui est sous le contrôle d'un joueur: le contrôle d'un personnage, les actions du joueur ou encore la manière d'interagir avec l'environnement
- + **Lithographie:** art de reproduire par impression à plat les dessins tracés avec une encre ou un crayon gras sur une pierre calcaire. Cette technique permet la reproduction de nombreux exemplaires.
- + **Luminocinétique:** se dit d'une tendance de l'art cinétique ou d'une œuvre fondée sur les possibilités de la lumière.
- + **Modélisation 3D:** en infographie 3D, étape qui consiste à créer, dans un logiciel spécialisé, un objet en trois dimensions, par ajout, soustraction et modifications de ses constituants.
- + **Monoscopie:** mode de représentation d'une image qui est la même pour chaque œil.
- + **Moiré:** effet de contraste changeant avec la déformation d'un objet, indépendamment des effets d'ombre. Le moiré est une figure composée de lignes sombres et claires résultant de la superposition de deux réseaux. Il s'agit d'un phénomène d'interférences spatiales entre ces deux derniers.
- + **Œil cyclopéen:** capacité du cerveau de faire la synthèse des deux images comme il le fait en perception directe. Il peut être représenté par une position théorique située au centre de notre système visuel et permet de considérer la vision humaine comme si elle n'était la perception ne provenant que d'un seul œil.

- + **Pointer et cliquer:** expression caractérisant un style de jeu où l'interaction avec l'environnement se fait en pointant sa souris et en cliquant sur une partie du décor du jeu.
- + **Proprioception:** désigne l'ensemble des récepteurs, voies et centres nerveux impliqués dans la perception de soi-même, consciente et inconsciente.
- + **Render texture:** type particulier de texture, créée et mise à jour de manière dynamique. Ce type de texture est généralement produit à partir d'une caméra et renvoie donc l'image perçue par celle-ci.
- + **Schème:** transfert ou généralisation d'une action telle qu'elle s'effectue lors de circonstance analogue.
- + **Stéréoscopie:** mode de représentation d'une image en relief, à partir de deux images qui correspondent à ce que perçoit chaque œil d'une même situation.
- + **Substitution sensitive:** désigne le processus cognitif de remplacement d'un sens par un autre pour effectuer une même action.
- + **Système de tracking:** système logiciel qui permet de suivre les mouvements d'un point réel; mouvements que l'on pourra alors copier sur un point virtuel. Le système sert soit à intégrer une personne ou un objet réel dans un décor virtuel, soit à intégrer un personnage ou un objet virtuel dans un décor réel tourné avec une caméra qui bouge.
- + **Texture:** Ensemble de pixels 2D appliqués sur une surface ou un objet 3D

## Bibliographie

---

- + **Aiste. 2007.** *Crush, le test*, www.jeuxvideo.com. [En ligne]. 30 avril 2007.  
<http://www.jeuxvideo.com/articles/0000/00007664-crush-test.htm>
- + **Benoit, 2011.** *Test de Portal 2: le chef-d'œuvre total*, www.jeuxvideo.fr. [En ligne]. 19 avril 2011.  
<http://www.jeuxvideo.fr/jeux/portal-2/preview-test-portal-2.html>
- + **Chokron, Sylvie et Marendaz, Christian. 2005.** *Comment voyons-nous?*, Le pommier, Paris, 59 pages.
- + **Comar, Philippe. 1992.** *La perspective en jeu. Les dessous de l'image*, Gallimard, Paris, 128 pages.
- + **Coullet, Pierre. 2009.** *Illusion d'optique*, Université de Nice-Sophia Antipolis, www.canal-u.tv. [En ligne, Vidéo], 54 minutes  
[http://www.canal-u.tv/canalu/producteurs/universite\\_de\\_nice\\_sophia\\_antipolis/dossier\\_programmes/les\\_lundis\\_de\\_la\\_connaissance\\_2009/illusion\\_d\\_optique](http://www.canal-u.tv/canalu/producteurs/universite_de_nice_sophia_antipolis/dossier_programmes/les_lundis_de_la_connaissance_2009/illusion_d_optique)
- + **Damisch, Hubert. 1993.** *L'origine de la perspective*, Flammarion, Paris, 480 pages.
- + **Delorme, André et Flückiger, Michelangelo et al. 2003.** *Perception et réalité: Une introduction à la psychologie des perceptions*, De Boeck, Bruxelles, 516 pages.
- + **Dinowan. 2007 et 2011.** *Portal, le test*, et *Portal 2, le test*, www.jeuxvideo.com. [En ligne]. 16 octobre 2007 et 19 avril 2011.  
<http://www.jeuxvideo.com/articles/0000/00008079-portal-test.htm>  
<http://www.jeuxvideo.com/articles/0001/00014721-portal-2-test.htm>
- + **Ernst, Bruno. 2007.** *Le Miroir magique de M.C. Escher*, Taschen, Cologne, 116 pages.
- + **Escher, Maurits Cornelis. s.d.** *M.C. Escher at work*, www.mcescher.com, Interviews. [En ligne, Vidéos].
- + **Favenec, Denis. 2007.** *Douce perspective. Une histoire de sciences et d'art*, Ellipses, Paris, 244 pages.
- + **Fride R.-Carrassat, Patricia et Marcadé, Isabelle. 1999.** *Les mouvements dans la peinture*, Larousse, Paris, 240 pages.
- + **Fuchs, Philippe et Moreau, Guillaume. 2006.** *Le traité de la réalité virtuelle. Vol I : l'homme et l'environnement virtuel*, Paris: s.n., 380 pages.
- + **Girardeau Astrid. 2007.** *Echochrome, un jeu d'illusion*, www.ecrans.fr, [En ligne]. 19 juillet 2010.  
<http://www.ecrans.fr/Echochrome-un-jeu-d-illusion,1796.html>

- + **Godon, Norbert. 2010.** *Dossiers pédagogiques. Art cinétique. Piotr Kowalski*, Centre Georges Pompidou, Paris, [www.centrepompidou.fr](http://www.centrepompidou.fr), [En ligne].  
<http://www.centrepompidou.fr/education/ressources/ENS-cinetique/ENS-cinetique.html#kowalski>
- + **Gombrish, Ernst Hans Josef. 2002.** *L'art et l'illusion. Psychologie de la représentation picturale*, Phaidon, Paris, 386 pages.
- + **König, Claire. 2006.** *L'œil: la vision au-delà de la vision*, [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com). [En ligne].  
[http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/medecine-1/d/loeil-la-vision-au-dela-de-la-vision\\_667/c3/221/p8/](http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/medecine-1/d/loeil-la-vision-au-dela-de-la-vision_667/c3/221/p8/)
- + **Kooima, Robert. 2009.** *Generalized perspective projection*, Department of Computer Science, Louisiana State University, Baton Rouge, 7 pages.
- + **Krief, Jean-Pierre. 2002.** *Contacts: Georges Rousse*, Arte France et KS Visions, 14 minutes. [DVD].
- + **Krisztina, 2004.** *Vasarely et l'Op Art: entrez dans un monde fascinant*, [www.esseclive.com](http://www.esseclive.com). [En ligne]. 29 novembre 2004. <http://www.esseclive.com/art-expos/decouvrir-et-reagir/courants-artistiques/vasarely-et-lop-art-entrez-dans-un-monde-fascinant.htm>
- + **Larousse. 2011.** *Articles anamorphose, illusion, mouvement et ombre*, s.l: Larousse Encyclopédie, 2011.
- + **Livingstone, Margaret et al. 1990.** *Les mécanismes de la vision*, Pour la science, Paris, 190 pages.
- + **Michel, Geneviève. 2001.** *René Magritte et la métaphore transfigurée*, Université Autonome de Barcelone, Extrait de *Ecrire, traduire et représenter la fête*, pp 303-315
- + **Nerces, 2007.** *Portal, Valve fait travailler nos cellules grises*, [www.jeuxvideo.fr](http://www.jeuxvideo.fr). [En ligne]. 18 octobre 2007. <http://www.jeuxvideo.fr/jeux/portal/preview-test-portal.html>
- + **Ninio, Jacques. 1998.** *La science des illusions*, Odile Jacob, Paris, 208 pages.
- + **Robinson, James O. 1972.** *Psychology of Visual Illusion*, Dover Publications Inc., Mineola, 288 pages
- + **Rousse, Georges. s.d.** *Biographie. Habiter le monde avec son appareil photographique*, [www.georgesrousse.com](http://www.georgesrousse.com). [En ligne]. <http://www.georgesrousse.com/informations/biographie.php>
- + **Schneider, Danièle. 1999.** *La pub détourne l'art*, Tricorne, Genève, 304 pages
- + **Varini, Felice. 2008.** *Démarche*, [www.varini.org](http://www.varini.org). [En ligne].  
<http://www.varini.org/03dem/dem01.html>

## Table des illustrations

Figure I.01:	Schéma de représentation d'une sphère sans ombres puis avec _____	<b>p.09</b>
Figure I.02:	Représentation commune de l'interprétation visuelle de l'indice d'interposition _____	<b>p.10</b>
Figure I.03:	Représentation possible de l'interprétation visuelle de l'indice d'interposition _____	<b>p.10</b>
Figure I.04:	Schéma de représentation de l'importance de l'indice de constance de taille _____	<b>p.11</b>
Figure I.05:	Photographie démontrant l'indice de variation de la visibilité _____	<b>p.12</b>
Figure I.06:	Photographie démontrant l'indice de gradient de texture _____	<b>p.12</b>
Figure I.07:	Caillebotte, Gustave. <i>Rue de Paris, temps de pluie</i> , huile sur toile, 212,2x276 cm, Art Institute of Chicago, Chicago, 1877 _____	<b>p.13</b>
Figure I.08:	Inconnu. <i>La cité idéale</i> , peinture sur bois, 239,5x67,5 cm, Galerie Nationale des Marches, Urbino, 1470 _____	<b>p.14</b>
Figure I.09:	Kowalski, Piotr. <i>Identité (n°02)</i> , néons, acier, miroirs et bois laqué, 80x300x200 cm, Centre Pompidou, Paris, 1973 _____	<b>p.16</b>
Figure I.10:	Ames, Adelbert Junior. <i>L'expérience des chaises</i> _____	<b>p.17</b>
Figure I.11:	Escher, Maurits Cornelis. <i>Belvédère</i> , lithographie, 46,2x29,5 cm, Escher in Het Paleis, La Haye, 1958 _____	<b>p.18</b>
Figure I.12:	Elbert, Gershon. Modélisation 3D de la figure I.11, Computer science department, Israel Institute of Technology, 2002-2010 _____	<b>p.18</b>
Figure I.13:	Fujiki, Fu. <i>OLE Coordinate System</i> , application multimedia, 2007 _____	<b>p.19</b>
Figure I.14:	Sony. <i>Echochrome</i> , jeu vidéo, 2008 _____	<b>p.20</b>
Figure I.15:	Sony. <i>Echochrome II</i> , jeu vidéo, 2010 _____	<b>p.20</b>
Figure I.16:	Sony. <i>Echochrome II</i> , jeu vidéo, 2010 _____	<b>p.20</b>
Figure I.17:	Zöe Mode. <i>Crush</i> , jeu vidéo, 2007 _____	<b>p.21</b>
Figure I.18:	Zöe Mode. <i>Crush</i> , jeu vidéo, 2007 _____	<b>p.21</b>
Figure I.19:	Polytron. <i>Fez</i> , jeu vidéo, 2011 _____	<b>p.22</b>
Figure I.20:	Polytron. <i>Fez</i> , jeu vidéo, 2011 _____	<b>p.22</b>
Figure I.21:	Valve. Schéma de la représentation du gameplay dans le jeu <i>Portal</i> , 2007 _____	<b>p.23</b>
Figure I.22:	Valve. <i>Portal</i> , jeu vidéo, 2007 _____	<b>p.23</b>

Figure II.01:	De Vinci, Léonard. <i>La Joconde</i> , huile sur panneau de bois de peuplier, 77x53 cm, Musée du Louvre, Paris, 1503/1506 _____	<b>p.25</b>
Figure II.02:	Duchamp, Marcel. <i>L.H.O.O.Q.</i> , carte postale, 19,7x12,4 cm, Centre Pompidou, Paris, 1919 _____	<b>p.25</b>
Figure II.03:	De Goya, Francisco. <i>Les majas au balcon</i> , huile sur toile, 195x125,5 cm, Metropolitan Museum of Art, New York City, 1808/1814 _____	<b>p.25</b>
Figure II.04:	Manet, Edouard. <i>Le balcon</i> , Huile sur toile, 170x124 cm, Musée d'Orsay, Paris, 1868/1869 _____	<b>p.25</b>
Figure II.05:	Magritte, René. <i>Perspective II, le balcon de Manet</i> , huile sur toile, 80x60 cm, Musée des Beaux-arts de Gand, Gand, 1950 _____	<b>p.25</b>
Figure II.06:	Escher, Maurits Cornelis. <i>La relativité</i> , lithographie, 27,7x29,2 cm, Escher in Het Paleis, La Haye, 1953 _____	<b>p.28</b>
Figure II.07:	Rousse, Georges. <i>Fontenay</i> , tirage photographique contrecollé sur aluminium, 125x188 cm, 2004 _____	<b>p.29</b>
Figure II.08:	Rousse, Georges. Dispositif de création d'une œuvre photographique, appareil photo devant l'espace de création _____	<b>p.30</b>
Figure II.09:	Rousse, Georges. Dépouli devant la chambre photographique, sur lequel est dessiné la forme à reproduire dans l'espace de création _____	<b>p.30</b>
Figure II.10:	Varini, Felice. <i>Sept droites pour cinq triangles</i> , installation, Collection fonds municipal d'art contemporain, Paris, 2006 _____	<b>p.30</b>
Figure II.11:	Varini, Felice. <i>Sept droites pour cinq triangles</i> , installation, Collection fonds municipal d'art contemporain, Paris, 2006 _____	<b>p.31</b>
Figure II.12:	Varini, Felice. <i>Sept droites pour cinq triangles</i> , installation, Collection fonds municipal d'art contemporain, Paris, 2006 _____	<b>p.31</b>
Figure II.13:	Escher, Maurits Cornelis. <i>La relativité</i> , lithographie, 27,7x29,2 cm, Escher in Het Paleis, La Haye, 1953 _____	<b>p.34</b>
Figure II.14:	"Suis l'illusion...". Reproduction en trois dimensions de l'espace présenté par M.C. Escher dans <i>La relativité</i> _____	<b>p.34</b>
Figure II.15:	"Suis l'illusion...". Repérage des différents points de passage dans la première salle, localisés sur l'œuvre originale _____	<b>p.35</b>
Figure II.16:	"Suis l'illusion...". Visualisation d'un point de passage entre deux espaces dans la première salle _____	<b>p.36</b>
Figure II.17:	"Suis l'illusion...". Visualisation du mime de la position entre deux caméras _____	<b>p.38</b>

Figure II.18:	"Suis l'illusion...". Visualisation du cône de vision de la caméra mimée, devant être copié par la caméra mime _____	<b>p.39</b>
Figure II.19:	"Suis l'illusion...". Visualisation de la première hypothèse émise pour copier le cône de vision _____	<b>p.39</b>
Figure II.20:	"Suis l'illusion...". Visualisation de la solution retenue pour copier le cône de vision _____	<b>p.39</b>
Figure II.21:	Beever, Julian. <i>Globe</i> , pastel sur pavés, 130 cm de long, Edimbourg, 2005 _____	<b>p.41</b>
Figure II.22:	Beever, Julian. <i>Globe</i> , pastel sur pavés, 130 cm de long, Edimbourg, 2005, Vue hors point de vue de création _____	<b>p.41</b>
Figure II.23:	"Suis l'illusion...". Géométries finales du lieu dans lesquelles se déroulent la seconde énigme _____	<b>p.41</b>
Figure II.24:	"Suis l'illusion...". Topologie finale des galeries de métro _____	<b>p.41</b>
Figure II.25:	Plan du réseau sous-terrain de la station de métro Châtelet - Les-Halles _____	<b>p.42</b>
Figure II.26:	Rousse, Georges. <i>Vitry</i> , Tirage photographique, 2007 _____	<b>p.43</b>
Figure II.27:	"Suis l'illusion...". Extraction du motif de l'œuvre <i>Vitry</i> , 2007 de G. Rousse _____	<b>p.43</b>
Figure II.28:	"Suis l'illusion...". Visualisation des différentes recherches de projection d'anamorphoses par l'utilisation d'une lumière dans Unity3D _____	<b>p.45</b>
Figure II.29:	"Suis l'illusion...". Visualisation des différentes recherches de projection d'anamorphoses par l'utilisation d'une lumière dans Unity3D _____	<b>p.46</b>
Figure II.30:	"Suis l'illusion...". Visualisation des différentes recherches de projection d'anamorphoses par l'utilisation d'un projecteur dans Unity3D _____	<b>p.46</b>

## Annexes

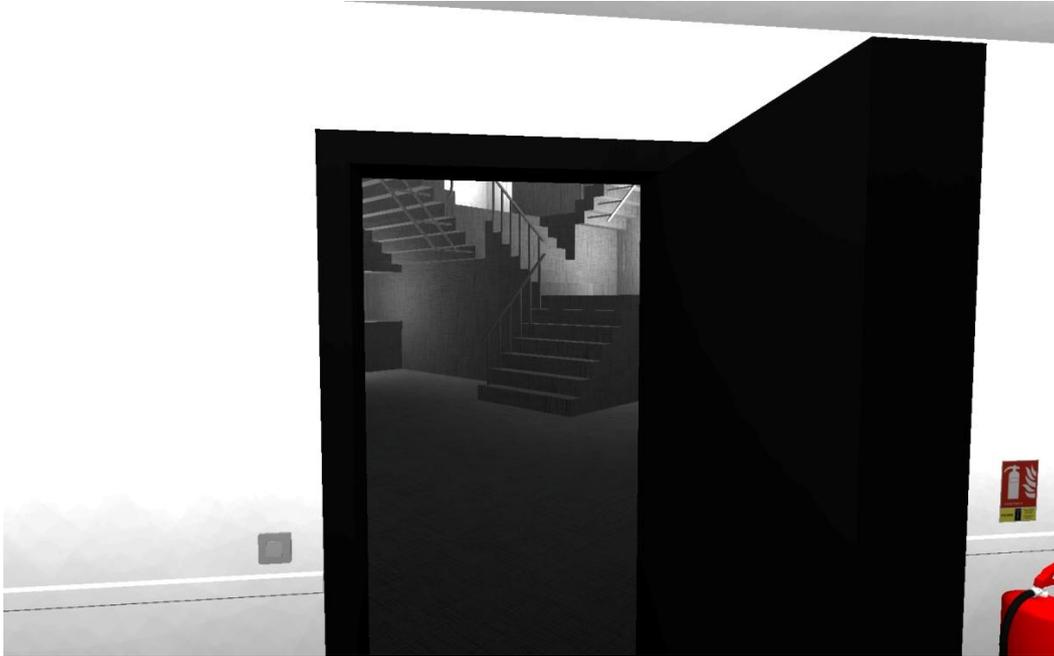
**Annexe 01:** Exemple de tableau de management de la création des assets d'objets pour l'environnement de la seconde énigme en cours de production.

OBJET	highRes	unwrap	diffuse	nMapRes	nMap	other maps	crazyBump	middleRes	lowRes
Panneau "interdiction de fumer"									
Panneau "sortie de secours"									
Panneau "sécurité signal sonore"									
Panneau "attente SIL"						Self-illumination			
Poste Alarme						Self-illumination			
Panneau Station									
Emplacement pub "escalier G"									
Emplacement pub "escalier D"									
Emplacement pub "couloir 01"									
Emplacement pub "couloir 02"									
Emplacement pub "flash medium"									
Emplacement pub "grand couloir"									
Portes									
Poste fin de quai									
Quai									
Poubelles									
Camera de surveillance									
Distributeurs									
Robinet									
Porte journaux									
Panneau direction absurde									
Coffrets électrique_01									
Coffrets électrique_02									
Coffrets électrique_03									
Coffrets électrique_04									
Lumières quai									
Coffret extincteur									
Détails quai									
Voie ferrée									
Sièges quai									

**Annexe 02 :** Couloir d'hôtel: zone de départ de "Suit l'illusion..."



**Annexe 03:** Passage de la zone de départ vers le premier tableau.



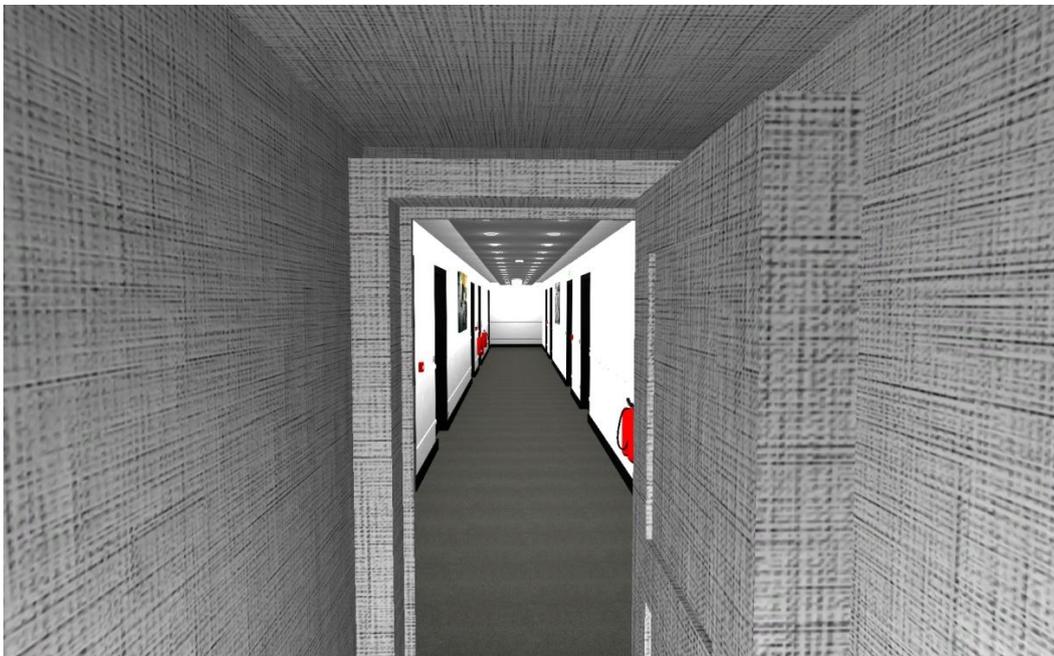
**Annexe 04 :** Passage de la zone de départ vers la seconde salle.



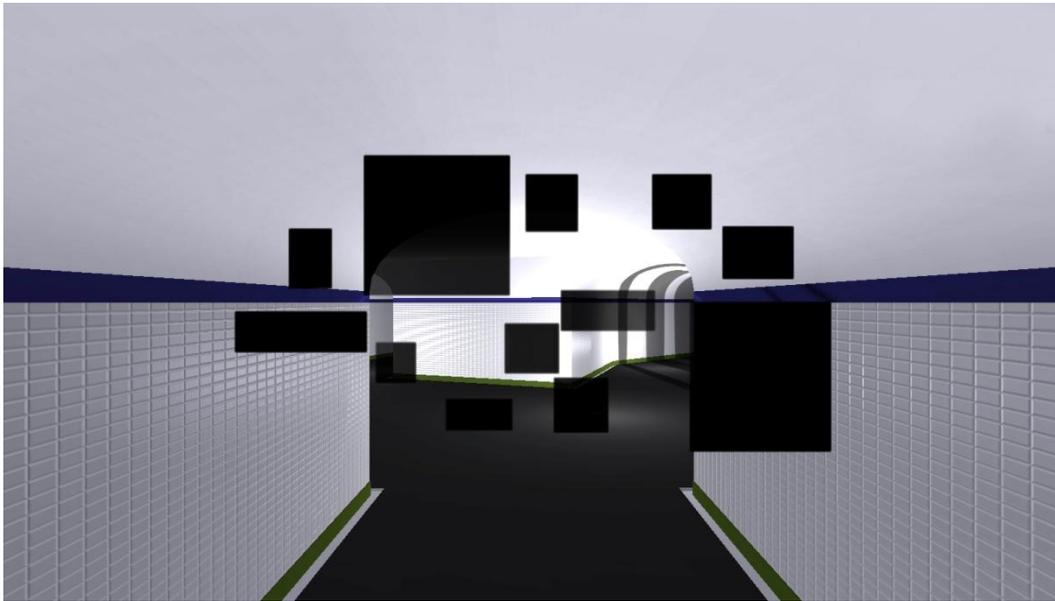
**Annexe 05:** Passage d'une relativité à une autre dans le premier tableau.



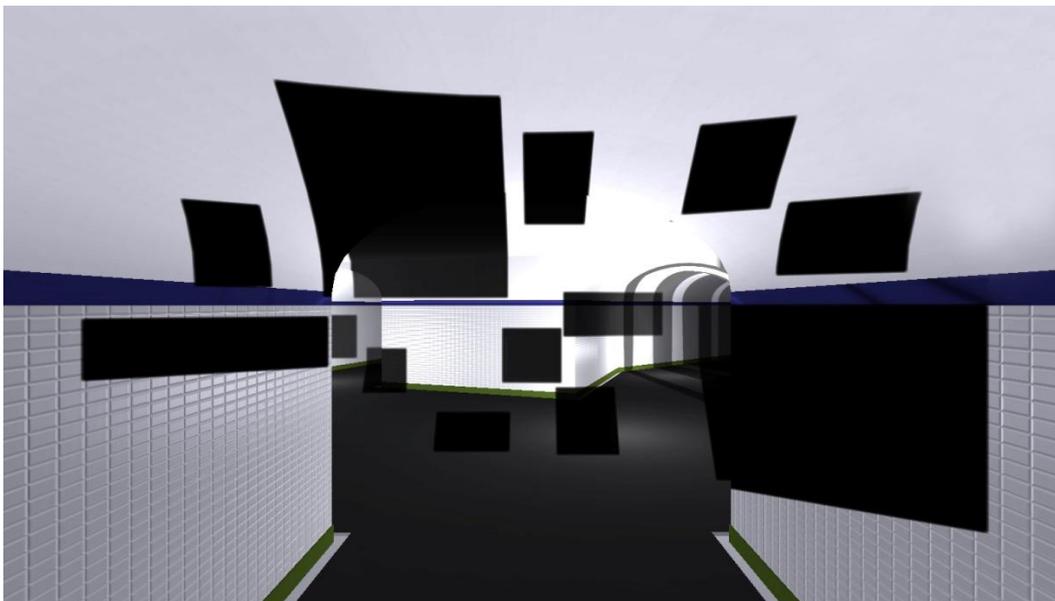
**Annexe 06:** Fin du premier tableau, retour dans la zone de départ.



**Annexe 07:** Visualisation d'une citation de l'œuvre de G. Rousse, Blanc-Mesnil, 2007, depuis le point de vue sans déformation de la forme projetée.



**Annexe 08:** Visualisation de la même œuvre, avec distorsion du motif, avant de trouver le bon point de vue.



**Annexe 09:** Visualisation d'un indice de direction au sein de la seconde énigme.

